

ESTUDO DO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO DAS POLPAS DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea*) E ACEROLA (*Malpighia emarginata* DC)

Mariana de Carvalho Bulgarelli¹, Kaciane Andreola², Luciane Franquelin Gomes de Souza², Tatiana Guinoza Matuda²

¹ Aluna de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT);

² Professoras da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT).

Resumo. Dentre os processos de desidratação destaca-se a liofilização pela manutenção das propriedades nutricionais e sensoriais dos alimentos, pois o processo é baseado no fenômeno de sublimação, a baixa pressão e temperatura. O interesse da população por alimentação saudável fez com que o açaí e a acerola sejam considerados como superfrutas por suas características nutricionais. Este trabalho teve como objetivo analisar o processo de liofilização da polpa de açaí e de acerola e a influência de diferentes carreadores (maltodextrina DE20, polidextrose e proteínas vegetais) no processo e nos produtos. Para isso, as polpas foram caracterizadas em relação a composição centesimal e os pós em relação a densidade *bulk*, solubilidade, higroscopicidade e aglutinação. O processo de liofilização da polpa de açaí foi monitorado para obter a curva de secagem ao longo do tempo.

Introdução

Com a significativa mudança de hábito e aumento do interesse da população por alimentação saudável nos últimos anos, a acerola e o açaí foram alimentos que dentro dessa tendência apresentaram aumento de sua demanda.

O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador mundial de acerola (*Malpighia emarginata* D.C) e é na região Nordeste, por suas condições de solo e clima, onde a acerola melhor se adaptou. A acerola é uma fruta de importância no mercado mundial e a maior parte de sua produção é comercializada em forma de polpa, largamente utilizada no enriquecimento vitamínico do suco de outras frutas, e a pasta de seus frutos verdes como matéria-prima para a fabricação de cápsulas de vitaminas (Calgaro e Braga, 2012).

Segundo Batista et al. (2000), o conteúdo de vitamina C é de 800 mg/ 100g em frutos maduros, 1600 mg/ 100g em frutos meio-maduros e 2700 mg/ 100g em frutos verdes e Calgaro e Braga (2012) reportam que em algumas variedades, o teor de vitamina C pode chegar a 5.000 mg/ 100g, ou seja, 100 vezes superior ao da laranja e 10 vezes o da goiaba. Silva et al. (2014) avaliaram compostos bioativos na polpa e nos subprodutos da acerola e reportaram 144,27 mg/ 100g de polpa (base seca) de antocianinas, 2.623,57 µg/ 100 g de polpa (base seca) de beta caroteno e 29.093,47 mg GAE/ 100g de polpa (base seca) de fenólicos totais, mostrando que além da vitamina C, a acerola apresenta compostos bioativos importantes, com potencial nutracêutico para aplicações na indústria de alimentos.

Por ser um fruto altamente perecível, as perdas pós-colheita na cultura da acerola variam na faixa de 40 % (Matsuura et al., 2001), assim o congelamento é utilizado como método de conservação e manutenção das propriedades nutricionais e a secagem é uma alternativa para a sua conservação em condições ambientais, porém a exposição do fruto a altas temperaturas durante este processo pode comprometer tais propriedades.

O açazeiro é uma palmeira tropical encontrada na região Norte do Brasil, a partir de seus frutos, é produzida a polpa muito consumida em todas as regiões do país pela sua composição rica em proteínas, fibras, lipídios, vitamina E, minerais como manganês, cobre, boro e cromo e pelo elevado teor de antocianinas. Pela rica composição, esse fruto é foco de estudos acadêmicos e investimentos (Rogez, 2000).

O açaí (*Euterpe oleracea*) apresenta alta perecibilidade, e assim seu rápido processamento é fundamental para manter suas propriedades nutricionais e físico-químicas e microbiologicamente

seguro. O congelamento da polpa é muito utilizado para manutenção das propriedades nutricionais e da secagem, obtém-se o pó que é uma alternativa não refrigerada, ideal para transporte e armazenamento em condições ambientais. Os processos mais conhecidos para produção de pó são aqueles relacionados com métodos de secagem com uso de calor ou a liofilização (Souza, 2015).

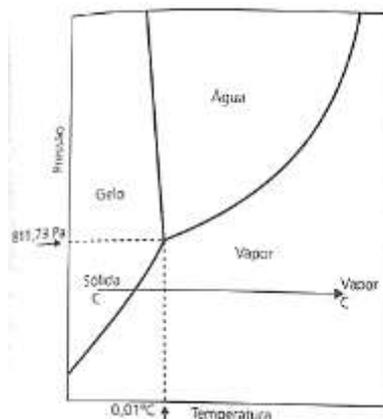
A secagem destes frutos tem sido amplamente estudada e reportada na literatura. A liofilização da acerola foi estudada por Marques, Ferreira e Freire (2007) que obtiveram a cinética de secagem dos frutos fatiados e esmagados e observou, ao contrário do esperado, menor taxa de secagem para os frutos esmagados, o que atribuiu a forças coesivas agindo no material. Também verificaram que a perda de vitamina C no processo de liofilização foi maior no fruto verde. Ribeiro et al. (2016) estudaram seu comportamento higroscópico quando adicionada de 19 % de maltodextrina DE20 e mostrou que foi baixo, 5,96 g de água absorvida/ 100 g de sólidos. Menezes et al. (2009) compararam o pó de acerola verde obtido por estufa de circulação de ar e por liofilização, mostrou que o produto do segundo processo apresentou maiores teores de vitamina C e taninos.

O pó do açaí com diferentes carreadores obtido por atomização teve sua estabilidade avaliada em relação a isotermas de sorção e temperatura de transição vítrea para prever melhor condição de armazenamento (Tonon et al., 2009). A influência de diferentes métodos de secagem (leito de jorro, liofilização e atomização) nos biocompostos do pó do açaí foi avaliada e o melhor resultado foi obtido no processo de liofilização, pela obtenção do maior teor de antocianinas e carotenoides bem como menor teor de água (Lucas, Zambiasi e Costa, 2018).

O uso da tecnologia no processamento de frutas está relacionado à qualidade requerida pelo mercado consumidor. A liofilização é um processo que resulta em produtos com melhores características sensoriais e nutricionais pela ausência da aplicação de calor e que garante a manutenção da estrutura. Apesar dessas vantagens, o custo de operação elevado, devido à aplicação de vácuo e do congelamento, até 5 vezes maiores aos da secagem convencional (Fellows, 2019).

O processo de liofilização é composto pelo congelamento, que em alimentos líquidos deve ser lento para formar malha de grandes cristais de gelo que ao sublimar geram canais que permitam remoção mais rápida do vapor de água comparado aos sólidos, em que se deseja preservar a estrutura; pela sublimação, em que o alimento é submetido a pressões inferiores a 610 Pa e aquecimento para fornecer o calor latente de sublimação (Figura 1) e pela remoção da água que não foi congelada por secagem evaporativa até um teor de aproximadamente 2 % (Fellows, 2019).

Figura 1 – Diagrama de fases da água mostrando a sublimação do gelo.



Fonte: Tadini et al. (2016).

Os liofilizadores são compostos por uma câmara de vácuo com bandejas em que são dispostos os alimentos durante o processo, prateleiras aquecidas para fornecer calor latente de sublimação, bomba de vácuo e uma unidade de refrigeração. A bobina de refrigeração é disposta no interior da câmara para condensar os vapores de água diretamente a gelo e a bomba de vácuo remove gases não condensáveis (Fellows, 2019).

A transferência de calor no alimento depende da fonte de calor no processo, pode ser através da camada congelada e à medida que a secagem prossegue, a camada de gelo diminui e a taxa de transferência aumenta ou através da camada desidratada em que a taxa de transferência de calor para a frente de sublimação depende da espessura e condutividade térmica da camada desidratada e da diferença de temperatura entre as frentes. Como a condutividade térmica da camada desidratada é baixa, à medida que esta fica mais espessa, aumenta a resistência à transferência resultando em longos períodos de secagem. Quando o calor atinge a frente de sublimação, aumenta a temperatura e a pressão de vapor do gelo, o vapor se move para uma região de baixa pressão de vapor na câmara de secagem, o ideal é operar com a pressão da câmara e a temperatura do condensador de vapor o mais baixo possível e manter a temperatura do gelo na frente de sublimação mais alta possível (Fellows, 2019).

A temperatura da frente de sublimação é limitada pela mobilidade dos solutos concentrados no alimento para os espaços deixados pelo gelo sublimado, colapsando o alimento de forma irreversível, assim o alimento deve permanecer abaixo da temperatura de colapso na sublimação e abaixo da temperatura de transição vítrea na secagem por dessorção (Fellows, 2019).

Considerando a importância do processo de liofilização na manutenção das propriedades nutricionais das polpas de açaí e acerola, este trabalho estudou a influência de diferentes carreadores no processo e no produto obtido e a curva de secagem do açaí no liofilizador de bancada.

Material e Métodos

As polpas congeladas foram adquiridas em embalagens de 100 g de um fornecedor local. Para a polpa de açaí foram utilizados três agentes carreadores, a maltodextrina DE20 STAR-DRI® 200 (Tate & Lyle, EUA), a polidextrose STA-LITE® III (Tate & Lyle, EUA) e, proteína concentrada de arroz em pó (Wuxi Jinnong Biotechnology Co, China) e proteína isolada de ervilha em pó 85% (Pavesa Biotech, Espanha) na proporção 1:2 respectivamente. Para polpa de acerola foram utilizados dois agentes carreadores, a maltodextrina e a polidextrose. A homogeneização das misturas foi realizada com agitador Ultra-Turrax T-50 (IKA-Werke, Alemanha) de alta frequência por 2 min. Os carreadores foram adicionados na proporção 1:1 em relação aos sólidos das polpas.

Caracterização das polpas

As polpas, foram caracterizadas em relação ao teor de proteína, lipídios, cinzas e umidade, acidez titulável e pH conforme métodos do Instituto Adolfo Lutz (2008), em triplicata. Os parâmetros de cor L^* , a^* e b^* foram determinados com auxílio do espectrofotômetro ColorQuest XE (Hunter Lab, EUA) e a polpa de acerola foi analisado o teor de vitamina C de acordo com o método titulométrico de Tillman modificado (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

Processo de liofilização

As misturas foram congeladas em potes de vidro de 5,5 cm de diâmetro e uma altura de 1,0 cm, equivalente a 30,0 g de amostra em freezer doméstico (-27 ± 2 °C) por 48 h e as temperaturas do centro da amostra e do ambiente foram monitoradas com termopares Data Tracer (Suiça). Após o período de congelamento, as amostras foram mantidas em recipiente isolado com gelo seco por 2 h e em seguida liofilizadas no equipamento de bancada Enterprise I (Terroni, Brasil), que consiste de uma câmara de secagem acrílica cilíndrica e transparente com suporte para uma bandeja de inox e na lateral são acopladas seis válvulas de silicone (*manifolds*) para o encaixe dos frascos de vidro com sistema de alívio de vácuo (Figura 2). Para verificar a influência dos carreadores, os processos foram conduzidos num período de 48 h e com a temperatura do condensador de -40 °C.

Figura 2 – Liofilizador de bancada Enterprise I e *Manifolds* com amostra (Terroni, Brasil).



Fonte: a autora.

As curvas de secagem, adimensional de umidade pelo tempo de processo, da polpa de açaí sem adição de carreadores foram obtidas em intervalos de 1 h nas primeiras 12 h do processo, e obtidas de três maneiras:

1. Amostras foram retiradas com alívio do vácuo pelo fechamento das válvulas que interligam os potes com amostras e a câmara de secagem e então pesados.
2. Semelhante ao primeiro, porém após pesagem, as amostras retornaram para o encaixe dos frascos e retorno do vácuo.
3. Amostras foram acomodadas na bandeja da câmara de secagem, neste ensaio o equipamento permaneceu ligado pelo tempo desejado, ou seja, 1, 2... 12h substituindo as amostras em cada período, em triplicata. Também foi obtida a curva de secagem da polpa de açaí com as proteínas vegetais.

Caracterização dos pós

O teor de água foi determinado, em triplicata, por titulação pelo método de Karl Fischer no equipamento 870 KF Titrino (Methrohm, Suíça) (Instituto Adolfo Lutz, 2008) e a atividade de água no equipamento Decagon Aqualab 3TE (Pullman, EUA), em duplicata na temperatura de 25 °C.

A densidade *bulk*, razão da massa pelo volume, foi determinada pela medida do volume de 2 g da amostra em pó em uma proveta de 25 mL, em triplicata.

A solubilidade foi determinada pela adição de 1 g de amostra em 100 mL de água destilada em um béquer, mantidos sob agitação com barra magnética por 1 min. A altura do vórtice foi mantida em 2 cm. Em seguida, a solução foi filtrada a vácuo com filtro de papel qualitativo. O resíduo foi seco a 70 °C por 24 h para determinar a massa seca retida no filtro. O material solubilizado (%*SOL*) foi calculado de acordo com a Equação 1 (Dacanal, 2005).

$$\%SOL = \left[1 - \frac{m_f(1+UBS)}{m_i} \right] \times 100 \quad (1)$$

Em que m_i é a massa inicial das amostras, m_f a massa do resíduo seco e UBS é o teor de umidade da amostra analisada em base seca.

A higroscopicidade (H) foi determinada em uma placa de Petri em que cerca de 1 g da amostra foi espalhada uniformemente. A placas foram colocadas em um dessecador com solução saturada de NaCl (75,3 % de umidade relativa a 25 °C) e pesadas a cada 10 min para a obtenção da cinética da sorção de umidade, por 90 min e o grau de aglutinação foi determinado após a análise da higroscopicidade, a placa de Petri com a amostra úmida foi seca em estufa à 70 °C por 1 h. A amostra foi pesada após o resfriamento, transferida para uma peneira com abertura de 500 μ m e mantidas sob agitação por 5 min (Bronzinox, Brasil). O grau de aglomeração (%*AG*) foi calculado pela Equação 2 (Goula e Adamopoulos, 2008).

$$\%AG = \frac{100.m_r}{m_i} \times 100 \quad (2)$$

Em que m_i é a quantidade de pó inicial e m_r é a quantidade de pó retido na peneira.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos da caracterização das polpas de açaí e acerola congeladas estão apresentados na Tabela 1 e são próximos aos encontrados na Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos (TBCA, 2019), com exceção da vitamina C para a acerola com metade do valor, o que pode ser pelo método de determinação ou pela sua degradação na amostra estudada.

Os parâmetros de cor mostram a polpa de acerola com maior luminosidade (L) e tonalidades avermelhadas e amarelas e a polpa de açaí menor luminosidade e tonalidades neutras.

Tabela 1 – Composição e propriedades das polpas de açaí e acerola.

Componentes	Acerola	Açaí
Água (g/100g amostra)	92,68 ± 0,09	89,33 ± 0,34
Proteínas (g/100g amostra)	0,67 ± 0,04	1,02 ± 0,12
Lipídios (g/100g amostra)	0,41 ± 0,01	4,79 ± 0,12
Cinzas (g/100g amostra)	0,31 ± 0,42	0,28 ± 0,01
Carboidratos (g/100g amostra)*	6,34	4,58
Ácido Ascórbico (mg/100g)	701,82	-
Acidez Titulável**	0,66 ± 0,02	0,51 ± 0,07
pH	3,61 ± 0,01	4,62 ± 0,11
Sólidos Solúveis (°Brix)	7,0 ± 0,2	3,0 ± 0,2
Cor		
L	43,61 ± 0,12	25,06 ± 0,03
a^*	17,90 ± 0,10	1,87 ± 0,24
b^*	22,94 ± 0,10	0,48 ± 0,02

* por diferença.

**expresso em ácido cítrico.

Caracterização do pó da polpa de acerola

A Tabela 2 e a Figura 3 mostram os resultados das análises realizadas nos pós da polpa de acerola. O pó da acerola sem e com maltodextrina e polidextrose perderam 91,7 %, 86,88 % e 84,54 % da massa inicial respectivamente, resultando teor de água entre 2,51 e 5,47 g/100g de amostra, inferior a 7,24 % reportado por Soares et al. (2001), que determinou a umidade do pó de acerola obtido pelo método de FOAMMAT.

Tabela 2 – Propriedades físico-químicas dos pós da polpa de acerola liofilizada sem e com diferentes carreadores.

Análise	Polpa Liofilizada	Maltodextrina	Polidextrose
Densidade <i>bulk</i> (g/mL)	0,17	0,33	0,26
Teor de água (g/100g amostra)	5,47 ± 1,06	2,51 ± 0,12	3,27 ± 0,50
A_w (a 25°C)	0,157 ± 0,003	0,153 ± 0,002	0,196 ± 0,002
SOL (%)	88,57 ± 0,19	95,46 ± 0,32	94,65 ± 0,57
H (g/g amostra)	0,101 ± 0,002	0,076 ± 0,002	0,114 ± 0,004
AG (%)	-	52,92 ± 1,58	73,49 ± 3,53
Vitamina C (mg/100g)	6.879 ± 159,98	4.022,89 ± 49,77	3.859,41 ± 113,30

O pó com maltodextrina apresentou a maior densidade *bulk*, a maior solubilidade, menor higroscopicidade e menor aglutinação comparado ao com polidextrose. O pó sem carreador mostrou-se mais compacto e menor solubilidade o que pode ter sido favorecido pelo maior teor de água e pela

alteração da transição vítrea dos pós com carreadores. O conteúdo de vitamina C variou de 3859,41 e 6627,98 mg/100g de amostra desidratada, equivalente ao valor reportado por Figueiredo (1998), que obteve o pó por atomização, partindo de 90 % de polpa acerola, 7,5 % maltodextrina e 2,5 % de goma arábica, com 792,011 mg de ácido ascórbico/100g, resultou em 4136 mg/100g no pó.

Figura 3 – Pó de acerola após a liofilização: A. sem carreador; B. maltodextrina e C. povidexrose.



Fonte: a autora.

Dependendo da escolha dos parâmetros do processo de liofilização, há risco de aquecimento desigual em função dos componentes dos alimentos apresentam diferentes fatores de perda e partículas de diferentes tamanhos o que afeta a taxa de aquecimento e ao fato da água apresentar um fator de perda mais alto do que o gelo. Assim, se qualquer porção de gelo derreter, existe o risco de um superaquecimento local resultando na perda da amostra. A Figura 4 mostra o colapso da amostra da polpa sem carreador, processadas na bandeja dentro da câmara de vácuo. Para evitar este evento, o alimento deve permanecer abaixo da temperatura de colapso na sublimação e abaixo da temperatura de transição vítrea na secagem por dessorção (Fellows, 2019), ou seja, serão necessários estudos de caracterização da amostra em relação às suas transições térmicas.

Figura 4 – Polpa de acerola durante e após a liofilização.



Fonte: a autora.

Caracterização do pó da polpa de açaí

Os pós do açaí obtidos pelo processo de liofilização apresentaram o teor de água entre 0,65 e 1,27 g/100g de amostra, inferior a 2,65 g/100g de amostra reportado por Lucas et al. (2018), cuja a diferença pode ser explicada pelos parâmetros de temperatura e pressão de cada processo e pelas dimensões das amostras. O uso da mistura de proteínas vegetais, aumentou a densidade *bulk* do pó liofilizado de 0,14 para 0,16 g/mL e reduziu a atividade de água para 0,08; a povidexrose resultou na menor compactação do pó, 0,20 g/mL e o menor teor de água (Tabela 3). A Figura 5 mostra os pós da polpa de açaí com e sem carreadores obtidos pela liofilização, é possível observar que a cor dos pós variou com o uso dos carreadores, a maltodextrina e a povidexrose resultaram em parâmetros de cor semelhantes enquanto que o pó com as proteínas vegetais mais se aproximou da polpa sem carreador, com exceção do parâmetro *b**.

Tabela 3 – Propriedades dos pós da polpa de açaí liofilizada sem e com diferentes carreadores.

Análise	Polpa Liofilizada	Maltodextrina	Polidextrose	Proteínas
Densidade <i>bulk</i> (g/mL)	0,14	0,17	0,20	0,16
Teor de água (g/100g amostra)	1,14 ± 0,04	1,00 ± 0,06	0,65 ± 0,04	1,27 ± 0,04
Aw (a 25°C)	0,292 ± 0,006	0,094 ± 0,001	0,161 ± 0,004	0,078 ± 0,002
SOL (%)	47,3	72,8	61,7	12,7
H (g/g amostra)	0,039	0,058	0,072	0,053
AG (%)	35,8	26,6	73,6	35,4
Cor				
<i>L</i>	34,33 ± 0,20	35,76 ± 0,22	36,38 ± 0,13	35,31 ± 0,12
<i>a</i> *	1,89 ± 0,06	3,93 ± 0,07	3,92 ± 0,08	1,65 ± 0,07
<i>b</i> *	-0,045 ± 0,04	0,94 ± 0,04	1,43 ± 0,06	0,40 ± 0,05

A solubilidade (SOL) da polpa de açaí liofilizada sem carreador foi de 47,3 % e a liofilizada com maltodextrina e polidextrose de 72,8 % e 61,7 % respectivamente, valores superiores que podem ser explicados pela proporção de 1 parte de sólidos do açaí para 1 do carreador após a liofilização, considerando a alta solubilidade da maltodextrina e da polidextrose em água, o que não acontece para as proteínas vegetais, que tornou o pó mais insolúvel comparado a polpa sem carreadores (Damodaran e Parkin, 2018; Hartel, 2018).

Figura 5 – Pós obtidos por liofilização: A. Sem carreador; B. Maltodextrina; C. Polidextrose; D. Proteínas.



Fonte: a autora.

Os pós obtidos com a polpa de açaí foram analisados novamente após 5 meses do processo e os resultados estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Propriedades dos pós da polpa de açaí liofilizada sem e com diferentes carreadores após 5 meses de processamento

Análise	Polpa Liofilizada	Maltodextrina	Polidextrose	Proteínas
Densidade <i>bulk</i> (g/mL)	0,16	0,17	0,20	0,16
Teor de água (g/100g amostra)	2,57 ± 0,19	3,15 ± 0,74	1,80 ± 0,29	1,64 ± 0,06
SOL (%)	24,37 ± 5,88	70,21 ± 2,75	60,55 ± 0,20	17,77 ± 0,85
H (g/g amostra)	0,043 ± 0,014	0,071 ± 0,002	0,051 ± 0,012	0,047 ± 0,004
AG (%)	50,36 ± 9,97	52,39 ± 0,34	28,23 ± 3,23	68,55 ± 1,92

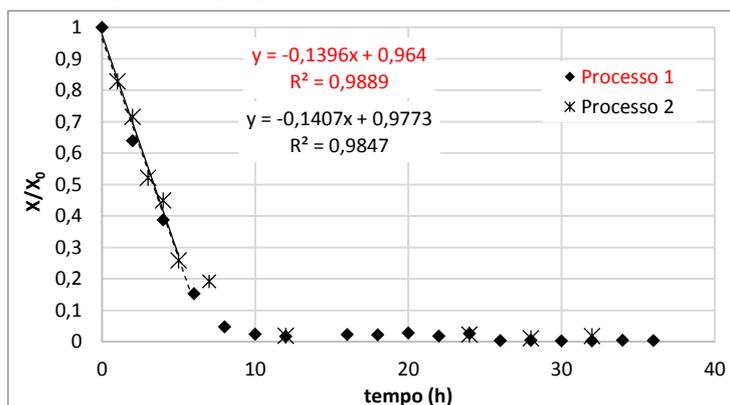
O teor de água para todos os tratamentos foi maior após o período em questão. A densidade *bulk* e a solubilidade variou para a polpa sem carreador. A aglutinação (AG) não apresentou coerência nos resultados dos diferentes tratamentos, sendo necessária maior atenção em ensaios futuros. Os resultados da Tabela 4 indicam a necessidade do estudo da estabilidade destes pós.

Curvas de secagem da polpa de açaí

As curvas de secagem obtidas conforme descrito em métodos estão apresentadas nas Figuras 6 e 7. Observa-se uma reta decrescente até 5 h de nos Processos 1 e 2. Houve variações na pressão e na temperatura de processo, além do manuseio entre as pesagens, o que pode explicar a diferença entre os dois processos no intervalo de 5 e 10 h, após este período, X/X_0 permaneceu constante.

Processos 1 e 2 foram utilizados apenas os recipientes *manifolds* do liofilizador, nos quais não há controle de temperatura de aquecimento, e por isso houve a necessidade de avaliar um terceiro processo (Processo 3) que é o de obter a curva de secagem dos recipientes mantidos na bandeja da câmara central (Figura 7).

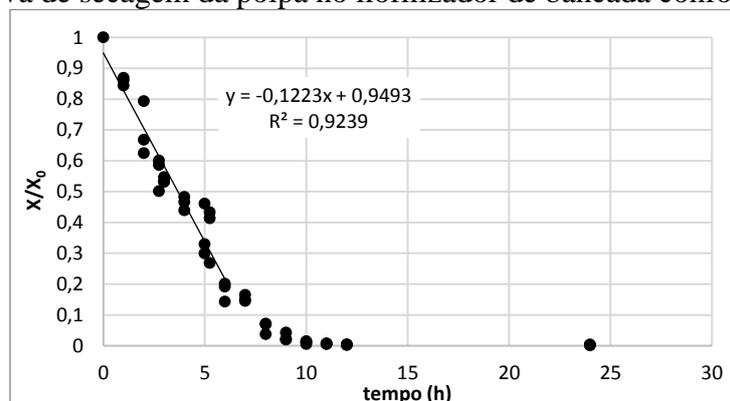
Figura 6 – Curvas de secagem da polpa no liofilizador de bancada conforme Processos 1 e 2.



Na curva de secagem obtida no Processo 3, a partir dos potes de amostras acomodadas sobre a bandeja de aquecimento, foi possível obter triplicata para cada ponto. Nota-se que a inclinação da reta decrescente até 5 h de processo foi menor, bem como o R^2 .

Ao observar as curvas de secagem pelos diferentes métodos adotados, não é possível indicar o melhor. O ideal seria um sistema de aquisição de massa ao longo do processo, sem troca de amostra e sem alívio da pressão. Santos et al. (2017) estudaram de forma semelhante a cinética de liofilização do iogurte e ajustou modelos de Lewis, Brooker e Logarítmico com bons resultados. Marques, Ferreira e Freire (2007) apresentaram a curva de liofilização da acerola esmagada e fatiada, sem ajuste de modelos. Os dois trabalhos não deixam claro como a massa foi medida ao longo do processo.

Figura 7 – Curva de secagem da polpa no liofilizador de bancada conforme Processo 3.



Conclusões

O pó de acerola sem carreador apresentou-se dez vezes mais concentrado em relação ao conteúdo de vitamina C em relação a suas características iniciais, o que repercute como ponto altamente positivo, pois o processo foi capaz de manter tal propriedade. Porém foi observada uma

alta higroscopicidade para a polpa de acerola, e isso pode ser justificado pela alta quantidade de açúcares em sua composição. Os pós apresentaram grande solubilidade (*SOL*).

O pó de açaí sem carreador apresentou solubilidade baixa, porém com maltodextrina e polidextrose, os valores foram superiores, o que podem ser explicados pela alta solubilidade destes carreadores em água, o que não acontece para as proteínas vegetais. A análise dos pós em diferentes períodos deixou claro a necessidade de estudar a estabilidade do produto e considerar análise relacionada a oxidação da gordura, pois este componente está presente em grande quantidade.

A curva de secagem foi obtida com a polpa de açaí sem carreadores por três diferentes métodos, foram observadas retas decrescentes até 5 h de processo.

Como parte dos estudos também foi elaborado o manual de operação do equipamento de bancada Enterprise I, fundamental para a realização do projeto.

Referências Bibliográficas

- Batista, M. S.; Figueiredo, R. M.; Queiroz, A. J. (2000) Parâmetros físico-químicos da acerola (*Malpighia puniceifolia*, L.) em diferentes fases de maturação. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*.
- Calgareo, M.; Braga, M. B. (2012) *A cultura da acerola*. 3a edição revista e ampliada. Embrapa Brasília, DF.
- Dacanal, G. C. (2005) *Estudo da granulação de suco de acerola desidratado em leito fluidizado*, FEA/UNICAMP – Campinas – SP, 112 (Dissertação de mestrado).
- Damodaran, S.; Parkin, K. L. (2018) *Química de Alimentos de Fennema*, 5a ed, Artmed.
- Fellows, P. J. (2019) *Tecnologia do processamento de Alimentos*. 4a ed. Artmed.
- Figueiredo, R. M. F. D. (1998) Caracterização físico-química do suco e pó de acerola (*Malpighia puniceifolia*, L.), FEA/UNICAMP – Campinas – SP, 184 (Tese de doutorado).
- Goula, A. D.; Adamopoulos, K. G. (2008) Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. Powder properties, *Drying Technology*, 26, 726-737.
- Hartel, R. W.; Von Elbe, J. H.; Hofberger, R. (2018) *Confectionery Science and Technology*, Springer.
- Instituto Adolfo Lutz (2008) *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. São Paulo.
- Lucas, B. F.; Zambiasi, R. C.; Costa, J. A. V. (2018) Biocompounds and physical properties of açaí pulp dried by different methods, *LWT- Food Science and Technology*, 98, 335– 340.
- Marques, L. G.; Ferreira, M. C.; Freire, J. T. (2007) Freeze-drying of acerola (*Malpighia glabra* L.). *Chemical Engineering and Processing*, 46, 451-457.
- Matsuura, F. C. A. U.; Cardoso, R. L.; Folegatti, M. D. S.; Oliveira, J. R. P.; Oliveira, J. D.; Santos, D. D. (2001) Avaliações físico-químicas em frutos de diferentes genótipos de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.). *Rev. Bras. Frutic*, 23, 602-606.
- Menezes, A. R. V.; Silva Júnior, A.; Cruz, H. L. L.; Araujo, D. R.; Sampaio, D. D. (2009) Estudo comparativo do pó da acerola verde (*Malpighia emarginata* DC) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização. *Rev Bras de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, 11, 1-8.
- Ribeiro, L. C.; Costa, J.; Afonso, M. R. (2016) Hygroscopic behavior of lyophilized acerola pulp powder. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20, 269-274.
- Rogez, H. (2000) *Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação*, 1a ed. Belém, PA: Ed. Universidade Federal do Pará - EDUFA, 313.
- Santos, G.; Teles, A. R. S.; Silva, G. S.; Bery, C. C. S.; Carvalho, C. T. G.; da Silva, G. F.; Pagani, A. A. C. (2017) Cinética de secagem do iogurte por liofilização. ENEMP 2017, Maringá-PR.
- Silva, L. M. R.; Figueiredo, E. A. T.; Ricardo, N. M. P. S.; Vieira, I. G. P.; Figueiredo, R. W.; Brasil, I. M.; Gomes, C. L. (2014) Quantification of bioactive compounds in pulps and by-productsof tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 143, p. 398-404.
- Soares, E. C.; de Oliveira, G. S. F.; Maia, G. A.; Monteiro, J. C. S.; Silva Jr, A.; Filho, M. D. S. D. S. (2001) Desidratação da polpa de acerola. *Ciênc. Tecnol. Aliment*, 21, 164-170.

- Souza, P. G. D. (2015) Produção e caracterização de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) desidratado em pó por cast-tape drying, Universidade Federal de Santa Catarina, 143 (Dissertação de mestrado).
- Tabela Brasileira de Composição de Alimentos– TBCA. (2019) Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.0. São Paulo, 2019. [Acesso em: 26/08/2019]. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tbca>.
- Tadini, C. C.; Pessoa Filho, P. A.; Telis, V. R. T.; Meirelles, A. J. de A. (2017) *Operações unitárias na indústria de alimentos*. 1ª ed. v. 2, LTC.
- Tonon, R. V.; Baroni, A. F. B.; Brabet, C.; Gibert, O.; Pallet, D.; Hubinger, M. D. (2009) Water sorption and glass transition temperature of spray dried açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) juice, *Journal of Food Engineering*, 94, 215–221.