



INSTITUTO FEDERAL

Sertão Pernambucano

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO
PERNAMBUCANO**

COORDENAÇÃO DO CURSO DE TECNOLOGIA EM ALIMNETOS

CURSO TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

SARA RAQUEL RIBEIRO PEREIRA

**INFLUÊNCIA DA MALTODEXTRINA NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DO PÓ DE
ACEROLA VIA SPRAY DRYER**

SALGUEIRO

2023

SARA RAQUEL RIBEIRO PEREIRA

**INFLUÊNCIA DA MALTODEXTRINA NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DO PÓ DE
ACEROLA VIA SPRAY DRYER**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do curso de Tecnologia em Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Salgueiro, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnologia em Alimentos.

Orientador(a): Prof^ª. Dr^ª. Camilla Salviano Bezerra Aragão.

SALGUEIRO

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P436 Pereira, Sara Raquel Ribeiro.

Influência da maltodextrina no processo de obtenção do pó de acerola via spray dryer / Sara Raquel Ribeiro Pereira. - Salgueiro, 2024.
40 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Salgueiro, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Camilla Salviano Bezerra Aragão.

1. Acerola. 2. Maltodextrina. 3. Vitamina c. I. Título.

CDD 634.6

SARA RAQUEL RIBEIRO PEREIRA

**INFLUÊNCIA DA MALTODEXTRINA NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DO PÓ DE
ACEROLA VIA *SPRAY DRYER***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do curso de Tecnologia em Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Salgueiro, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnologia em Alimentos.

Aprovado em: 19 /12 /2023

Nota: 99

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a. Dr.^a. Camilla Salviano Bezerra Aragão (Orientadora)
IFSertãoPE – Campus Salgueiro



Prof.^a. Dr.^a. Luciana Façanha Marques
IFSertãoPE – Campus Salgueiro

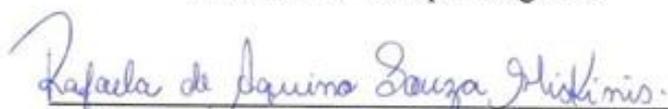
Marilia Patricio

Assinado de forma digital por
Marilia Patricio Alves:09216923407

Alves:09216923407

Dados: 2024.01.02 14:30:13 -03'00'

Prof.^a. MsC. Marilia Patricio Alves
IFSertãoPE – Campus Salgueiro



Pesquisadora. MsC. Rafaela de Aquino Souza Miskinis
NIAGRO – Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento

SALGUEIRO

2023

AGRADECIMENTOS

Quero começar agradecendo a Deus por todas as oportunidades que ele me proporcionou, bem como todo seu consolo e presença em todos os momentos da minha vida.

Em seguida, quero agradecer a minha base, meu alicerce, a minha mãe, Giva e meu pai, Gilberto. Sem eles com certeza eu não teria chegado até aqui. Sou muito grata por todo esforço e dedicação deles para que eu tivesse oportunidade de estudo. E por me apoiar nas minhas escolhas e acreditar no meu potencial. Aos meus irmãos Vinicius e Laura pelo amor e carinho.

Quero agradecer ao meu namorado, Klyfton, por todo carinho e paciência com meu estresse diário. E por me dar forças para seguir em frente, me aconselhado para ser determinada e guerreira.

Agradeço a minha orientadora, Camilla, pela excelente orientação, por todo entusiasmo, paciência, dedicação e por todas as oportunidades proporcionadas de crescimento profissional.

Agradeço a Rafaela Miskinis pelos ensinamentos, amizade e apoio essenciais para que eu conseguisse concluir o TCC.

Aos professores participantes da banca examinadora, Luciana, Marília por aceitarem avaliar este trabalho e por suas sugestões, para melhoria do trabalho.

A todos os colegas da graduação, em especial Raquel, Juliene, Livia e Cassiel, pela amizade, companhia, auxílio e pelos bons momentos durante todos esses anos.

Essa conquista não seria possível sem o apoio e colaboração de tantas pessoas especiais. Enfim, muito obrigada.

“Só fazemos melhor aquilo que repetidamente insistimos em melhorar. A busca da excelência não deve ser um objetivo, e sim um hábito.”

(Aristóteles)

RESUMO

A desidratação é um processo que possibilita a estocagem de sucos no estado desidratado, aumentando as formas de consumo e o tempo de prateleira. Porém, a secagem dos sucos de frutas apresenta complicações devido à pegajosidade e elevada higroscopicidade dos pós, o que ocasiona problemas durante o processamento e armazenamento do produto. Uma alternativa para facilitar a secagem é a adição de um material de parede. Diante disso o objetivo desse trabalho foi avaliar a acerola em pó obtida por meio do uso de *spray dryer* como método de secagem utilizando maltodextrina como material de parede em uma indústria no município de Petrolina-PE. Foram preparadas duas soluções com diferentes maltodextrinas, a fim de avaliar características como recuperação de vitamina C e rendimento do produto final. Na primeira foi utilizada maltodextrina (Maltodextrina A) com DE 17,0-19,9, já na segunda solução foi utilizada maltodextrina (Maltodextrina B) com DE 5,0-9,0. Por fim, a secagem dos pós foi realizada em uma planta piloto por atomização (*spray dryer*). Essas amostras, as soluções e os pós foram submetidos a análises físico-químicas, as quais foram determinados de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008) ou através de métodos da própria empresa, os sólidos solúveis totais (°Brix), pH, sólidos totais, ácidos ascórbico, umidade, atividade água e densidade. De acordo com as análises realizadas verificou-se valores semelhantes entre os pós de acerola obtidos com as diferentes maltodextrinas, a vitamina C apresentou resultado 17794 e 17945, umidade 3,25 e 3,23, atividade água com 0,20 e 0,19 e a densidade com 0,66 e 0,61, respectivamente de acordo com a maltodextrina A e maltodextrina B. Porém, em relação a redução da perda de vitamina C a maltodextrina B (com 12,26) apresentou melhora significativa quando comparada com a maltodextrina A (com 17,20). Além disso a maltodextrina B apresentou melhora no rendimento, aumentando a produtividade para 69,64 %.

Palavras-chave: Acerola. Maltodextrina. Vitamina C.

ABSTRACT

Dehydration is a process that allows juices to be stored in a dehydrated state, increasing consumption methods and shelf life. However, drying fruit juices presents complications due to the stickiness and high hygroscopicity of the powders, which causes problems during processing and storage of the product. An alternative to facilitate drying is the addition of wall material. Therefore, the objective of this work was to evaluate the acerola powder obtained through the use of a spray dryer as a drying method using maltodextrin as wall material in an industry in the municipality of Petrolina-PE. Two solutions were prepared with different maltodextrins, in order to evaluate characteristics such as vitamin C recovery and final product yield. In the first, maltodextrin (Maltodextrin A) with DE 17.0-19.9 was used, while in the second solution maltodextrin (Maltodextrin B) was used with DE 5.0-9.0. Finally, the powders were dried in a pilot plant using atomization (spray dryer). These samples, solutions and powders were subjected to physical-chemical analyses, which were determined according to the methodology of the Instituto Adolfo Lutz (2008) or through the company's own methods, total soluble solids (°Brix), pH, total solids, ascorbic acids, humidity, water activity and density. According to the analyzes carried out, similar values were found between the acerola powders obtained with the different maltodextrins, vitamin C presented results of 17794 and 17945, humidity 3.25 and 3.23, water activity with 0.20 and 0.19 and density with 0.66 and 0.61, respectively according to maltodextrin A and maltodextrin B. However, in relation to the reduction of vitamin C loss, maltodextrin B (with 12.26) showed significant improvement when compared to maltodextrin A (with 17.20). Furthermore, maltodextrin B showed an improvement in yield, increasing productivity to 69.64%.

Keywords: Acerola. Maltodextrin. Vitamin C.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação esquemática do processo de secagem por atomização	20
Figura 2 – Fluxograma do processamento para a obtenção do pó de acerola por meio do uso de <i>spray dryer</i>	23

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Propriedades físico-químicas das soluções (suco concentrado de acerola) com adição de materiais de parede, maltodextrina A e maltodextrina B, antes da secagem por *spray dryer*..... 27
- Tabela 2 – Propriedades físico-químicas dos pós de acerola obtidos por meio de secagem via *spray dryer* com adição de materiais de parede, maltodextrina A e maltodextrina B..... 29
- Tabela 3 – Rendimento e perda de vitamina C após a secagem via *spray dryer* do suco de acerola com adição de materiais de parede, maltodextrina A e maltodextrina B..... 31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IAL	Instituto Adolfo Lutz
AA	Ácido Ascórbico
DE	Dextrose Equivalente
PH	Potencial Hidrogeniônico
SS	Sólidos Solúveis
ST	Sólidos Totais
SD	Spray dryer
Tg	Temperatura de Transição Vítrea

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
g	Gramma
ml	Mililitro
°Brix	Grau Brix (Sólidos solúveis)
pH	Potencial hidrogeniônico
°C	Grau Celsius
Mm	Milimetro
Mg	Miligramma
Cp	Centipoise
t	Tonelada
ha	Hectare

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 ACEROLA.....	16
3.1.2 Estrutura morfológica da acerola e suas propriedades	16
3.2 SUCO CONCENTRADO DE ACEROLA	17
3.3 ÁCIDO ASCÓRBICO	17
3.3.1 Degradação da vitamina C.....	18
3.4 PROCESSO DE SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO (SPRAY DRYER)	19
3.4.1 Materiais de Parede	21
3.4.2 Maltodextrina.....	21
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 PROCESSO PARA OBTENÇÃO DE ACEROLA EM PÓ COM USO DE <i>SPRAY DRYER</i>	23
4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	25
4.2.1 Vitamina C (Ácido ascórbico)	25
4.2.2 Sólidos Solúveis Totais.....	25
4.2.3 Sólidos Totais.....	25
4.2.4 Potencial hidrogeniônico (pH).....	25
4.2.5 Densidade	25
4.2.6 Umidade.....	26
4.2.7 Atividade de Água (aw).....	26
5 RESULTADO E DISCUSSÃO	27
6 CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

A acerola (*Malpighia emarginata* D.C) é uma fruta tropical de grande potencial econômico e nutricional, cujo interesse agroindustrial deve-se, principalmente, ao seu elevado teor de vitamina C. Esse atributo tem feito essa fruta ter uma boa aceitação no mercado, ser amplamente utilizada na alimentação humana de forma in natura e industrializada, como também na fabricação de produtos farmacêuticos. Além disso, pode-se ressaltar o seu fácil cultivo, o sabor e aroma agradáveis e a grande capacidade de aplicação industrial, que possibilita a elaboração de vários produtos (FREITAS et al., 2006).

A acerola vem sendo comercializada no mercado *in natura* e em forma de sucos e polpas, porém é uma fruta bastante perecível que necessita da preservação das características sensoriais e nutricionais tanto da fruta “in natura” como de seus derivados durante o período de armazenamento (TANAKA, 2007). Um método de conservação interessante é a produção de suco em pó por meio da secagem em *spray dryer* ou atomização, é um processo amplamente utilizado na indústria de alimentos que consiste na transformação de um líquido ou pasta em um produto seco na forma de pó, e em condições ideais, tem se mostrado eficaz para a obtenção de diversos produtos. Obtém-se um produto com vida longa de prateleira por meio da redução da atividade de água, inibindo o crescimento microbiano, a atividade enzimática, e estabilidade ao longo do armazenamento, possibilitando sua disponibilidade em qualquer período do ano e não apenas no período de safra, resolvendo assim os problemas da rápida deterioração e elevado desperdício (KARAM et al., 2016).

São utilizados alguns materiais de parede para o processamento de secagem em *spray dryer* para evitar que os produtos venham ser aderidos as paredes do equipamento. No caso dos sucos de frutas, o material de parede mais comumente utilizados têm sido as maltodextrinas, que diminuem a alta higroscopicidade e aumenta a temperatura de transição vítrea do produto durante a secagem. Esses atributos são prejudiciais ao processo, pois torna o material pegajoso, aumentando a aderência às paredes do secador, proporcionando aglomeração e acúmulo de pó (MACHADO, 2015).

Diante disso, o objetivo do presente estudo foi analisar a influência da maltodextrina utilizada como material de parede na obtenção de acerola em pó por meio do uso de *spray dryer*, em uma indústria no município de Petrolina-PE.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a avaliação qualitativa de acerola em pó obtida por meio do uso de *spray dryer* como método de secagem utilizando maltodextrinas como material de parede em uma indústria no município de Petrolina-PE.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a influência de duas maltodextrinas frente ao rendimento de obtenção do produto final, pó de acerola;
- Avaliar os parâmetros físico-químicas da solução e do pó de acerola;
- Mensurar a perda de vitamina C ao final do processo de secagem;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ACEROLA

Popularmente conhecida como “Cereja das Antilhas” ou “Cereja de Barbados”, a acerola é uma frutífera nativa do norte da América do Sul, América Central e das Antilhas. Foi introduzida no Brasil em 1956 no estado de Pernambuco por meio de sementes vindas de Porto Rico por uma professora da Universidade Federal Rural de Pernambuco e, em seguida se espalharam para a região nordeste e estados da Bahia, Ceará e Paraíba (RUFINI et al., 2015).

O cultivo vem se intensificando e continua em ascensão no cenário frutícola nacional, devido este fruto ter um alto valor nutricional, rico em vitamina C (ácido ascórbico), além de apresentar altos teores de compostos fenólicos e carotenoides (Dala-Paula et al., 2019; Reis et al., 2017; Rezende et al., 2018). O Brasil é o principal produtor, consumidor e exportador da acerola no mundo, em razão da existência de condições favoráveis de clima e solo em grande área do país. Destaca-se a região nordeste como a principal, deste sistema produtivo, que contribui na área de 3.100 ha e produtividade de 96.000 t de frutas, em especial para o consumo agroindustrial e em estado fresco (PINHEIRO et al., 2019).

Inúmeras são as variedades de acerola que têm sido cultivadas no Nordeste nas últimas décadas, destaque no Submédio do Vale do São Francisco, tais como Junko’, ‘Flor Branca’, ‘BRS Sertaneja’, ‘Costa Rica’, ‘Okinawa’, ‘Nikki’, ‘Coopama N°1’ e ‘BRS Cabocla’ (SOUZA et al., 2013).

O consumo nacional da fruta tem crescido, mas a maior parte da produção brasileira de acerola é processada e exportada para diversos países da Europa, Estados Unidos e Japão, especialmente na forma de polpa ou frutos congelados, suco concentrado e extração do ácido ascórbico (BORGES et al., 2022). Além dessas utilizações citadas anteriormente, a acerola pode ser utilizada na fabricação de licores, geleias, doces em calda e em pasta, sorvetes, chicletes e bombons (EMBRAPA, 2012).

3.1.2 Estrutura morfológica da acerola e suas propriedades

A aceroleira pertence ao gênero *Malpighia*, que contém cerca de 45 espécies, incluindo *Malpighia emarginata* D.C, cultivadas principalmente por suas frutas ricas em vitamina C, com

teores de ácido ascórbico que podem chegar a 4.000 mg/100g de polpa, nos frutos imaturos. (BELWAL et al., 2018).

A aceroleira é uma árvore que atinge uma altura média de dois a três metros, com ramos densos e espalhados, folhas opostas, com pecíolo curto e ovaladas. Cresce e produz satisfatoriamente em clima tropical e subtropical com temperaturas superior à 20 °C. Além disso possui formatos que variam de 3 a 6 centímetros de diâmetro e massa entre 3 e 16g (RITZINGER; RITZINGER, 2011). A acerola é composta por uma casca lisa e delicada (epicarpo), polpa que corresponde ao mesocarpo carnosa, suculenta e aromática com três gomos (endocarpo) que protegem respectivamente três sementes de 3 a 5 mm de comprimento (FREITAS, 2006). A coloração externa do fruto pode ser de cor laranja ou vermelha quando maduros e verdes arroxeados quando imaturos (SEBRAE, 2016; EMBRAPA, 2012).

As propriedades nutricionais da acerola dependem da espécie, grau de maturação e época de colheita. É composta por vitaminas e minerais como fósforo, ferro, magnésio e cálcio, mas destaca-se por seu alto teor de vitamina C, além de conter vitaminas do complexo B como tiamina (B1), riboflavina (B2) e niacina (B3) (RITZINGER; RITZINGER, 2011).

3.2 SUCO CONCENTRADO DE ACEROLA

O Decreto 6.871, de 2019 e a Instrução Normativa nº 12, de 2003 definem o suco de frutas como a bebida não fermentada, adquirida por processamento tecnológico a partir da fruta sã e madura. O processamento do suco concentrado gera um produto parcialmente desidratado como resultado da remoção da água.

Segundo Aguiar et al. (2012) sucos concentrados são muito comuns nas indústrias, pois diminui o volume de suco, possibilitando o transporte de maiores quantidades de embalagens, e reduzindo os custos de transportes e estocagem. Além disso, os sucos concentrados são mais estáveis e mais resistentes à deterioração microbiana e química do que o suco original, como consequência da redução da atividade de água.

3.3 ÁCIDO ASCÓRBICO

Segundo Grzybowski e Pietrzak (2013) o ácido ascórbico (AA), precursor da vitamina C, vem sendo aplicado como componente de diversos medicamentos e cosméticos dermatológicos desde 1928. O ácido ascórbico é conhecido como um importante composto

antioxidante de origem natural, o qual está presente em um grande número de frutas. Assim, a acerola é vista como um alimento funcional especialmente pelos elevados teores dessa substância (Mariano-Nasser et al. 2017; Dala-Paula et al. 2019).

A vitamina C é conhecida como ácido ascórbico ou ácido L-ascórbico (LAA) em sua forma reduzida. Enquanto que em sua forma oxidada, identifica-se como ácido L-dehidroascórbico (DHA) (NÓBREGA, 2012). O ácido L-ascórbico é um composto biologicamente ativo, instável, que pode ser oxidado a ácido L-dehidroascórbico de forma fácil e reversível (ROSA et al., 2007).

O ácido ascórbico tem a habilidade de ceder elétrons, possibilitando um papel essencial como antioxidante (GOIANA; FERNANDES; COLARES, 2016). Além disso, tem valor relevante no desenvolvimento e regeneração dos músculos, pele, dentes, ossos, cicatrização de feridas, na formação do colágeno e atua na regulação da temperatura corporal (JESSES et al., 2020). Estudos epidemiológico identificaram que pessoas com maior hábito de ingestão de vitamina C demonstraram menor risco de diversas doenças crônicas, como, doenças cardíacas, diabetes, câncer ou doenças neurodegenerativas (Valente et al., 2011).

Esta vitamina é um nutriente importante e essencial para os seres humanos, pois o organismo é incapaz de sintetizar essa substância devido à inexistência da enzima L-gulonolactona oxidase que participa da biossíntese da vitamina C, sendo necessária a ingestão desta vitamina pela dieta alimentar. Assim, são diversas as fontes em frutas cítricas e hortaliças, como, laranja, tangerina, goiaba, limão, cupuaçu e em especial a acerola (BAIERLE et al, 2012).

3.3.1 Degradação da vitamina C

Por tratar-se de um composto orgânico termolábil, o ácido ascórbico pode sofrer várias mudanças físico-químicas. Fatores como umidade, temperatura, pH e luz podem mudar a estabilidade desta vitamina, acarretando na redução do seu teor nos alimentos (FABRÍCIO, 2018).

A degradação da vitamina C nos alimentos produzidos industrialmente depende do processamento, condições de estocagem, tipo de embalagem, concentração de oxigênio, incidência de luz, catalisadores metálicos, enzimas e pH, sendo primordial um controle de processo durante toda a cadeia produtiva (FABRÍCIO, 2018). Os processos de concentração de alimentos líquidos, em especial sucos de frutas, que empregam calor, são processos complexos, que podem ocasionar alterações nas propriedades físicas, bioquímicas e sensoriais, retendo

fatores nutricionais e de qualidade, como antocianinas, cor, aroma e sabor que também são sensíveis além das vitaminas (PATIL; RAGHAVARAO, 2007; KECHINSKI *et al.*, 2010; RASTOGI, 2016).

A vitamina oxida com facilidade quando submetida ao ar, por isso é usada como padrão de qualidade nutricional nos alimentos que contem essa vitamina. Como a oxidação contribui para a degradação, é primordial o cuidado quanto a sensibilidade de degradação no momento do processamento e armazenagem (DANIELE *et al.*, 2009).

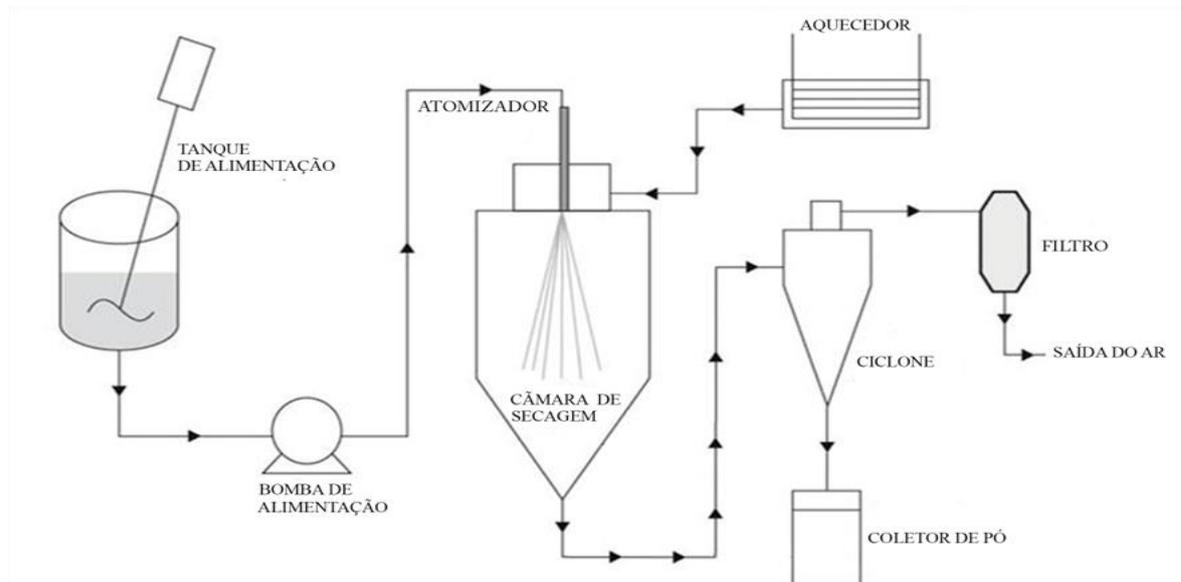
Para evitar a degradação da vitamina C e reduzir a perda, indica-se o aquecimento rápido e a baixa exposição ao ar no momento do preparo (COZZOLINO, 2012).

3.4 PROCESSO DE SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO (SPRAY DRYER)

Spray dryer (SD) ou secagem por atomização é um método muito utilizado para o processamento de alimentos, o qual é baseado na remoção da água do produto, ou seja, um fluido em estado líquido, quando atomizada em ar quente contínuo, produz instantaneamente um pó (ALVES, 2014; RÉ, 2006). Por diminuir o conteúdo de água e a atividade da água, a realização desse processo por atomização é normalmente empregado na indústria de alimentos para garantir estabilidade microbiológica dos produtos, evitar riscos de degradações químicas e biológicas, reduzir o estoque, custos de transporte e embalagem (ALVES, 2014; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007). Desta forma, a secagem proporciona o aumento da vida útil, a redução do peso e do volume dos alimentos, favorecendo o consumo e diversificando a disponibilidade dos produtos (LOPES, 2013).

O esquema de funcionamento de um *spray dryer* está apresentado na Figura 1. O processo envolve a mistura da solução com o material de parede que será a alimentação do *spray dryer*. A mistura a ser atomizada deve ser homogeneizada e aquecida. Com auxílio de uma bomba, a amostra é levada até o topo da câmara de secagem, onde se encontra o atomizador. No atomizador ocorre a transformação da mistura em inúmeras gotas. Posterior a atomização, ocorre o contato entre as gotículas e o ar quente, o aquecedor acoplado ao sistema é responsável por aquecer o ar de entrada à temperatura de secagem desejada, caracterizando o início da secagem. Na câmara de secagem, o contato do ar aquecido com as gotículas remove a água por evaporação, produzindo um pó fino, que passa por um ciclone e é acondicionado em um coletor (AZEREDO, 2012; KESHANI *et al.*, 2015).

Figura 1- representação esquemática do processo de secagem por atomização.



Fonte: Adaptado de SANTOS, D. et al., 2017.

A desidratação por *spray dryer* é amplamente empregada na indústria alimentícia na produção de extrato de café e tomates, ovos, frutas e leite em pó, resultando em um pó de boa qualidade, baixa atividade de água e de fácil transporte e armazenamento (GOULA; ADAMOPOULOS, 2010).

Ainda que o processo tenha um rápido tempo de contato do ar quente com as gotículas durante a secagem, é provável que o calor prejudique compostos sensíveis como carotenoides, antocianinas e vitamina C. É essencial que a temperatura do produto não ultrapasse 100°C. portanto, deve-se ter muito cuidado na escolha da temperatura de entrada e saída, tempo de secagem, tipo de material de parede, concentração de sólidos no suco e as condições de armazenamento. Estes fatores atuam diretamente nas características do produto final, como teor de umidade, densidade, aparência e tamanho das partículas, e viscosidade do líquido (BAO et al., 2007; ALEXE; DIMA, 2014; SHISHIR; CHEN, 2017).

A temperatura do ar de entrada é um fator determinante na qualidade do produto obtido. O aumento na temperatura do material de entrada facilita o processo de secagem, pois normalmente reduz a viscosidade, densidade, facilitando a formação de gotículas, entretanto, uma temperatura extrema pode causar a volatilização e degradação de termo sensível como a vitamina C (YAMASAKI, 2020). O processo de secagem por atomização quando utilizado em alimentos ricos em açúcar, tal como suco de fruta (como é o caso da acerola), podem apresentar alguns problemas em suas propriedades, tais como pegajosidade e alta higroscopicidade, devido à presença de açúcares e ácidos de baixa massa molar. Estes compostos têm baixa temperatura

de transição vítrea (T_g), assim podem aderir à parede da câmara no decorrer do processo ocasionando problemas operacionais como a impossibilidade da secagem, entupimento do bico, levando baixos rendimentos (FAZAELI et al., 2012; WANG; LANGRISH, 2009). Dessa forma, é fundamental a utilização de material de parede de alto peso molecular, como a maltodextrina, antes da atomização, para aumentar a temperatura de transição vítrea, aumentar o teor de sólidos totais e reduzir o teor de umidade do material a ser desidratado, facilitando a obtenção de pós com menor teor de umidade, facilitar e aumentar o rendimento do processo, transporte e conservação das substâncias presentes nas frutas como os compostos bioativos, e reduzir higroscopicidade (VARNER, 2014; SHISHIR; CHEN, 2017).

3.4.1 Materiais de Parede

Diversos coadjuvantes podem ser utilizados na secagem para melhorar o rendimento, minimizando perdas causadas pela formação de depósito nas paredes do equipamento. Alguns destes promovem as modificações nas propriedades do pó seco, tornando mais estável ou protegendo o produto final contra a degradação dos bioativos presentes (TRIBOLI, 2014), além de melhorar o manuseio do produto final, oferecendo maior proteção contra a umidade do ambiente e tornando-o menos higroscópico (TONON; BRABET; HUBINGER, 2009).

A escolha correta do material de parede para a secagem em *spray drying* é de grande importância para garantir tanto a estabilidade da secagem, quanto a sua eficiência. O parâmetro de seleção do material de parede é atribuído principalmente nas propriedades físico-químicas como: solubilidade, peso molecular, transição vítrea, formação de filme e emulsificação (GHARSALLAOUI et al., 2007).

Dentre os compostos mais utilizados como material de parede durante a secagem por atomização de sucos de frutas destacam-se os carboidratos, tais como a maltodextrina, amido, amido modificado, goma arábica, xarope de milho, entre outros, sendo a maltodextrina um dos mais empregados como material de parede por ter amplo uso em alimentos, possuir sabor suave, baixa viscosidade em níveis altos de sólidos, boa solubilidade, baixa higroscopicidade e não ser tóxica (VLADIC et al., 2016).

3.4.2 Maltodextrina

A maltodextrina é um polissacarídeo originado da hidrólise do amido que pode ser utilizada como aditivo em alimentos. Podendo ser adquirida a partir de diferentes fontes de

amidos, como o milho, a batata, o arroz, a mandioca, o trigo e o sorgo, dependente da disponibilidade e do preço da matéria-prima encontrada em cada lugar. Apresentam características físico-químicas de pó fino, cor branca e sabor levemente adocicado (SANTOS, 2013; SILVA et al., 2014).

São classificadas de acordo com o valor de sua dextrose equivalente (DE) definida pelo conteúdo de açúcares redutores calculados com base na quantidade de glicose presente na massa seca. Quanto maior a hidrólise do produto, maior seu teor de DE (TEODORO, 2016).

As maltodextrinas possuem dextrose equivalente (DE) menor que 20. Normalmente as maltodextrinas que possuem valores de DE menores que 20 apresentam, aroma e sabor neutros e baixa viscosidade em altas concentrações de sólidos, possibilitando boa proteção contra a oxidação (TEODORO, 2016). Portanto, maltodextrina com DE menores que 20 são mais aptas por serem menos higroscópicas, evitando a aglomeração do pó, enquanto que maltodextrinas com DE em torno de 20 diminuem a barreira ao oxigênio promovendo uma melhor oxidação (SILVA et al., 2014).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em uma indústria processadora de acerola, localizada na cidade de Petrolina-PE, no período de fevereiro a julho de 2022.

É importante destacar que diante do perfil inovador da indústria muitos processos e resultados não puderam ser apresentados neste trabalho devido ao sigilo industrial a ser seguido. Assim, foram utilizados somente dados autorizados pela empresa.

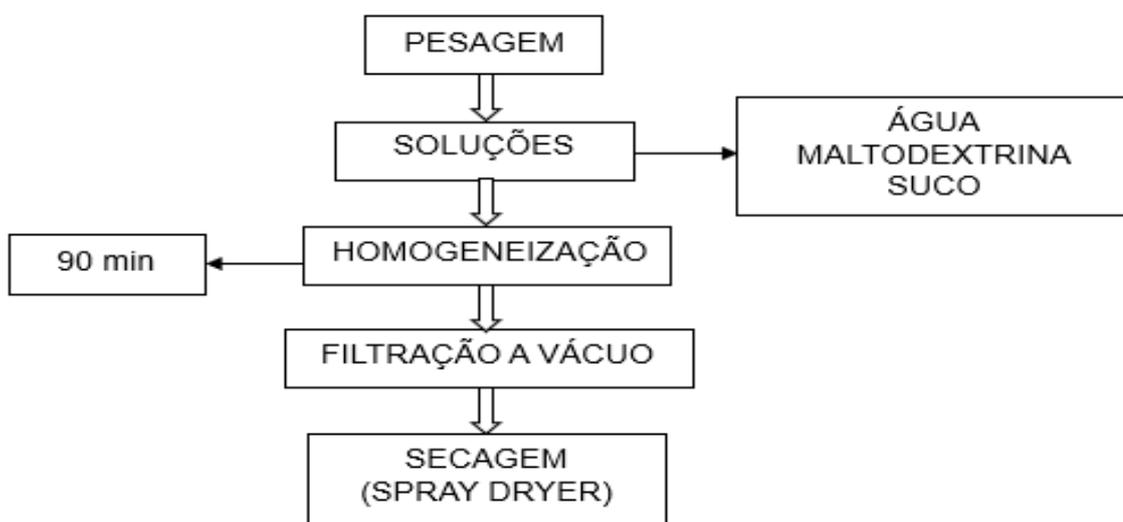
4.1 PROCESSO PARA OBTENÇÃO DE ACEROLA EM PÓ COM USO DE *SPRAY DRYER*

A Figura 2 representa o fluxograma de todo o processo para a obtenção do pó de acerola por meio de *spray dryer*; o qual será descrito abaixo.

Primeiramente foi feita a pesagem da água, maltodextrina (material de parede) e suco concentrado de acerola (quantidades não reveladas devido ao sigilo industrial), que será definida como solução ou mistura.

Foram preparadas duas soluções com diferentes maltodextrinas, a fim de avaliar características como recuperação de vitamina C e rendimento do produto final. Na primeira foi utilizada maltodextrina (Maltodextrina A) com DE 17,0-19,9, já na segunda solução foi utilizada maltodextrina (Maltodextrina B) com DE 5,0-9,0, ambas oriundas de amido de milho (marca Ingredion).

Figura 2- Fluxograma do processamento para a obtenção do pó de acerola por meio do uso de *spray dryer*



As soluções foram homogeneizadas em banho maria a 40 °C, por aproximadamente 90 minutos, a fim de garantir melhor dissolução da maltodextrina, sob agitação constante com o auxílio de um agitador mecânico.

Em seguida as soluções foram filtradas em sistema a vácuo e armazenadas em recipiente inox. Nessa etapa as amostras foram analisadas, conforme descrito no item 4.2, afim de avaliar vitamina C, sólidos solúveis totais, sólidos totais e pH.

Por fim, a secagem foi realizada em uma planta piloto por atomização (*spray dryer*) construído em aço inoxidável com bico rotativo. O processo de atomização obedeceu aos seguintes parâmetros de condições de processo para cada solução: pressão de ar comprimido em 2,5 bar, rotação do bico 25000 rpm, vazão de ar a 70 e 90 %, e temperatura de entrada e saída com 145 e 85 °C, usadas nas soluções com (maltodextrina A) e com (maltodextrina B), respectivamente.

Após a secagem os pós de acerola foram pesados para avaliar o rendimento do produto final (Equação 1) e perda de vitamina C (Equação 2). Em seguida foram acondicionados em embalagem de polietileno laminados para posteriores análises físico-químicas do produto acabado, conforme o tópico 4.2, para analisar os teores de umidade, atividade de água, densidade e vitamina C.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{Q_R}{Q_i \times ST_i} \times 100 \quad (1)$$

Onde,

Q_R = quantidade recuperada, produto obtido após a secagem.

Q_i = quantidade inicial da solução.

ST_i = sólidos totais iniciais, quantidade de sólidos presentes na solução.

$$\text{Perda de vitamina C (\%)} = \frac{VC_{esp} - VC_f}{VC_{esp}} \times 100 \quad (2)$$

Onde,

VC_{esp} = Vitamina C esperada, o cálculo é feito com base na análise de vitamina C do suco e da solução.

VC_f = Vitamina C final, é a vitamina C obtida no pó.

4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises foram realizadas no laboratório de controle de qualidade da própria indústria, buscando avaliar as soluções e os produtos finais.

As soluções com maltodextrina A e maltodextrina B foram caracterizadas com relação a vitamina C, sólidos solúveis totais, sólidos totais e pH. Os pós de acerola (produto final) foram avaliados quanto a umidade, atividade de água, vitamina C e densidade.

As amostras foram caracterizadas de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008) ou através de métodos da própria empresa, conforme descritas a seguir.

4.2.1 Vitamina C (Ácido ascórbico)

O teor de vitamina C é determinado por titulometria com solução de iodato de potássio (0,01N), sendo os resultados expressos em mg/100g da amostra.

4.2.2 Sólidos Solúveis Totais

A quantificação dos Sólidos Solúveis Totais (SST) foi determinada por meio de leitura direta em refratômetro digital portátil, ATAGO Smart-1. Tendo como resultados obtido em °Brix.

4.2.3 Sólidos Totais

O teor de sólidos totais (ST) foi determinado mediante secagem do material em estufa a vácuo a 100 °C por 6 horas, realizada em triplicata. A quantidade de ST é definida pela diferença entre as massas antes e após a secagem da amostra. O resultado final é expresso pela média da porcentagem de sólidos das amostras.

4.2.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

Os resultados de pH foram quantificados em pHmetro de bancada de marca Mettler Toledo. O pH foi aferido diretamente pela imersão do eletrodo na solução de amostra.

4.2.5 Densidade

Para a determinação da densidade dos pós de acerola calculou-se a razão entre a massa do pó e o volume específico do recipiente inox (segredo industrial). Os valores de densidade foram expressos em g/mL.

4.2.6 Umidade

Para a determinação de umidade utilizando radiação infravermelha foi utilizado o determinador de umidade da marca Toledo. Inicialmente é colocado o prato de alumínio e tarado, em seguida adicionou-se 3,5 g do pó sobre o prato. Resultado expresso em porcentagem (%).

4.2.7 Atividade de Água (aw)

Os valores de atividade de água foram medidos no equipamento Decagon Aqualab Pre Water Activity Measuring.

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados os resultados iniciais obtidos através de análises físico-químicas de acerola em pó. Estes resultados são de suma importância para se obter um produto com garantia de padronização e excelência de qualidade

A Tabela 1 mostra o teor de ácido ascórbico (vitamina C), o teor de sólidos solúveis (°Brix), pH e sólidos totais da solução, ou seja, suco concentrado de acerola antes do processo de secagem com adição da maltodextrina A e maltodextrina B. São resultados em relação com base úmida.

Tabela 1. Propriedades físico-químicas das soluções (suco concentrado de acerola) com adição de materiais de parede, maltodextrina A e maltodextrina B, antes da secagem por *spray dryer*

	MALTODEXTRINA A	MALTODEXTRINA B
Vitamina C(mg/100g)	6447 ± 35,36 ^a	6136 ± 0,00 ^b
Sólidos Solúveis (°Brix)	33,26 ± 0,09 ^a	32,12 ± 0,00 ^b
Potencial Hidrogeniônico (pH)	3,28 ± 0,00 ^a	3,20 ± 0,00 ^b
Sólidos Totais (%)	31,17 ± 0,12 ^a	30,01 ± 0,00 ^b

Valores da mesma linha acompanhado por letras minúsculas diferentes apresentam diferença significativa entre si ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2023).

A caracterização destas amostras proporciona informações a respeito do suco concentrado de acerola antes de passar pelo processo de secagem, sendo assim, uma informação base para mensurar não somente o efeito do calor sobre a perda da vitamina C, como também a influência de cada maltodextrina na obtenção do produto final, pó de acerola.

Assim, observa-se através da Tabela 1 que os valores para todos os parâmetros avaliados revelaram que houve uma diferença significativa entre as misturas que utilizaram Maltodextrina A e Maltodextrina B, sugerindo que a depender do tipo de maltodextrina utilizada pode-se alterar a composição da mistura que seguirá para secagem.

De acordo com os dados obtidos nesta pesquisa, aos teores de vitamina C das misturas (6447 ± 35,36) e (6136 ± 0,00) são inferiores aos encontrados por Tanaka (2007), que encontrou valor de 6690 ± 1,4 de suco concentrado de acerola verde com adição da maltodextrina. Segundo Brasil (2016), divergência no teor de ácido ascórbico pode estar relacionado a seleção da matéria prima e as características como grau de maturação, clima, o cultivo e principalmente ao processo produtivo.

Em relação aos teores de SS (°Brix), evidencia-se que este parâmetro reflete diretamente os níveis de açúcar presente no alimento. As soluções presentes no trabalho tiveram valor de °Brix ($33,26 \pm 0,09$) e ($32,12 \pm 0,00$), respectivamente, para misturas com maltodextrina A e B, maior do que o obtido por Dantas (2018), que encontrou $20,7 \pm 0,173$ °Brix para o suco de laranja com adição de 15 % (m/v) de maltodextrina. Sendo maior também que os valores de °Brix encontrado por Almeida, Silva e Ferreira (2021), sendo $25,266 \pm 0,152$ °Brix para suco de laranja com adição de 20 % (m/v) de maltodextrina. Oliveira et al. (2006), obtiveram 15,33 °Brix para a polpa de pitanga com 15 % (m/v) de maltodextrina. Pequenas diferenças encontradas entre os resultados podem ser justificadas pelas distintas condições climáticas, região de cultivo, variedades do fruto, estágio de maturação, e condições de processamento do suco (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001; CHITARRA e CHITARRA, 2006; PÉREZ-CONESA et al., 2009).

Na Tabela 1 os resultados do pH demonstram que não houve diferença significativa, variando de $3,20 \pm 0,00$ (MALTODEXTRINA B) a $3,28 \pm 0,00$ (MALTODEXTRINA A). Valores próximo aos valores encontrados na literatura. Segundo os autores Santos *et al.* (2014), foi observado para a polpa de goiaba integral o pH de 3,76. Cavalcante et al. (2017), utilizaram maltodextrina com dextrose equivalente (DE) 20 como coadjuvante de secagem na formulação da polpa de graviola para secagem e obtiveram valores de pH $3,50 \pm 0,03$. Sabe-se que baixos valores de pH proporcionam maior estabilidade, pois produto com tais valores de pH são considerados ácidos, dificultado o desenvolvimento e a proliferação de microrganismo (VILAR et al., 2020).

Para o processo de secagem por *spray dryer* o resultado de sólidos totais é definido pelas características da matéria seca. Este parâmetro é fundamental como análise de controle de processo, pois reflete diretamente na eficiência desta operação. Para secagem de suco de frutas, os sólidos são compostos pelos sólidos da própria fruta como minerais, vitaminas e fibras, além dos sólidos adicionados com a função de material de parede, como a maltodextrina, goma xantana e outros. Ainda na Tabela 1 estão apresentados os teores de sólidos totais das soluções de acerola, $31,17 \% \pm 0,12$ e $30,01 \% \pm 0,00$, onde apresentam ter resultados semelhantes ao encontrado por Tanaka (2007), que analisando uma solução composta por um material de parede, maltodextrina orgânica, oriunda da Corn Products e suco de acerola, encontrou valores de $31,2 \% \pm 0,30$. Já Oliveira et al. (2018), obteve resultados inferiores com $20,10 \% \pm 0,12$ no qual foi utilizado no bagaço da graviola com adição do material de parede um amido de milho quimicamente modificado.

A seguir, a Tabela 2 traz valores de acordo com a matéria seca, obtidos para importantes parâmetros físico-químicos dos pós de acerola resultantes da secagem do suco concentrado de acerola via *spray dryer* com o uso de maltodextrina A e B.

Tabela 2. Propriedades físico-químicas dos pós de acerola obtidos por meio de secagem via *spray dryer* com adição de materiais de parede, maltodextrina A e maltodextrina B

	MALTODEXTRINA A	MALTODEXTRINA B
Vitamina C (mg/100g)	17794 ± 87,47 ^a	17945 ± 124,96 ^a
Umidade (%)	3,25 ± 0,12 ^a	3,23 ± 0,25 ^a
Atividade água (aw)	0,20 ± 0,00 ^a	0,19 ± 0,01 ^a
Densidade (g/mL)	0,66 ± 0,02 ^a	0,61 ± 0,00 ^b

Valores da mesma linha acompanhado por letras minúsculas diferentes apresentam diferença significativa entre si ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2023).

Diferente do que foi observado na Tabela 1, os pós de acerola (produtos obtidos após secagem via *spray dryer*) não diferiram significativamente entre as amostras, com exceção do parâmetro densidade. Este resultado pode ser justificado pela diferença no aumento na DE, conseqüentemente leva a um aumento na densidade. Isto pode ser atribuído ao fato de que quanto maior o DE da maltodextrina, menor é a sua temperatura de transição vítrea (T_g) e, como consequência, menor é a elevação da T_g da solução, tornando assim pós com mais pegajosidade (Adhikari et al., 2004; Goula; Adamopoulos, 2008).

De acordo com os dados obtidos nesta pesquisa, o teor de vitamina C dos pós de acerola resultantes com o uso de Maltodextrina A (17794 ± 87,47 mg/100g) e B (17945 ± 124,96 mg/100g) não diferiu significativamente, caracterizando ambas maltodextrinas com semelhantes efeitos para secagem. Além disso, pode-se sugerir que os pós de acerola obtidos utilizando-se a maltodextrina B promoveu a conservação de 9% gerando resultados superiores após a secagem, quando comparado aos tratamentos utilizando maltodextrina A para vitamina C, apesar de apresentar menor concentração inicial deste parâmetro.

Os valores encontrados por Vieira (2019), são inferiores ao encontrado nessa pesquisa, em que os valores foram 4447,87 ± 245,64 mg de ácido ascórbico/100g, utilizando como material de parede a maltodextrina mor-rex 1910 10 DE, da *Corn Products*. Com o objetivo de determinar a melhor condição de atividade de água e tempo para o armazenamento de suco misto de umbu e acerola atomizado. Garcia et al. (2020), verificaram valores de 1593,2 ± 64 e 6690,4 ± 137 mg/100g de acerola e camu-camu em pó, produzido a partir da polpa, utilizando 5 e 15 % de maltodextrina 12 DE, respectivamente. Segundo estes autores perceberam, quanto maior a concentração de maltodextrina utilizada para a produção de pó,

melhor o favorecimento para proteção da vitamina C durante o processo de secagem. De acordo com Wang (2015), maltodextrina possui propriedades contra oxidação.

Quanto ao teor de umidade é de suma importância na utilização de análise de alimentos. Está associada diretamente à sua estabilidade, qualidade, composição e estocagem (AMORIM; CARLOS; THEBAS, 2016; SILVA JÚNIOR, 2017). Os pós de acerola apresentaram valores médios de $3,25 \pm 0,12$ % para maltodextrina A e $3,23 \pm 0,25$ % para maltodextrina B (Tabela 2), o que está de acordo com Shishir e Chen (2017), que diz que a baixa umidade dos pós atomizados reduz a aglomeração do pó durante o armazenamento. Os teores de umidade do pó fabricado pelo método *spray dryer*, normalmente são inferiores a 5%, o que permite que esses produtos sejam considerados seguros do ponto de vista microbiológico. Os valores de umidade encontrados não apresentaram diferença significativa por Vieira (2019), em que os valores foram $3,78 \pm 0,35$ %, no qual ele utilizou como material de parede a maltodextrina mor-rex 1910 10 DE, da *Corn Products*, com o objetivo de determinar a melhor condição de atividade de água e tempo para o armazenamento de suco misto de umbu e acerola atomizado. Almeida, Silva e Ferreira (2021), na caracterização físico-química de diferentes concentrações de maltodextrina e do uso de diferentes temperaturas do ar de entrada na obtenção do suco de laranja em pó através da secagem em *spray dryer*, citaram valores menores quando comparados aos do presente estudo, variando de $1,557 \pm 0,291$ a $2,477 \pm 0,524$ %.

Com relação ao teor da atividade de água os valores médios $0,20 \pm 0,00$ e $0,19 \pm 0,01$ respectivamente de acordo com a tabela acima, apresentou valor de atividade água menor do que o obtido por Ferrari et al. (2012), que obtiveram uma atividade de 0,283 para o suco de amora-preta em pó seco em *spray dryer* utilizando maltodextrina Maltogill 20 DE. E apresentou valor muito próximo ao obtido por Tonon (2009), que encontrou uma atividade de $0,18 \pm 0,002$, para o suco de açaí em pó seco em *spray dryer*, usando como material de parede fécula de mandioca. Segundo Barbosa (2012), essas faixas de atividade de água menores que 0,6 são ideais para serem considerados microbiologicamente estáveis e a ocorrência de deteriorações é induzida por reações químicas ao invés de microrganismos.

De acordo com Goula e Adamopoulos (2008), o aumento da DE leva a um aumento no teor de umidade do pó e atividade de água, no entanto quanto menor o teor de umidade e atividade de água, menos pegajoso é o pó. Isto pode ser devido ao fato de que as maltodextrinas com alto teor de DE como mostra na tabela acima na maltodextrina A (17,0-

19,9) desenvolvem viscosidade mais lentamente e atingem um estado de não adesão mais lentamente do que as maltodextrinas com baixo teor de DE como a maltodextrina B (5,0-9,0).

As densidades obtidas para a acerola em pó foram menores ($0,66 \pm 0,02$ e $0,61 \pm 0,00$, respectivamente para o uso de Maltodextrina A e B em relação ao encontrado por Oliveira et al. (2006), ($1,38 \text{g/cm}^3$) para o pó da pitanga formulada com 15 % de maltodextrina com processo de secagem por aspersão. Resultados inferiores foram encontrados por Francisoni et al. (2002), ao estudarem as propriedades físicas do suco de maracujá com adição de maltodextrina, desidratado em secador por aspersão, que variou de 0,38 a 0,57 g/cm³. Porém Domingues et al. (2002), encontraram resultados variados para o suco de abacaxi com adição de maltodextrina, também desidratado em secador por aspersão, que variou de 0,55 a 0,62 g/cm³. Cavalcante et al. (2017), em estudos com desidratação de polpa de graviola, justificando que as médias das densidades utilizando maltodextrina aumentam o teor de sólidos totais e reduzem o teor de umidade do material a ser desidratado, facilitando a obtenção de pós com menor teor de umidade que tendem a ser menos densos que pós com teor de umidade maior, uma vez que há menor presença de água em sua composição.

A seguir, na Tabela 3, serão apresentados os percentuais referentes ao rendimento e perda de vitamina C para as misturas de polpa de acerola com Maltodextrina A e B após secagem via *spray dryer*.

Tabela 3. Rendimento e perda de vitamina C após a secagem via *spray dryer* do suco de acerola com adição de materiais de parede, maltodextrina A e maltodextrina B

		MALTODEXTRINA A	MALTODEXTRINA B
Rendimento		29,34 ± 0,01 ^b	69,64 ± 0,11 ^a
Perda de vitamina C	%	17,20 ± 0,00 ^a	12,26 ± 0,01 ^b

Valores da mesma linha acompanhado por letras minúsculas diferentes apresentam diferença significativa entre si ($p \leq 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2023).

O rendimento no processamento das diferentes soluções da acerola em pó, obtido em *spray dryer* foi de 29,34 e 69,64 %, respectivamente para os tratamentos utilizando Maltodextrina A e B. Almeida (2017), encontrou resultados próximos aos da maltodextrina B que variou de 59,51 a 64,15 % para a secagem do suco de laranja em *spray dryer* com adição de maltodextrina. Já Andrade et al. (2022), verificou a variação de 23,37 a 62,83 % para a secagem do suco de jabuticaba em *spray dryer* com adição de maltodextrina.

É possível observar que a secagem que gerou o melhor rendimento foi a maltodextrina B, com DE 5,0-9,0. Segundo Tonton (2009), quanto menor a DE da maltodextrina, mais

próximas serão as propriedades dela em relação ao amido, com menor solubilidade, menor quantidade de açúcar e maior temperatura de transição vítrea (Tg), diminuindo a probabilidade de aglomeração do pó obtido, gerando maiores rendimentos. A Tg consiste em uma mudança do sistema do estado amorfo (estado vítreo) para o estado gomoso. O estado gomoso caracteriza-se por uma solução de baixa viscosidade resultando em mudanças estruturais como o fenômeno de aglomeração, adesão a câmara durante o processamento e, com o tempo, podendo alcançar o empedramento (LEITE; MURR; PARK, 2005). Em geral, a temperatura de transição vítrea dos alimentos ricos em açúcar é tão baixa, que a secagem destes produtos puros não é viável economicamente. Dessa maneira, é necessária a utilização de um material de parede com alto peso molecular e alta temperatura de transição vítrea ao produto a ser atomizado (TONON, 2009).

Em relação a perda de vitamina C, existe uma vasta literatura que comenta a respeito da oxidação química do ácido ascórbico. Temperaturas muito elevadas por exemplo, podem ocasionar uma perda mais acentuada de vitamina C, pois o ácido ascórbico se trata de um composto termolábil e muito sensível (PATIL; RAGHAVARAO, 2007; KECHINSKI *et al.*, 2010; RASTOGI, 2016).

Além disso, matérias de parede com menor DE, podem também proteger de substâncias sensíveis a altas temperaturas e proteger os compostos bioativos (como a vitamina c) das frutas da oxidação. Esses materiais de parede se comportam como uma cápsula protetora, isolando o pó, a fim de estabilizar e proteger de agentes externos, como o oxigênio, a luz e entre outros fatores (SANTANA *et al.*, 2016). Em relação a isso, temos como resultado de menor percentual de perda da vitamiana C, a maltodextrina B, com apenas 12, 26 % de perda.

Os valores encontrados por Tanaka (2007), em estudo realizado no suco de acerola atomizado com adição da maltodextrina após 90 dias mostraram que a perda de ácido ascórbico foi de 5,61%, comparando com análise feita com o produto liofilizado sem adição do material de parede que foi de 22,52%. Isso só enfatiza que a ausência de um material de parede promovendo proteção ao material pode levar à diminuição da estabilidade do produto final e, portanto, a perdas bem maiores de ácido ascórbico.

No entanto, vimos que essas duas variáveis podem ser inversamente proporcionais, ou seja, à medida que esses aditivos ou também chamados de material de parede possuem propriedades que protegem a vitamian C do material durante a secagem acarretando em menor perda de viatamina C, o mesmo pode também favorecer para maior rendimento do produto desidratado.

6 CONCLUSÃO

Após a realização do presente estudo, concluiu-se que foi possível há viabilidade para secagem em *spray dryer* do suco de acerola com o uso de diferentes maltodextrinas como material de parede, no qual apresentaram resultados bastante satisfatórios.

O uso da maltodextrina com uma dextrose equivalente (DE) menor, revelou rendimentos elevados em torno de 69 % para a Maltodextrina B. Apesar das perdas existentes no processo de *spray dryer* os produtos apresentaram alto teor de vitamina C, visto que as propriedades do suco *in natura* em relação a vitamina C foram conservadas em sua grande maioria, porém, a acerola em pó que teve menor retenção de vitamina C foi a obtida com uso da maltodextrina B (12,26 %). Propriedades relacionadas com a conservação do produto (umidade, atividade de água e densidade) apresentaram baixos valores, evidenciando que este é um produto com elevada estabilidade durante o armazenamento, ou seja, melhor será considerado um produto em pó.

Maltodextrinas com diferentes DE refletem em resultados opostos, assim, quanto mais baixo o valor da DE, mais eficiente é para a secagem via *spray dryer* de suco de acerola. Portanto, a Maltodextrina B, com DE 5,0 - 9,0 apresentou melhores resultados comparados com a Maltodextrina A, com DE 17,0 – 19,9.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADHIKARI, B., et al. Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying: experiments and modelling. **Journal of Food Engineering**, v. 62, p. 53–68, 2004.

AGUIAR, I. B. et al. Physicochemical and sensory properties of apple juice concentrated by reverse osmosis and osmotic evaporation. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 16, p. 137-142, 2012.

ALEXE, P.; DIMA, C. Microencapsulation in food products. **AgroLife Scientific Journal**, v. 3, n. 1, p. 9-14, 2014.

ALMEIDA, T. C. **Obtenção e caracterização do suco em pó da laranja (citrus sinensis) obtido por spray dryer**. Trabalho final de curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – PB, 2017.

ALMEIDA, T. C.; SILVA, V. A.; FERREIRA, H. S. Efeito do agente carreador na obtenção e caracterização do suco da laranja (citrus sinensis) por atomização. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, 2021.

ALVES, A. I. **Obtenção de Extrato de Carotenoides de Polpa de Pequi (Caryocar brasiliense Camb.) Encapsulado pelo Método de Secagem por Atomização**. 2014. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

AMORIM, L. C.; CARLOS, M. C.; THEBAS, A. M. M. Prática medindo o teor de umidade de alimentos. **Revista Univap**, v. 22, p. 635, 2016.

ANDRADE, G. B. de et al. **Uso de diferentes metodologias na secagem da jabuticaba e seus impactos nos compostos bioativos**. 2022.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. **Aprova o Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada de Proteína, Vitaminas e Minerais**. ANVISA, 2005.

AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2012. Disponível em: <http://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00052480.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2022.

BAIERLE, M., et al. Quantificação sérica de vitamina C por CLAE-UV e estudo de estabilidade. **Química nova**, v. 35, n. 2, p. 403-407, 2012.

BAO, T., et al. Systematic study on phytochemicals and antioxidant activity of some new and common mulberry cultivars in China. **Journal of Functional Foods**, v.25, p. 537 -547, 2016.

BARBOSA, S. J. **Qualidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying***. 2010. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal no semiárido) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba-MG, 2010.

BELWAL, T., et al. Phytopharmacology of Acerola (*Malpighia* spp.) and its potential as functional food. **Trends in Food Science & Technology**. v. 74, p. 99-106, 2018.

BORGES, A. L. et al. **Boas práticas agrícolas para produção orgânica de acerola**. Cruz das Almas: Ana Lúcia Borges, 2022.

BRASIL, A. Avaliação da qualidade físicoquímica de polpas de fruta congeladas comercializadas na cidade de Cuiabá-MT. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, 38(1), 167-175, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Lei nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. **Diário Oficial da União**, 2009.

BRASIL. **Ministério da Agricultura**. Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003.

CAVALCANTE, C. E. B. et al. Evaluation of the drying parameters of soursop pulp powder obtained by drying in a spray dryer. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças: glossário**. 1. 1. ed. 2006. 256p.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 4. ed. São Paulo: Manole, 2012.

DALA-PAULA, B. M., et al. Domestic processing and storage on the physical-chemical characteristics of acerola juice (*Malpighia glabra* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, p. 1-8, 2019.

DANIELI, F., et al. Determinação de vitamina C em amostras de suco de laranja in natura e amostras comerciais de suco de laranja pasteurizado e envasado em embalagem Tetra Pak. **Revista do Instituto de Ciências da Saúde**, v. 27, n. 4, p. 361-365, 2009.

DANTAS, P. V. S. **Influência do congelamento do suco e do fruto da laranja (*Citrus sinensis*) nas propriedades físico-química dos pós de suco obtidos por *spray dryer***. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação de Engenharia Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

DOMINGUES, A. et al. Caracterização das propriedades físicas do suco de abacaxi (*Ananás comosus*) em pó desidratado por spray dryer otimizado através de análise de suporte de superfície de resposta. In: **Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Porto Alegre: CBCTA, 2002. p. 1717-1720.

EMBRAPA. **A cultura da acerola**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2012. 144 p.

EMBRAPA. **Boas práticas agrícolas para produção orgânica de acerola**. Cruz das Almas, 2022.

FABRÍCIO, D. S. **Determinação de vitamina C em suco de frutas in natura e industrializados por cromatografia líquida e titulação iodométrica**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Licenciatura em Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018.

FAZAELI, M. et al. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. **Food and Bioproducts Processing**, v. 9, p. 667-675, 2012.

FERRARI C. C., RIBEIRO C. P., AGUIRRE J. M. Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.15, n.2, 2012.

FRANCISONI, A. D., et al. Influência da concentração de maltodextrina e velocidade de atomização sobre as propriedades físicas do suco de maracujá desidratado. In: **Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 2002.

FREITAS, C. A. S. *et al.* Acerola: Produção, Composição, Aspectos Nutricionais e Produtos. **R. Bras. Agrociência, Pelotas**, v. 12, n. 4, p.395-400, 2006.

GARCIA, V. A. S., et al. Estabilidade da vitamina C em pós de acerola e camu-camu obtidos por spray drying. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, 2020.

GHARSALLAOUI, A. et al. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, v. 40, n. 9, p. 1107–1121, 2007.

GOIANA, M. L.; FERNANDES, M. F. L.; COLARES, A. P. Determinação de ácido ascórbico em néctares de frutas por iodometria. In: **Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 25., 2016, Gramado. Anais. Gramado: XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2018, p. 1-5.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, p. 342-351, 2010.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: I. Drying kinetics and product recovery. **Drying Technology**, v. 26, p. 714–725, 2008.

GRZYBOWSKI, A.; PIETRZAK, K. Albert Szent-Györgyi, (1893-1986): the scientist who discovered vitamin C. **Clinics in dermatology**, Elsevier, v. 31, n. 3,

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**/coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea - São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008

JESES, N. K. V., et al. Determinação do teor de ácido ascórbico em polpas de frutas comercializadas em vitória da conquista utilizando a iodometria. In: **Semana de agronomia da UESB (SEAGRUS)**, 9., 2020, Vitoria da Conquista. Anais. Vitoria da Conquista, 2020, p. 1-5.

KARAM, M. C., et al. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review. **Journal of Food Engineering**, v. 188, p. 32-49, 2016.

KECHINSKI, C. P., et al. Degradation kinetics of anthocyanin in blueberry juice during thermal treatment. **Journal of food science**, v. 75, n. 2, p. C173-C176, 2010.

KESHANI, S. et al. Spray drying: An overview on wall deposition, process and modeling. **Journal of Food Engineering**. v. 146, p. 152-162, 2015.

LEITE, J. T. C.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Transições de fases em alimentos: influência no processamento e na armazenagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 7, p. 83–96, 2005.

LOPES, F. J. **Estudo do fenômeno de encolhimento na secagem convectiva de abacaxi com aplicação de micro-ondas**. 2013. Dissertação (Mestre em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, campos dos goytacazes, 2013.

MACHADO, I. P., et al. Secagem em leito de jorro da mistura de graviola e leite: avaliação dos efeitos das variáveis de operação sobre parâmetros de produção, taxa de secagem e eficiência térmica. In: **XXXVII Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados**. 22., 2015, São Paulo. Anais. São Paulo: Blücher, 2015. p. 1-10.

NÓBREGA, E. M. M. A. **Secagem do resíduo de acerola (Malpighia emarginata DC): estudo do processo e avaliação do impacto sobre o produto final**. 2012. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15827/1/ErlyMMAN DISSERT.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2022.

OLIVEIRA F. M. N., et al. Análise comparativa de polpas de pitanga integral, formulada e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.8, p.25-33, 2006.

OLIVEIRA, B. L. C., et al. Microencapsulamento de compostos bioativos extraídos do resíduo do processamento da graviola (*Annona muricata* L.). In: **9th International Symposium on Technological Innovation**. 2018. p. 327–331, 2013.

PATIL, G.; RAGHAVARAO, K. S. M. S. Integrated membrane process for the concentration of anthocyanin. **Journal of food engineering**, v. 78, n. 4, p. 1233-1239, 2007.

PÉREZ-CONESA, D., et al. Changes in bioactive compounds and antioxidant activity during homogenization and thermal processing of tomato puree. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 10, n. 2, p. 179-188, 2009.

- PINHEIRO, E. M., et al. Arbuscular mycorrhizal fungi in seedling formation of Barbados cherry (*Malpighia emarginata* D.C.). **Rev. Caatinga**, v. 32(2), p. 370-380, 2019.
- RASTOGI, N. K. Opportunities and challenges in application of forward osmosis in food processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 56, n. 2, p. 266-291, 2016.
- RÉ, M. I. Formulating drug delivery systems by spray drying. **Drying Technology**, v. 24, n. 4, p. 433 - 446, 2006.
- REIS, D. S., et al. Production and storage stability of acerola flour dehydrated at different temperatures. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. 1-7, 2017.
- REZENDE, Y. R. R. S., et al. Microencapsulation of extracts of bioactive compounds obtained from acerola (*Malpighia emarginata*DC) pulp and residue by spray and freeze drying: Chemical, morphological and chemometric characterization. **Food Chemistry**, v. 254, p. 281-291, 2018.
- RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. **Acerola: Informe Agropecuário**. 2011.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A Guide to Carotenoid Analysis in Food**. Washington: ILSI Press, 2001, 64p.
- ROSA, J., et al. Desenvolvimento de um método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 837-846, 2007.
- RUFINI, J. C. M., et al. O cultivo da acerola. **Boletim de extensão**, Sete Lagoas, 2015. Disponível em: https://issuu.com/petagonomiaufsj/docs/boletim_volume_ufsj_1. Acesso em: 11 jul. 2022.
- SANTANA, A. A., et al. Influence of different combinations of wall materials on the microencapsulation of jussara pulp (*Euterpe edulis*) by spray drying. **Food chemistry**, v. 212, p. 1-9, 2016.
- SANTOS, A. A. C., et al. Avaliação físico-química e comportamento higroscópico de goiaba em pó obtida por spray-dryer. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 3, p. 508-514.
- SANTOS, D. et al. **Biomaterials - Physics and Chemistry - New Edition**. 2nd Italy: intechopen. 2017.
- SANTOS, R. C. S. **Microencapsulação de Lactobacillus casei por spray drying**. 2013. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Industrial) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.
- SEBRAE. **O cultivo e o mercado da acerola**. 27 nov. 2016. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-da-acerola,db7b9e665b182410VgnVCM100000b272010aRCRD>>. Acesso em: 21 jul. 2022.
- SHISHIR, M. R. I.; CHEN, W. Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. **Trends in Food Science & Technology**, v. 65, p. 49-67, 2017.

SILVA, J. M. E. Polpa mista de acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) e ceriguela (*Spondias purpurea* L.) obtida por diferentes métodos de secagem, 2018. 168f. **Dissertação** – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, 2018.

SILVA, M. V.; JUNIOR, B. D.; VISENTAINER, J. V. Produção e caracterização de maltodextrinas e sua aplicação na microencapsulação de compostos alimentícios por spray drying. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 16, n. 1, 2014.

SILVA, P. T. D. Microencapsulation: concepts, mechanisms, methods and some applications in food technology. **Ciência Rural**, v. 44, p.1304-1311, 2014.

SOUZA, F. F. et al. Principais variedades de aceroleiras cultivadas no Submédio do Vale do São Francisco. **Embrapa Semiárido-Documentos (INFOTECA-E)**, 2013.

TANAKA, D. L. **Influência da desidratação por spray drying sobre o teor de ácido ascórbico no suco de acerola (malpighia spp)**. 2007. Dissertação (Mestrado em alimentos e Nutrição) - Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2007.

TEODORO, R. A. R. **Microencapsulação do óleo essencial de cravo-da-índia por secagem por atomização**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: Influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influence of drying air temperature and carrier agent concentration on the physicochemical properties of açaí juice powder. **Food science and technology**, v. 2, n. 29, p. 444-450, 2009.

TRIBOLI, E. P. **Estudo e otimização de processo de secagem de iogurte por atomização com secador em escala piloto**. 2014. Tese (doutorado em ciências) - Escola politécnica da universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

VALENTE, A. et al. Ascorbic acid content in exotic fruits: A contribution to produce quality data for food composition databases. **Food Research international**, v. 44, n. 7. p. 2237 – 2242, 2011.

VARNER, A. S. **Modeling and optimization of the dehydration of beets for use as a value-added food ingredient**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências) – University of Maryland, Athens, Georgia, 2002.

VIEIRA, T. R. R. **Determinação da melhor condição de armazenamento de suco misto de umbu e acerola atomizado**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.

VILAR, S. B. O. **Isoterma de Sorção de uva cv. arra 15 desidratada e armazenada em diferentes embalagens**. Congresso internacional da Agroindústria, 2020.

VLADIC, J. et al. Recycling of filter tea industry by-products: Production of *A. millefolium* powder using spray drying technique. **Industrial Crops and Products**, v. 80, p. 197-206, 2016.

WANG, S.; LANGRISH, T. A review of process simulations and the use of additives in spray drying. **Food Research International**, v 42, p 13-25, 2009.

WANG, X.; YUAN, Y.; YUE, T. The application of starch-based ingredients in flavor encapsulation. **Starch-Stärke**, v. 67, n. 3-4, p. 225-236, 2015.

YAMASAKI, F. Y. **Aplicação da tecnologia de spray-drying em encapsulação de aromas na indústria de alimentos**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Farmácia) – Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas da Universidade Federal de São Paulo, Diadema, 2020.