

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA – EST
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

PÂMELA OLIVEIRA COSTA DA SILVA

**ANÁLISE DO TEOR DE ÁCIDO ASCÓRBICO PRESENTE NA
POLPA DE ACEROLA (*Malpighia Emarginata*) EM PÓ OBTIDA
ATRAVÉS DO MÉTODO DE ASPERSÃO (SPRAY DRYER)**

MANAUS

2023

PÂMELA OLIVEIRA COSTA DA SILVA

**ANÁLISE DO TEOR DE ÁCIDO ASCÓRBICO PRESENTE NA
POLPA DE ACEROLA (*Malpighia Emarginata*) EM PÓ OBTIDA
ATRAVÉS DO MÉTODO DE ASPERSÃO (SPRAY DRYER)**

**Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Engenharia Química
da Escola Superior de Tecnologia da
Universidade do Estado do Amazonas,
para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Química.**

Orientador: Prof. Dr. Jefferson Luiz Grangeiro da Silva

MANAUS

2023

PÂMELA OLIVEIRA COSTA DA SILVA

**ANÁLISE DO TEOR DE ÁCIDO ASCÓRBICO PRESENTE NA
POLPA DE ACEROLA (*Malpighia Emarginata*) EM PÓ OBTIDA
ATRAVÉS DO MÉTODO DE ASPERSÃO (SPRAY DRYER)**

**Monografia de Conclusão de Curso para obtenção do título de Engenheiro,
Habilitação em Engenharia Química – Escola Superior de Tecnologia,
Universidade do Estado do Amazonas**

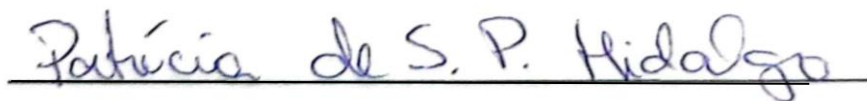
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Jefferson Luiz Grangeiro da Silva – Orientador



Prof. Dr. Nazareno de Pina Braga – UFAM



Profa. Dra. Patrícia de Souza Pinto Hidalgo – UEA

Conceito: Aprovado.

Manaus, 20 de março de 2023

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família. Em especial ao meu esposo, Thiago Freitas da Silva, por ter me apoiado durante todo meu trajeto acadêmico, sendo meu suporte e companheiro fiel.

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por ter me guiado com vida, saúde e paz até aqui. Por ser meu socorro bem presente e minha âncora.

Aos meus familiares, meus pais (Paulo e Cleide Costa), irmãos e irmãs, sobrinhos, que trazem cada dia mais alegria para a nossa família. Só tenho a agradecer pois todos fizeram parte dessa jornada.

Gratidão aos meus companheiros de graduação, em especial a Maria Eduarda, Gabriel Oliveira e Maressa Pinho, por estarem comigo em muitas noites de estudo, desespero, seminários e apresentações. Vocês fizeram parte dessa jornada e sem vocês eu não teria conseguido.

Também ao meu orientador, professor Dr. Jefferson Grangeiro, pelas instruções e orientações quanto aos processos e desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso.

Em especial, ao professor Dr. Sergio Duvoisin Junior e toda sua equipe da Central de Análises Químicas do grupo de pesquisa de Química Aplicada a Tecnologia UEA/EST, por me ajudar na realização dos experimentos e análises de cromatografia e instruir na construção da metodologia analítica.

Também ao querido Ronildo, aluno de Paic do Hub Tecnologia/UEA, por ter aberto o laboratório Ilum por vários sábados para ser possível a realização das secagens. E ao Carlos Henrique, técnico do Hub, por auxiliar com o Spray Dryer no início do uso.

RESUMO

A acerola é uma fruta bastante perecível. Estudos de métodos de conservação e aproveitamento dos nutrientes presentes são necessários para garantir um maior tempo de prateleira com a menor alteração das características naturais dos alimentos, sejam elas microbianas, enzimáticas, físicas ou químicas. Diante dessa problemática, busca-se conservar e aproveitar melhor a polpa de acerola através da secagem por atomização. Porém, como a acerola é uma fruta rica em ácido ascórbico é necessário analisar a influência desse processo de desidratação no teor de vitamina C. Assim, o presente trabalho avaliou o efeito da secagem por spray dryer no teor de ácido ascórbico a partir do suco de acerola, utilizando a maltodextrina como polímero encapsulante, avaliando a influência dos parâmetros de secagem spray dryer (temperatura de secagem, fluxo de ar, vazão de alimentação e taxa de aspiração) sobre o teor de Ácido Ascórbico no pó da acerola. Para a secagem foi utilizado um spray dryer de escala laboratorial, modelo Mini Spray Dryer, e as análises e quantificações de ácido ascórbico (AA) foram feitas utilizando um cromatógrafo em fase líquida acoplado a espectrofotômetro na faixa do ultravioleta tipo DAD. Foi analisado o teor de AA antes e depois da secagem. Ao todo foram feitas 10 secagens. 5 ensaios foram realizados variando a temperatura de 150 a 170 °C, a cada 5 °C, com os demais parâmetros fixos. A melhor temperatura com maior teor de AA foi a faixa de 155 °C, onde foi fixada e realizada os outros 5 ensaios, variando os demais parâmetros como vazão do ar de entrada, vazão de alimentação e fluxo de ar. As condições de secagem tidas como ótimas foram: vazão de alimentação de 0,8 L/h, fluxo de ar de 30 L/min e vazão do ar de entrada de 1,5 m³/min. A perda de vitamina C foi na faixa de 86% ao passar pelo spray dryer. Conclui-se que houve uma perda significativa de AA mesmo com o uso de maltodextrina como agente carreador.

Palavras-chave: Antioxidantes, cromatografia, secagem, CLAE

ABSTRACT

Acerola is a very perishable fruit. Studies on methods of conservation and use of the nutrients present are necessary to guarantee a longer shelf life with the least alteration of the natural characteristics of foods, whether microbial, enzymatic, physical or chemical. Faced with this problem, efforts are being made to conserve and make better use of acerola pulp through spray drying. However, as acerola is a fruit rich in ascorbic acid, it is necessary to analyze the influence of this dehydration process on the vitamin C content. acerola, using maltodextrin as encapsulating polymer, evaluating the influence of the spray dryer drying parameters (drying temperature, air flow, feed flow and aspiration rate) on the Ascorbic Acid content in the acerola powder. For drying, a laboratory-scale spray dryer, model Mini Spray Dryer, was used, and the analyzes and quantifications of ascorbic acid (AA) were performed using a liquid phase chromatograph coupled to a DAD-type ultraviolet spectrophotometer. The AA content was analyzed before and after drying. A total of 10 drying was performed. 5 tests were carried out varying the temperature from 150 to 170 °C, every 5 °C, with the other parameters fixed. The best temperature with the highest AA content was the range of 155 °C, where the other 5 tests were set and performed, varying other parameters such as inlet air flow, feed flow and air flow. The drying conditions considered optimal were feed flow of 0.8 L/h, air flow of 30 L/min and inlet air flow of 1.5 m³/min. The loss of vitamin C was in the range of 86% when passing through the spray dryer. It is concluded that there was a significant loss of AA even with the use of maltodextrin as a carrier agent.

Keywords: Antioxidants, chromatography, drying, HPLC

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Acerola em diferentes estágios de maturação	17
Figura 2 – Estrutura interna da acerola.....	17
Figura 3 – Estruturas do L-ácido ascórbico e L-deidroascórbico.....	22
Figura 4 – Estrutura química do ácido ascórbico (vitamina C).....	23
Figura 5 – Esquema do funcionamento do spray dryer	28
Figura 6 – Esquema das etapas do spray dryer.....	29
Figura 7 - Acerolas in natura colhidas em todos os estágios de maturação	33
Figura 8 - HPLC acoplado a detector UV-Vis	34
Figura 9 - Soluções para construção da curva analítica.....	35
Figura 10 - Frascos para curva analítica (10, 7, 5, 3 e 1 mg/mL).....	36
Figura 11 - Filtragem realizada para inserção das amostras no cromatógrafo	36
Figura 12 - Frasco para cromatografia do suco	37
Figura 13 - Preparo das soluções referente às secagens em diferentes temperaturas.....	37
Figura 14 - Frascos referente às secagens em diferentes temperaturas	38
Figura 15 - Preparo das soluções referente às secagens com temperatura fixa	38
Figura 16 - Frascos referente às secagens com temperatura fixa e variação dos demais parâmetros	39
Figura 17 - Spray dryer utilizado nos ensaios de secagem.....	40
Figura 18 - Amostra de pó obtida a partir da secagem do suco de acerola por Spray Dryer.....	42
Figura 19 - Amostras de pós obtidas através da secagem por Spray Dryer embaladas com papel alumínio de modo a diminuir a oxidação da Vitamina C	42
Figura 20 – Curva de absorvância para curva analítica nas diferentes concentrações ...	43
Figura 21 - Curva analítica do Ácido Ascórbico	45

Figura 22 – Curva de absorbância para o suco da acerola.....	46
Figura 23 – Curva de absorbância a temperatura de 155 °C	48
Figura 24 - Curva de Absorbância para o parâmetro 4.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Teor de ácido ascórbico em frutas diversas.....	20
Tabela 2 – Teor de vitamina A e vitaminas do complexo B na acerola	21
Tabela 3 - Variações de parâmetros para secagem no Spray Dryer	41
Tabela 4 - Dados de área de absorbância e concentração de Ácido Ascórbico para construção da curva analítica.....	44
Tabela 5 - Áreas de absorbância para a amostra antes da secagem.....	46
Tabela 6 - Áreas de absorbância para cada temperatura de secagem a 254 nm	47
Tabela 7 - Efeito da temperatura de secagem sobre o teor de ácido ascórbico no pó de acerola obtido por atomização <i>spray dryer</i>	48
Tabela 8 - Áreas de absorbância para cada variação no parâmetro de secagem	49
Tabela 9 - Valores médios a 155 °C para os teores de vitamina C, tempo de secagem e rendimento do pó em função das diferentes variáveis operacionais utilizadas na secagem spray dryer do suco de acerola	50

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

°Brix	Quantidade de Sólidos Solúveis
°C	Grau Celsius
µm	Micrômetro
µg	Microgramas
µL	Microlitros
CLAE	Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC)
EST	Escola Superior de Tecnologia
g	Gramas
H ₃ PO ₄	Ácido Fosfórico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
mL	Mililitro
mg/mL	Concentração Miligramas/Mililitro
mL/min ⁻¹	Vazão Mililitro/Minuto
m/v	Proporção Massa/Volume
pH	Potencial Hidrogeniônico
uA	Unidade de medida de área
UEA	Universidade do Estado do Amazonas
UV/vis	Ultravioleta/visível
v/v	Proporção Volume/Volume
XVIII	Dezoito (Número romano)

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO	6
ABSTRACT	7
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 A ACEROLA	16
2.1.1 Origem, Denominação e Características	16
2.1.2 Produção e Comercialização.....	18
2.1.3 Aspectos nutricionais.....	20
2.2 VITAMINA C	21
2.2.1 Descoberta, Propriedades e Funções da vitamina C	21
2.2.2 Análises dos fatores de influência no teor de vitamina C da acerola	23
2.2.3 Métodos de determinação da vitamina C	24
2.3 SECAGEM.....	26
2.3.1 Secagem por atomização ou aspensão (spray dryer)	27
3 MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1 OBTENÇÃO DA AMOSTRA E PREPARO.....	33
3.2 ANÁLISE DO TEOR DE ÁCIDO ASCÓRBICO.....	34
3.2.1 Soluções para curva analítica	35
3.2.2 Análise de ácido ascórbico antes da secagem.....	36
3.2.3 Análise de ácido ascórbico após a secagem	37
3.3 O PROCESSO DA SECAGEM.....	39
3.3.1 Influência da temperatura	40

3.3.2	Após encontrar a temperatura ótima de secagem	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1	Construção da curva analítica padrão do Ácido Ascórbico	43
4.2	Teor de Ácido Ascórbico antes da secagem.....	45
4.3	Determinação da temperatura de secagem	46
4.4	Análise da influência dos parâmetros de secagem <i>spray dryer</i>	49
5	CONCLUSÕES.....	53
6	PERSPECTIVAS	54
	REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores exportadores de acerola no mundo, além de grande produtor da fruta. Estima-se que em 2017 a área de colheita da acerola foi de 5.753 hectares, o que equivale a 6.646 propriedades rurais acima de 50 pés de plantação. Segundo o censo agropecuário, a quantidade produzida nesse mesmo ano foi de 60.966 toneladas para um valor de produção de 91.627 mil reais. (IBGE, 2017)

O grande aumento de produção, para suprir o consumo cada vez mais em ascensão da acerola, tem sido relacionado principalmente à rica quantidade de vitamina C presente na fruta e à busca por um estilo de vida saudável das pessoas, com o interesse pelo consumo de mais nutrientes advindos de alimentos naturais. (MORAES, 2016)

Como a acerola é bastante perecível, buscam-se métodos de conservação que garantam o maior prazo de validade com a menor alteração das características naturais dos alimentos, sejam elas microbianas, enzimáticas, físicas ou químicas. (LOPES, 2007)

Dentre os métodos empregados, tem-se o uso de mecanismos mais eficazes, o principal é a conservação através da desidratação ou secagem. É um método antigo de conservação de alimentos, pois a água presente nos alimentos é um dos fatores principais para degradação, visto que aumenta a possibilidade de proliferação de microrganismos e é um meio propício para fungos e bactérias se desenvolverem. Ao se retirar a água, aumenta-se o tempo de conservação. (SILVA; CARDOSO; SANTANA, 2015; OLIVEIRA; FIGUEIREDO; QUEIROZ, 2006)

Destaca-se dentre os meios de secagem, o processo por atomização ou spray dryer. É um método utilizado para obtenção de alimentos em pó, proporcionando maior longevidade e armazenamento aos alimentos, além de maior estabilidade. (SANTOS et al., 2014)

No spray dryer ocorre a pulverização de uma suspensão ou solução líquida, em forma de gotículas ou névoa, em uma câmara onde passa uma corrente de gás aquecido para se obter o pó seco do produto de interesse. O processo de secagem pode ocorrer com fluxo concorrente, contracorrente dependendo da posição do bico atomizador em relação ao fluxo de ar. (FARIAS, V. L. 2009)

Para o uso de frutas no spray dryer, constata-se um impasse. A concentração de açúcar nas frutas é alta, o que acaba resultando em um pó com baixa temperatura de transição vítrea.

Além disso, possui uma grande tendência na absorção de água e alta pegajosidade, o que acarreta problemas, tais como: produto aderido à parede do secador, aglomeração e dificuldades em manusear o processo (OLIVEIRA et al., 2013). Para sanar esse impasse, antes da atomização, utilizam-se agentes carreadores com alto peso molecular (polímeros e gomas), a fim de ajudar na secagem, no transporte e no armazenamento. Os mais comuns são os amidos, gomas, lipídeos e proteínas. Para frutas, utilizam-se, principalmente a maltodextrina e a goma arábica, sendo aquela mais usada por possuir baixa propensão à absorção de água, alta solubilidade quando em contato com água fria e custo minimizado. (TONON, 2009; FERRARI; RIBEIRO; AGUIRRE, 2012)

Com base nestas considerações, o presente trabalho tem como problema científico a perecibilidade da acerola e por esse motivo o não aproveitamento dos nutrientes presentes, com a alta perda de produto durante o processo produtivo. Logo, como hipótese ao problema proposto, busca-se conservar e aproveitar melhor a polpa de acerola através da secagem por atomização. Porém, como a acerola é uma fruta rica em ácido ascórbico, é necessário analisar a influência desse processo de desidratação no teor de vitamina C.

Assim, o presente trabalho visa avaliar o efeito da secagem por spray dryer no teor de ácido ascórbico a partir do suco de acerola *in natura*, usando maltodextrina como polímero encapsulante, e os objetivos específicos são:

- Avaliar a influência dos parâmetros de secagem em spray dryer (temperatura de secagem, fluxo de ar, vazão de alimentação e taxa de aspiração) sobre o teor de Ácido Ascórbico no pó da acerola;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A ACEROLA

2.1.1 Origem, Denominação e Características

A árvore da acerola possui um único tronco, com diversas ramificações e ramos lenhosos, com curvaturas para baixo e copas diversas, por conta da variabilidade genética. O sistema radicular dessas plantas é pivotante, ou seja, possui uma raiz principal que penetra o solo e a partir dela se forma ramificações e raízes laterais, onde podem alcançar 1 metro de profundidade. A planta precisa estar exposta a luz solar pois é sob a incidência deste que a produção de vitamina C ocorre, por meio da fotossíntese. A radiação do sol influencia diretamente na qualidade da fruta. (DINIZ, 2020)

Por nome científico *Malpighia emarginata*, também chamada de cereja das Antilhas, a acerola é uma fruta da família *Malpighaceae*, onde sua origem não é concreta, com possibilidade de surgimento no sul do México, norte da América do Sul e América Central, porém, sabe-se que os índios já consumiam o fruto. No Brasil, foi originada no estado de Pernambuco, na década de 50, através da professora Maria Celene Cardoso de Almeida, onde ela trouxe as sementes de Porto Rico e começou a estudar o fruto na Universidade Federal Rural. (RITZINGER; RITZINGER, 2004; SOUZA, 2011; SHINOHARA et al., 2019)

É uma fruta com bastante polpa, apesar de pequena; é do tipo drupa, ou seja, contém apenas uma semente; possui formato ovóide. Seu diâmetro tem em média de 1 a 3 centímetros e pesa entre 3 e 16 gramas, com aspectos sensoriais variáveis, desde azedos, ácidos a adocicados. Sua árvore alcança até 3 metros de altura, porém isso depende da região, do cultivo e das condições do ambiente em que está exposta, como umidade, temperatura, exposição ao sol e composição do solo. A coloração da acerola varia de acordo com o ciclo de amadurecimento, indo do verde ao vermelho, passando também pelos tons amarelos, como se pode perceber na Figura 1. (FREITAS et al., 2014; MOHAMMED, 2011)

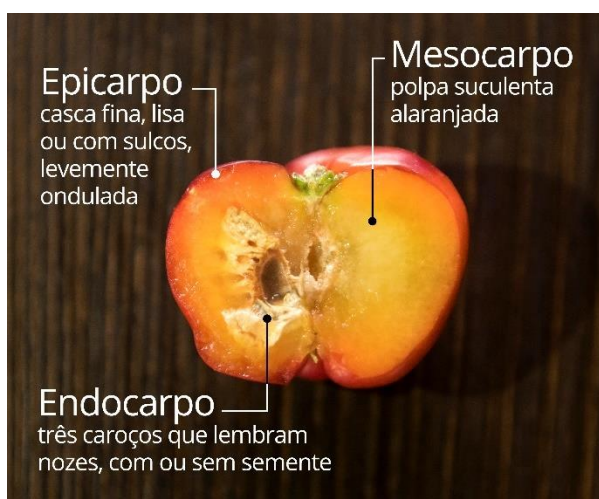
Figura 1 – Acerola em diferentes estágios de maturação



Fonte: A Lavoura (2016)

Estruturalmente, o fruto da acerola possui três camadas: o epicarpo, camada externa, formada por uma fina película para revestimento, o mesocarpo, representado pela polpa, sendo 70 a 80% do peso da fruta e o endocarpo, que é a semente, composta pela união de três caroços com aspecto de um só (Figura 2). (ALMEIDA et al., 2020)

Figura 2 – Estrutura interna da acerola



Fonte: ACEROLA (2022)

A acerola é climatérica. Essa característica proporciona à acerola a possibilidade de ser colhida antes do amadurecimento, completando seu ciclo fora da planta, pois há um aumento na produção de etileno ao final do crescimento do fruto. Porém, por ser climatérica, se deteriora facilmente. (SILVA et al., 2010)

Durante seu ciclo, passa por várias etapas, como: maturação, amadurecimento e senescência, que é o envelhecimento, onde ocorre a degradação da clorofila, surgimento de carotenoides, diminuição da acidez e da vitamina C. (SILVA et al., 2010)

O crescimento do cultivo da aceroleira tomou grandes proporções em 1946, onde descobriu-se o elevado teor de vitamina C da fruta. No Brasil, o cultivo em grande escala para o comércio se dá em estados como Paraná, Bahia, Rio Grande do Norte, entre outros, e na região amazônica, no Acre, Amapá, Amazonas, Pará e Rondônia. (FERREIRA; RIBEIRO, 2006)

2.1.2 Produção e Comercialização

Por ser uma planta tropical, a acerola é produzida em praticamente todas as regiões do Brasil, pois as temperaturas exigidas pela aceroleira são em torno de 26°C, com precipitação pluviométrica variável de 1200 a 1600 mm. Seu fruto possui diversas variedades, classificadas como doces e azedas, sendo as azedas as de maior teor de ácido ascórbico. (SILVA et al., 1988)

Pode ser produzida de forma sexuada, através de sementes, ou de forma assexuada ou vegetativa, por meio de estaquia e enxertia. O meio sexuada é a opção mais empregada no Brasil, pelo fato de ser mais fácil e econômica, porém a desvantagem é a grande diferença nas características das plantas, propiciando plantas não uniformes. Já a produção por estaquia proporciona maior uniformidade nos pomares e uma melhora na produção. (BORDIN et al., 2005)

No plantio, a irrigação deve ser constante, e a incidência de luz solar é importante, sendo a queda de temperatura um fator preocupante em uma plantação de acerola. A polinização é necessária e é realizada por insetos para esse fim, em especial tem-se as abelhas do gênero *Centris spp.* Também é necessário que o plantio seja intercalado, com variações na acerola, favorecendo assim a polinização cruzada. As árvores produzem três ou mais safras durante o ano, podendo a produção chegar a 40 kg ou mais de frutos por planta ao ano. (RITZINGER; RITZINGER, 2004)

O Brasil, atualmente, é um dos maiores produtores e exportadores de acerola no mundo, principalmente da forma de polpa de suco, acompanhado do Japão e da Europa. Também é o maior consumidor da fruta. A maior parte da produção dentro do país visa exportação de

acerola para países cujo foco não está nesse tipo de produção (ARAÚJO; MINAMI, 1994). O Brasil atingiu esse *ranking* por conta das condições a favor da cultura da acerola, onde a mesma se adaptou rapidamente ao clima, às condições ambientais e ao solo. (MOURA, 2010)

Internamente, no país, a acerola é comercializada principalmente *in natura* ou em forma de polpa congelada, porém o maior mercado é na forma de suco natural. Por ser uma fruta bastante perecível, onde se deterioram em um curto período de tempo e as perdas após a colheita chegam em até 50%, o que dificulta a comercialização, muitos produtores utilizam o fruto em forma de geleia, favorecendo o consumo em diferentes épocas do ano e evitando o desperdício. Em relação ao custo de venda e o preço do produto, é baseado no tamanho, forma e coloração. (ALVES, 1996; MELO; LIMA; NASCIMENTO, 1999; LOPES; MARTINS; CARVALHO, 1997)

A colheita da acerola é predominantemente manual e diária, por conta de o fruto ser demasiado delicado e seu florescimento não ser uniforme, podendo ser encontrado em um mesmo ramo tanto a flor, quanto o fruto maduro e verde, por isso a agricultura desse tipo de plantação gera bastante emprego e mão de obra (SILVA, 1999; ALVES; MENEZES, 1995). Devem ser utilizadas caixas rasas forradas com espuma para não prejudicar o fruto e o colhedor deve utilizar luvas e proteção para os braços e pescoço, visto que a árvore possui pelos que podem irritar a pele e impossibilitar a extração. (SOBRINHO; BANDEIRA; ALVES, 2001)

Outro aspecto da colheita é o fato de que pode ser realizada a cada dois ou três dias, onde se retira os frutos totalmente maduros separadamente. Após a colheita, os frutos são lavados e os que forem ser usados para exportação são congelados a uma temperatura de -20°C para maior durabilidade. (GONZAGA NETO et al., 1999)

No continente europeu, com destaque para os países Alemanha, França, Bélgica e Hungria, usa-se a acerola principalmente para enriquecer sucos. Já nos Estados Unidos, utiliza-se mais na indústria farmacêutica. Um mercado bastante ascendente é na América Latina, com interesse marcante na compra dessa fruta, sem contar o Japão com utilização desta para diversos fins e produtos fabricados no país. (MUSSER, 1995)

São feitas algumas exigências quanto às características da acerola para comercialização e exportação, dentre elas tem-se a coloração, que necessita ser vermelha; a quantidade de sólidos solúveis (°Brix), de no mínimo 7 (Europa) ou 7,5 (Japão); e a quantidade de vitamina

C presente, cuja exigência é de no mínimo 1000 mg a cada 100 g da fruta (Europa e Japão). (ALVES, 1996)

2.1.3 Aspectos nutricionais

A acerola é uma fruta com alto valor nutricional, importante fonte de vitamina C e caroteno (SILVA, 1999). Quando comparada a outras frutas, a quantidade de ácido ascórbico presente é bastante elevada, necessitando que se aproveite ao máximo essa vitamina para benefício humano. Pode ultrapassar até 100 vezes o valor de vitamina C da laranja, por exemplo, porém essa concentração depende da etapa de amadurecimento e da época de colheita. Na Tabela 1 tem-se o teor de ácido ascórbico (vitamina C) em diversas frutas. (FIGUEIREDO, 1998; GONZAGA NETO et al., 1999)

Tabela 1- Teor de ácido ascórbico em frutas diversas

Fruta	Teor de ácido ascórbico (mg/100g)
Limão	23 – 60
Melão	12,5 – 58,7
Pêssego	18,7 – 26,8
Laranja doce	37 – 80
Acerola	1000 – 4676

Fonte: Adaptada de FIGUEIREDO (1998)

Além da vitamina C, o fruto da acerola contém outras vitaminas e minerais importantes, como: cálcio, excelente para a saúde dos ossos, tiamina, niacina, ácido pantotênico, onde ajuda o corpo no controle do estresse, sódio, ferro e fósforo. (BARBOZA; TAVARES; MELO, 1996)

Em relação à quantidade de vitamina A e do complexo B, pode-se observar na Tabela 2 um breve comparativo entre a acerola em forma de suco, fruta e polpa. (DERSE; ELVEJHEM, 1954)

Tabela 2 – Teor de vitamina A e vitaminas do complexo B na acerola

Vitaminas	Suco ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	Fruta com caroço ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	Polpa ($\text{mg}/100\text{g}$)
Caroteno	-	-	0,408
Tiamina (vitamina B)	30	30	0,028
Riboflavina (vitamina B ₂)	50	50	0,079
Piridoxina (vitamina B ₆)	4,4	8,7	-

Fonte: DERSE E ELVEJHEM (1954)

As antocianinas, um pigmento vegetal presente na acerola, são responsáveis pela cor avermelhada. Para cor branca e amarela, tem-se os flavonoides, sendo importantes na co pigmentação das antocianinas. Além disso, faz-se presente na fruta antioxidantes, como β -caroteno e licopeno, que são também pigmentos naturais. Essa característica antioxidante é capaz de retardar danos nos tecidos humanos causados pela oxidação natural da pele. Possui também habilidade de neutralização de radicais livres através de enzimas e compostos não enzimáticos, sendo eles a vitamina C, os carotenoides, tocoferóis e compostos fenólicos. (SILVA et al., 2010)

A acerola, em um aspecto de saúde, é indicada para o tratamento de diversas doenças, principalmente as causadas por vírus como gripes, por exemplo, e até mesmo no tratamento de câncer. A vitamina C ingerida tem a capacidade de aumentar a produção de interferon no organismo, que é uma proteína inibidora de vírus e do crescimento tumoral, além de estimular o sistema imunológico. (ROJER, 2009)

2.2 VITAMINA C

2.2.1 Descoberta, Propriedades e Funções da vitamina C

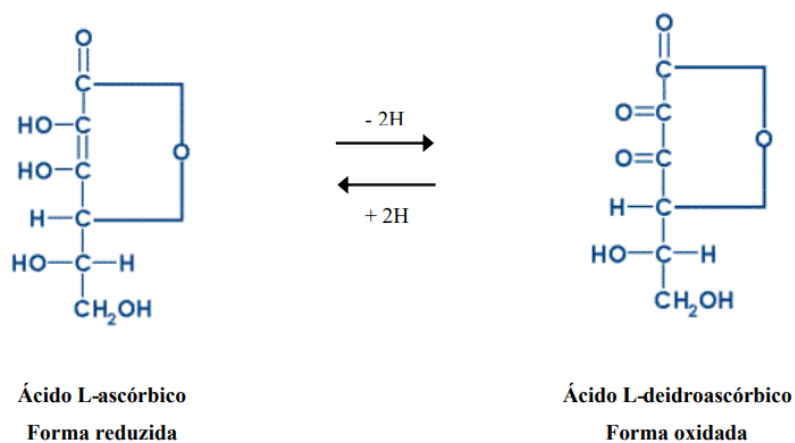
O ácido ascórbico (vitamina C) foi descoberto através de estudos em frutas, as quais evitavam o aparecimento de doenças nas articulações, como o escorbuto, em marinheiros de longas viagens. Durante a exploração e descobrimento do mar, nas viagens através dos

oceanos, os homens se alimentavam somente de carne e pão, não havia frutas e verduras em suas dietas. Com isso, surgiam muitas doenças articulares, inflamações nas gengivas, hemorragias e queda do sistema imunológico. Quando passaram a comer frutas, constatou-se uma queda nessas doenças e melhoria na saúde em geral. (PAULING, 1988)

Durante alguns anos a tentativa de isolar essa vitamina na forma pura foi o objetivo de muitos pesquisadores. Albert Szentgyorgyi, médico no ano de 1928, obteve êxito ao conseguir isolar a vitamina C, nomeando de ácido hexurônico. Já em 1932, conseguiu-se isolar em forma pura cristalina através de grupos de pesquisa. Após alguns anos, identificou-se a estrutura química e sintetizou-se sob uma forma fisiológica ativa. Em 1938, foi oficializado o ácido ascórbico como nome químico da vitamina C. (ANDERSON et al., 1988)

A vitamina C é uma molécula hidrossolúvel e pouco solúvel em solventes orgânicos. É dado o nome de vitamina C a todos os compostos com atividade biológica do ácido ascórbico (AA). Possui duas formas: L-ácido ascórbico, principal forma biologicamente ativa, e L-ácido deidroascórbico (DHA), que é a forma oxidada. (Figura 3) (MURRAY; GRANNER; RODWELL, 1993)

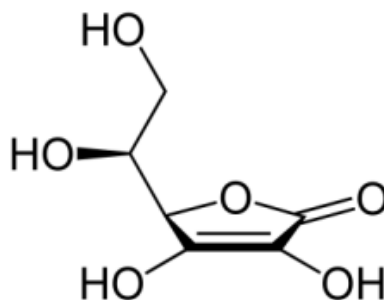
Figura 3 – Estruturas do L-ácido ascórbico e L-deidroascórbico



Fonte: ZAMUDIO (2007)

Sua estrutura química (Figura 4) é semelhante a de um monossacarídeo, onde apresenta poder redutor devido sua configuração dienólica C(OH)=C(OH). (MURRAY; GRANNER; RODWELL, 1993)

Figura 4 – Estrutura química do ácido ascórbico (vitamina C)



Fonte: ZAMUDIO (2007)

Pode ser vendida em pó ou em comprimido. No organismo humano age de diversas maneiras, uma delas é como antioxidante, combatendo os radicais livres internos e diminuindo as chances de doenças degenerativas e crônicas (CANUTO et al., 2010). Segundo a recomendação de médicos e nutricionistas e diversos estudos, a quantidade diária recomendada de vitamina C para homens é de 90 mg por dia e para mulheres de 75 mg por dia. O organismo humano não consegue produzir vitaminas, sendo necessário sua ingestão através de alimentos ou manipulados. (TANAKA, 2007)

A vitamina C possui participação em muitos processos metabólicos no corpo humano, dentre eles está a síntese de corticosteroides, hormônio com papel relevante no balanço eletrolítico e no metabolismo, de epinefrina, a famosa adrenalina, além de ácidos biliares, dentre outros. Participa também de processos óxido reductivos, atuando como co-fator enzimático, aumentando a absorção de ferro no organismo (TAKANA, 2007). Além disso, junto ao O_2 e ao Fe^{2+} , formam a hidroxiprolina e hidroxisina, onde estão ligados a formação de colágeno, importante composto na integridade das cartilagens, tecido conjuntivo, matriz óssea, dentes, pele e tendões. Está também relacionada com a capacidade de cicatrização e redução de infecções. (JACOB, 1988; MURRAY; GRANNER; RODWELL, 1993)

2.2.2 Análises dos fatores de influência no teor de vitamina C da acerola

Alguns fatores influenciam diretamente no teor de vitamina nas frutas. Dentre eles, tem-se a localização geográfica, o estágio de maturação da fruta, onde ocorre hidrólise do amido e produção de açúcares solúveis, a época em que ocorre a colheita e o tratamento que se faz

após colher. Cada fruto possui uma perda diferente, porém observa-se que as perdas de vitamina C são mais acentuadas em condições de temperaturas extremas e o tempo de estocagem. Também influencia na perda, o processamento do fruto, podendo chegar à redução da metade da vitamina originalmente presente. (SILVEIRA; BATISTA; BAETA 1981)

Constatou-se também que o nível de acidez da fruta influencia no teor de vitamina, Através de estudos com a acerola, analisou-se frutas doces e ácidas. Em acerolas doces, obteve-se um teor de ácido ascórbico de 1437 a 1577 mg/100g com uma amostra de 5,2 g. Já para acerola ácida, o teor de ácido ascórbico chegou a uma média de 3200 mg/100g. (SILVA, 1999)

Em relação ao método de armazenamento da fruta, foram feitos experimentos para analisar a perda da vitamina C em três tipos de preparos. Foi preparado néctar de acerola e foram armazenadas em latas. Uma parte foi congelada em túneis de congelamento para duas temperaturas, uma armazenada a 8°C e outra a -18°C; a outra parte passou por um processo térmico em um trocador de calor de placas, com enchimento a quente; já a terceira parte passou por um trocador de calor rotativo, com enchimento a frio. As amostras que foram processadas termicamente foram guardadas a temperatura ambiente. Nessas, constatou-se alteração na cor, na aparência e no sabor, onde houve escurecimento, devido principalmente à degradação considerável do ácido ascórbico. As primeiras, que foram congeladas a -18°C, tiveram diminuição de somente 21% de vitamina C em 180 dias estocadas, e sob 8°C perderam cerca de 44% de vitamina. (OLIVA & MENEZES, 1996)

Campelo (1996) analisou o teor de vitamina C em polpa pasteurizada a 85°C e não pasteurizada armazenada a -18°C, durante 12 meses. No início do processo não houve alteração quanto à quantidade de vitamina nos dois processos. Porém, no fim do armazenamento, houve uma diminuição de 38,4% para as amostras não pasteurizadas e 43,9% para as que passaram pelo processo de pasteurização. Concluiu-se então o seguinte: tratar termicamente a amostra não foi eficaz, nesse caso em específico.

2.2.3 Métodos de determinação da vitamina C

Existem diversos métodos analíticos para se determinar e quantificar o ácido ascórbico nos alimentos. Deve-se levar em consideração a sensibilidade da vitamina C frente alguns fatores, como: ar, calor, luz e condições alcalinas; podendo ser destruída quando estocada por longos períodos e quando processada de maneira incorreta. Para que não ocorra a destruição

da vitamina, deve-se estabilizar a molécula ao extrair de uma matriz vegetal, para assim obter elevados níveis de recuperação. (SANTOS DA ROSA, 2005)

2.2.3.1 Titulometria pelo método de Tillman

Esse método se baseia em reduzir o corante 2,6-diclorofenol indofenol pela solução ácida de ácido ascórbico, cujo ácido reage de forma direta e qualitativa com o titulante, no caso o corante, reduzindo e oxidando em ácido deidroascórbico. A reação é rápida, em meio ácido, e quando é todo oxidado muda de coloração. O 2,6-diclorofenol indofenol é usado como indicador de pH e o ácido ascórbico é determinado através da medida do excesso de reagente. Para análises de grande escala, esse método é bastante empregado. (ZAMUDIO, 2007)

Possui desvantagens, dentre elas tem-se a interferência de outras substâncias com capacidade redutora, presentes na amostra utilizada. Exemplos de interferentes: fenóis, cisteína e pigmentos; o que atrapalha na análise exata de vitamina C. (ZAMUDIO, 2007)

2.2.3.2 Espectrofotometria

Na espectrofotometria é realizada a extração de interferentes, pois tem a possibilidade de apresentarem absorvância no mesmo comprimento de onda que se utiliza para determinar o teor de vitamina C. Esse processo é bastante demorado e dispendioso, durando horas, podendo ocasionar oxidação e degradação da vitamina C da amostra. Utiliza-se alguns reagentes para esse fim, dentre eles está o ácido metafosfórico, o ácido sulfúrico e a dinitrofenihidrazina. (ZAMUDIO, 2007)

2.2.3.3 Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE)

A cromatografia é um dos métodos mais utilizados para determinar ácido ascórbico, pois possui uma excelente capacidade em separar interferentes, onde não se necessita de preparos maiores e longos que colocam a vitamina C em risco de degradação. A CLAE é, basicamente, uma análise rápida e com alta sensibilidade, muito utilizada para substâncias com baixo peso molecular. (ZAMUDIO, 2007)

A CLAE com coluna de troca iônica utiliza separação da vitamina C por um mecanismo de partição em fase reversa na camada externa da resina da coluna, onde essa separação é

conformada por íon. Os interferentes são arrastados pela fase iônica, ionizando-se no pH da fase móvel, um processo que é mais bem possibilitado por conta da carga fixa da resina. (SANTOS DA ROSA, 2005)

A coluna de troca iônica é feita de aço inox, com diâmetro entre 4 a 10 milímetros e comprimento de 10 a 30 centímetros. Resinas poliméricas constituem a fase estacionária, cuja partícula do recheio varia de 3,5 a 10 milímetros, onde comporta íons que retêm os contra-íons, onde são movidos por íons presentes na amostra. Na parte final da coluna há um trocador de íons. (ZAMUDIO, 2007)

A análise da molécula de vitamina C na cromatografia é feita por um mecanismo de partição cuja fase é reversa, ou seja, fase estacionária é apolar e fase móvel polar. Quem controla a afinidade pela fase estacionária e o tempo de retenção na coluna é a polaridade da fase móvel. Durante a separação, o ácido ascórbico está na forma não ionizada, por conta do pH, acontecendo a partição pelo mecanismo de fase reversa, o que acaba evitando que a vitamina C se ligue quimicamente à coluna sílica. (SANTOS DA ROSA, 2005)

Após, a amostra atravessa um detector, onde ocorre a identificação e registro da mudança de concentração da fase móvel da coluna. Isso ocorre para determinar a concentração da amostra e os seus constituintes, sendo feito por um transdutor, que converte a informação através de um sensor. Esse detector mede os sinais elétricos, proporcionais ao índice de refração do soluto e da fase móvel. Com isso pode-se determinar a concentração, com base no tempo de retenção da amostra. (SANTOS DA ROSA, 2005)

Ao ser extraída da matriz vegetal, a vitamina C necessita estar estabilizada com o objetivo de se conquistar níveis altos de recuperação e reprodução. A estabilização ocorre no preparo da amostra. (SANTOS DA ROSA, 2005)

2.3 SECAGEM

A secagem é uma operação unitária onde se retira água de um determinado produto, seja pelo método de evaporação ou sublimação, submetendo-o a fonte de calor sob condições controladas. A finalidade desse processo é a conservação dos alimentos e a redução da atividade biológica de microrganismos, ao diminuir a quantidade de água desses alimentos. Esse processo também diminui a alteração física e química dos alimentos no armazenamento, contribuindo também nos custos de transporte e embalagem, pois a massa e o volume de

alimentos desidratados são menores. A secagem vem sendo aprimorada ano após ano, constatando-se uma enorme variação nos tipos do processo. (KAJIYAMA; PARK, 2008; CRUZ, 2013)

Dentre as vantagens de se obter alimentos em pó, a principal é a estabilidade desses produtos. Alimentos em pó oferecem um tempo de vida e armazenamento maior do que o normal, pois a água é um fator determinante para acelerar o processo de degradação dos alimentos, a proliferação de microrganismos e reações enzimáticas diversas. (RAJKUMAR et al., 2007)

2.3.1 Secagem por atomização ou aspersão (spray dryer)

O processo de desidratação, onde se utiliza calor artificial, leva em consideração o tempo, a temperatura e a ventilação do local, fatores esses que devem ser controlados. O ar é muito utilizado nos processos de transferência de calor pois é abundante e fácil de controlar para aquecer alimentos, além de não necessitar recuperar a umidade, diferente de outros gases. O ar realiza o papel de levar calor ao alimento, o que provoca a evaporação da água levando também o vapor úmido liberado pelo produto. (GAVA, 1978)

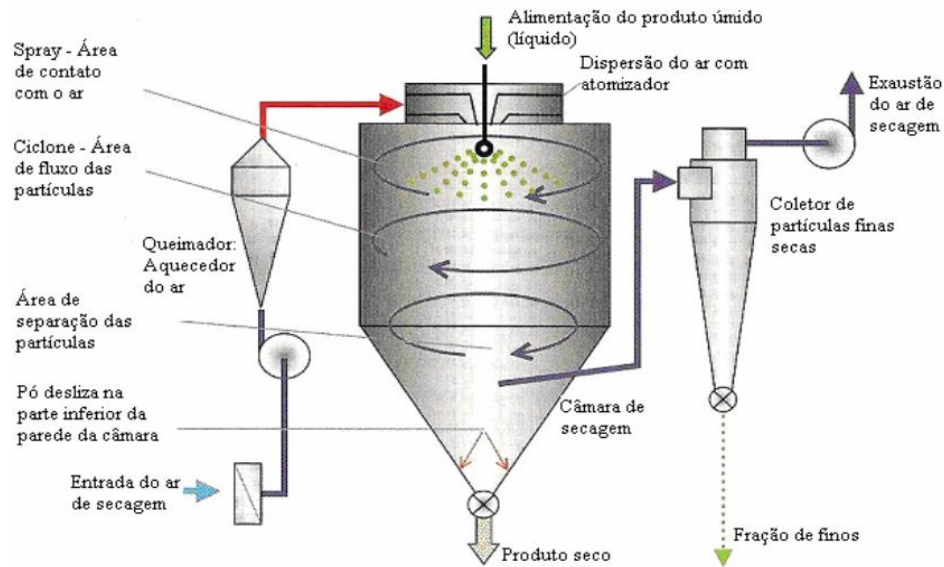
A aspersão, atomização ou nebulização, através do equipamento spray dryer, iniciou na metade do século XVIII, com a secagem de ovos. Em escala industrial, teve início somente na década de 20. Os primeiros produtos a serem secos foram o leite e o sabão em pó. A partir disso, alargou-se a utilização para os demais processos, sendo hoje muito utilizado no ramo alimentício e farmacêutico. (TONON, 2009)

Os produtos resultantes da secagem podem ser em pó, granulados ou aglomerados, o que depende das propriedades físico-químicas do produto inicial, do equipamento e da operação (HAMMES, 2013). Em sua maioria, há a necessidade realizar o encapsulamento do pó obtido para evitar as perdas e modificações após a secagem. Consideram-se essenciais para controle: temperatura de entrada e saída do ar, temperatura em que ocorre a alimentação, as condições e o tipo de atomização, o fluxo de entrada e saída, umidade do ar e o tamanho das partículas. (TEODORO, 2016)

Nos secadores do tipo spray dryer, a condução do calor é por meio de ar quente, onde o líquido a ser seco é atomizado, ocorrendo uma rápida evaporação da água presente. As

partículas permanecem com uma baixa temperatura, não afetando as características do produto. O esquema de como funciona o spray dryer está representado na Figura 5.

Figura 5 – Esquema do funcionamento do spray dryer



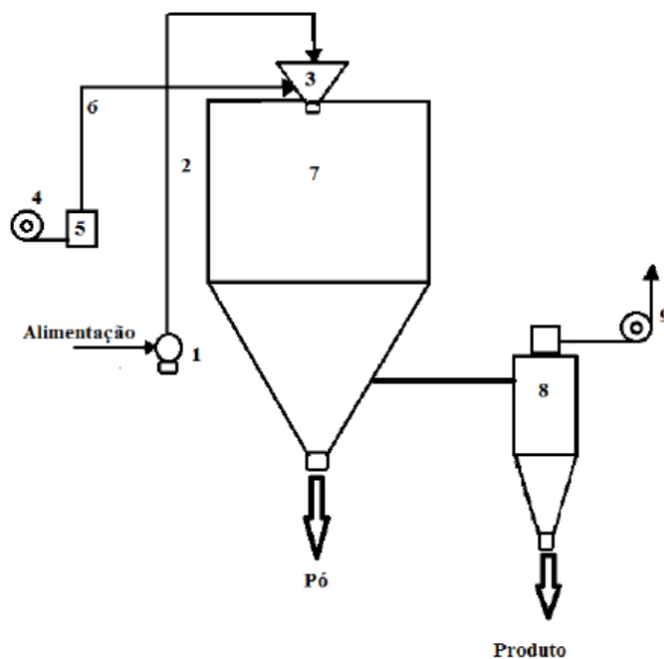
Fonte: MADEIRA (2009)

Essa operação consiste em basicamente quatro etapas: atomização do líquido, contato do líquido com o ar quente, evaporação da água e separação do produto em pó do ar de secagem, sendo que cada fase influencia no produto final. Alguns fatores interferem no tamanho da partícula obtida, assim como na sua densidade, umidade e aparência, como a maneira que foi feita a atomização e as propriedades do líquido atomizado. Além disso, para a capacidade de retenção, o cheiro e o sabor são influenciados pelo ar e evaporação. Já a separação do pó feita no final do processo é influenciada pela granulometria final desejada. (TONON, 2009)

Para a atomização, utiliza-se a centrifugação, sistema de alta pressão, onde as gotas atomizadas entram em contato com o fluxo quente de ar, abrindo caminho para secagem de substâncias com sensibilidade ao calor, não afetando a qualidade (FERRARI, RIBEIRO, AGUIRRE, 2012). Atomização é o termo utilizado quando se divide o líquido em milhões de partículas individualizadas, o que forma uma espécie de nuvem de gotículas. (TONON, 2009)

Tem-se o esquema dos equipamentos individuais de forma simplificada do sistema de spray dryer na Figura 6.

Figura 6 – Esquema das etapas do spray dryer



Fonte: HAMMES (2013)

As etapas encontradas na Figura 6 são as seguintes:

1 - Bomba de alimentação, 2 - Circuito de alimentação, 3 - Atomizador, 4 - Ventilador de ar de entrada, 5 - Aquecedor de ar, 6 - Canalizador de ar quente, 7 - Câmara de secagem, 8 - Ciclone, 9 - Ventilador de ar para saída.

No mercado, há três tipos de atomizadores mais utilizados: bocais atomizadores de dois fluidos (produz gotas menores), bocais de pressão (maior taxa de produção) e disco rotativo (utilizado em líquidos mais difíceis de passar pelo bocal). O bico atomizador varia no diâmetro, o que muda o tamanho das partículas finais, podendo ser regulado para o tamanho desejado. A escolha de um ou outro depende das características operacionais. (HAMMES, 2013)

O fluxo quente de ar utilizado no equipamento varia em torno de 120 a 230 °C, com uma desidratação na ordem de 15 a 45 s, obtendo um produto de qualidade, pois as partículas não passam de 80 °C e não são danificadas. (OLIVEIRA; FIGUEIREDO; QUEIROZ, 2006)

Dentre as vantagens de se utilizar o spray dryer para secagem, tem-se o pequeno nível de degradação das partículas, baixa alteração das características do pó, como nutrientes, cor,

sabor e fragrância, rapidez e capacidade alta de secagem, controle real de variáveis, além de possibilitar a produção de um material com específico tamanho, forma e densidade, definidos no início do processo e controlados de acordo com as condições e andamento da secagem. Pode-se também microencapsular aromas e corantes ao final da atividade, de modo a obter o produto desejado. (ROCHA, 2009)

2.3.1.1 Agentes carreadores

As frutas são ricas em açúcares e ácidos orgânicos, como ácido málico, tartárico e cítrico, onde constituem cerca de 90% de toda a massa sólida presentes nas polpas de frutas, além de que possuem baixa quantidade de sólidos solúveis. Essa constituição influencia diretamente na forma como as polpas se apresentam e se comportam. De maneira geral, elas possuem alta pegajosidade e higroscopicidade, ou seja, a aderência entre as partículas e a capacidade na absorção de umidade do ar são muito altas, dificultando o processo de embalagem, utilização e secagem, visto que com a rapidez na retirada de umidade, pode gerar regiões microcristalinas dispersas em relação à massa amorfa. (TONNON, 2009)

O estado amorfo se caracteriza pela rápida capacidade de perda de estabilidade através de perturbações, gerando um desequilíbrio no material, o que ocasiona maior probabilidade de formar aglomerados com uma consistência alta. Todo o fenômeno de pegajosidade é denominado transição vítrea: fenômeno físico em que o sólido se transforma em um material pegajoso, em uma determinada temperatura de transição vítrea (T_g). (BARBOSA, 2010)

Ao iniciar a secagem no spray dryer, as gotas ocupam um grande volume do equipamento, e estão distribuídas separadamente, sem aglomeração e com alta umidade. Ao chegarem no coletor, ou seja, na parte inferior do secador, onde há um aumento de partículas por unidade de volume, o agrupamento não deveria acontecer. Porém, com a alta no teor de açúcar e baixa T_g , o produto permanece como xarope, o que significa que a viscosidade se encontra abaixo de 10^7 Pa.s (valor crítico). Esse fator pode ocasionar a permanência da plasticidade das partículas, podendo o material aderir à parede do spray dryer ou causar aglomeração. (TONNON, 2009)

Alimentos que possuem baixa umidade e T_g mais alta que a temperatura de estocagem são dotados como estáveis, porém um aumento elevado na umidade diminui a temperatura de transição. No momento que a T_g se iguala à temperatura ambiente, o valor da umidade é considerado crítico. A estabilidade de alimentos com alto teor de açúcar está muito ligada à

Tg, e depende das condições de armazenagem, da umidade e da temperatura. (BARBOSA, 2010)

Geralmente a temperatura de transição vítrea de alimentos com alto teor de açúcar é muito baixa, fazendo com que a viabilidade econômica da secagem desses produtos seja baixa. Para mudar esse cenário, utilizam-se coadjuvantes com alto peso molecular e elevada Tg, como polímeros e gomas, a fim de adicionar juntamente ao produto a ser atomizado. (TONON, 2009)

Esses aditivos, chamados de agentes carreadores, possuem a função de proteger o aroma e sabor da substância, além de proporcionar maior rendimento ao produto da secagem e aumentar o conteúdo de sólidos solúveis, onde há necessidade de, no mínimo, 25% de sólidos presentes, para a secagem ser economicamente viável. Os carreadores influenciam também nas propriedades físico-químicas do pó, sendo algumas delas: tamanho, fluidez, massa específica, distribuição, solubilidade, taxa de umidade, higroscopicidade e pegajosidade. (BARBOSA, 2010)

Podem ser utilizados diversos tipos, dentre eles as maltodextrinas e amidos modificados, por serem solúveis em água em níveis aceitáveis, além de diversos polissacarídeos e proteínas, como a proteína da soja e do soro. (TEODORO, 2016)

2.3.1.2 Spray Dryer em escala laboratorial

Em relação ao equipamento utilizado no presente trabalho, mostrado na etapa 3.3, representa um secador de escala laboratorial.

Esse modelo de secador possui sistema de aquecimento adaptável para resfriamento. Possui também três bicos atomizadores, com diferentes diâmetros: 0,7, 1 e 1,2 milímetros de saída de fluido. O bico injetor é do tipo duplo fluido, pneumático, encamisado para resfriamento ou aquecimento e um conjunto de capas de ar de mistura interna e externa. Possui um sistema de alimentação por meio de uma bomba peristáltica microcontrolada digitalmente, com vazão ajustável de 0,15 a 1,0 L/h. É possível realizar o controle da temperatura de ar de secagem até 180 °C e vazão do ar de entrada de 1,5 a 4,5 m³/min. (LabMaq do Brasil, 2022)

Em relação à influência da temperatura no processo de secagem, testes preliminares de Moreira et al (2009) relataram que quando se utiliza temperaturas de secagem abaixo de 150

°C, o teor de umidade e a higroscopicidade dos pós aumentam, o que prejudica a fluidez, diminui a estabilidade da substância e prejudica sua recuperação, pois boa parte do produto fica retido na câmara de secagem e no coletor do spray dryer. Porém, também foi relatado que temperaturas acima de 170 °C resultou em maior degradação de ácido ascórbico em função da termolabilidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

As acerolas foram colhidas em residência própria, na cidade de Manaus-AM, em todos os estágios de maturação, conforme Figura 7. Retirou-se os frutos danificados manualmente, logo após foram higienizadas em solução de NaClO (hipoclorito de sódio) 0,02% (m/v), e congeladas para conservação.

Figura 7 - Acerolas in natura colhidas em todos os estágios de maturação



Fonte: De autoria própria (2023)

3.1 OBTENÇÃO DA AMOSTRA E PREPARO

O suco da acerola foi obtido através da trituração das frutas utilizando um liquidificador, em uma proporção de 190 gramas de fruta a cada 350 ml de água, seguindo para o peneiramento em peneira doméstica, de modo a retirar todo material suspenso e evitar o entupimento do bico atomizador durante a secagem. O suco foi armazenado em garrafa plástica e refrigerado, sendo a mesma envolvida em papel alumínio, para evitar contato com a luz e diminuir a oxidação do ácido ascórbico presente no suco.

O suco foi transportado até o laboratório de análises químicas (Illum), no Centro de Pesquisa Hub Tecnologia e Inovação, onde foi feito todo o processo de secagem da amostra.

Para o agente encapsulante ou carreador, foi utilizada a Maltodextrina da marca Biovital, a 6% (m/v), disponível no Laboratório de Análises químicas (Ilum), no Centro de Pesquisa Hub Tecnologia e Inovação.

3.2 ANÁLISE DO TEOR DE ÁCIDO ASCÓRBICO

Para análise do teor de vitamina C presente na amostra, antes e depois da secagem, foi utilizado um cromatógrafo em fase líquida, da Shimadzu (Figura 8), acoplado a espectrofotômetro na faixa do ultravioleta tipo DAD, com injetor automático, disponível na Central de Análises Químicas do grupo de pesquisa de Química Aplicada a Tecnologia UEA/EST.

Figura 8 - HPLC acoplado a detector UV-Vis



Fonte: SHIMADZU (2023)

Foi utilizada como fase estacionária uma coluna C18 (250x25mm,5 μ m) e como fase móvel 50% de uma solução aquosa de ácido fosfórico (H_3PO_4) de pH 2,6 e 50% de Acetonitrila. A vazão da fase móvel foi de 0,6 mL.min⁻¹ e o volume de injeção de 1 μ L, conforme metodologia desenvolvida na Central de Análises Químicas do grupo de pesquisa de Química Aplicada a Tecnologia UEA/EST. Os reagentes foram disponibilizados pelo Laboratório de Análises Químicas, Ilum.

Para a solução aquosa de H_3PO_4 , pipetou-se com o auxílio de uma pipeta graduada, 1 ml de Ácido Fosfórico em um balão de 1 L, avolumando-o com água ultrapura, disponível na Central de Análises Químicas, UEA/EST. Transferiu-se a solução para um béquer de 1 L e com o auxílio de um pHmetro, mediu-se o pH da solução. Ajustou-se a quantidade de água, adicionando 400 mL à solução, dividindo-se entre dois béqueres, de modo a se alcançar o pH necessário. Transferiu-se novamente a solução para um balão de 1 L, homogeneizando-a

completamente, onde a solução final foi transferida para a garrafa de solvente de fase móvel utilizada no cromatógrafo.

3.2.1 Soluções para curva analítica

Primeiramente, foram feitas soluções em diferentes concentrações para construção da curva analítica de modo a obter um padrão para o ácido ascórbico.

Preparou-se uma solução mãe de ácido ascórbico de concentração 10 mg/mL da seguinte maneira: Pesou-se, com o auxílio de uma balança analítica, 1 g de ácido ascórbico em um béquer de 50 mL, diluindo-se em quantidade pequena de água ultrapura. Após a diluição, transferiu-se a solução para um balão de 100 mL, completando-se o volume com água ultrapura. Com o auxílio de uma bureta de 10 mL, foram titulados volumes de 7, 5, 3 e 1 mL da solução mãe em balões de 10 mL, avolumando-se os balões com água ultrapura (Figura 9). As soluções foram filtradas e transferidas em volumes de 1,5 mL para frascos de cromatografia (Figura 10). As filtragens foram feitas em unidades filtrantes descartáveis de teflon hidrofílico, com porosidade de 0,45 μm , utilizando seringas de 5 ml (Figura 11).

Figura 9 - Soluções para construção da curva analítica



Fonte: De autoria própria (2023)

Figura 10 - Frascos para curva analítica (10, 7, 5, 3 e 1 mg/mL)



Fonte: De autoria própria (2023)

Figura 11 - Filtragem realizada para inserção das amostras no cromatógrafo



Fonte: De autoria própria (2023)

3.2.2 Análise de ácido ascórbico antes da secagem

Para realizar a análise antes da secagem, o suco da acerola foi filtrado em unidades filtrantes descartáveis de teflon hidrofílico e transferido em volume de 1,5 mL para um frasco de cromatografia (Figura 12).

Figura 12 - Frasco para cromatografia do suco

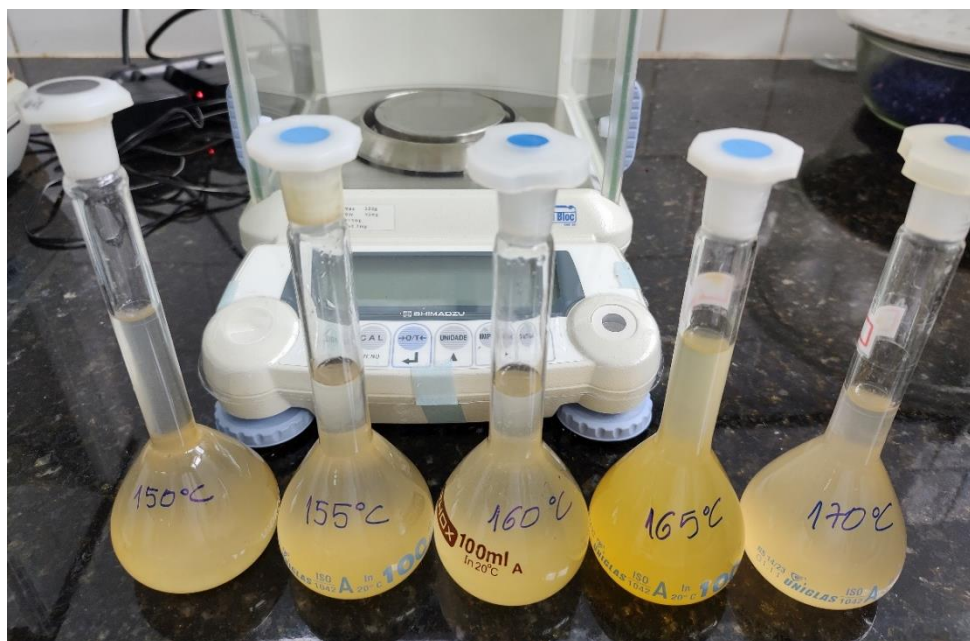


Fonte: De autoria própria (2023)

3.2.3 Análise de ácido ascórbico após a secagem

Para análise dos pós da acerola, pesou-se 1 g de pó, com o auxílio de uma balança analítica, em um béquer de 50 mL, diluindo-se em água ultrapura. Transferiu-se o conteúdo para um balão de 100 mL, em seguida, avolumou-se o balão (Figuras 13 e 15).

Figura 13 - Preparo das soluções referente às secagens em diferentes temperaturas



Fonte: De autoria própria (2023)

As soluções foram filtradas e transferidas em volumes de 1,5 mL para frascos de cromatografia (Figuras 14 e 16).

Figura 14 - Frascos referente às secagens em diferentes temperaturas



Fonte: De autoria própria (2023)

Figura 15 - Preparo das soluções referente às secagens com temperatura fixa



Fonte: De autoria própria (2023)

Figura 16 - Frascos referente às secagens com temperatura fixa e variação dos demais parâmetros



Fonte: De autoria própria (2023)

3.3 O PROCESSO DA SECAGEM

Os ensaios de secagem foram realizados conforme metodologia de Santos (2014) adaptado, em um spray dryer de escala laboratorial da LabMq do Brasil Ltda (Figura 17), modelo Mini Spray Dryer, LM MSD 1.0, disponível no Laboratório de Análises Físico-químicas e microbiológicas, Ilum, do centro de pesquisa, HUB Tecnologia e Inovação.

Figura 17 - Spray dryer utilizado nos ensaios de secagem



Fonte: LabMaq do Brasil (2022)

Para o presente experimento, foi utilizado o bico injetor de 0,7 mm.

Para todas as secagens, pesou-se 100 g de suco, com o auxílio de uma balança analítica, em um béquer de 600 ml, tarou-se a balança, onde foram adicionados 6 g de Maltodextrina.

3.3.1 Influência da temperatura

Inicialmente foi avaliada a influência da temperatura sobre o teor de ácido ascórbico durante a secagem.

A partir disso foram realizados ensaios variando a temperatura de 150 °C a 170 °C a cada 5 °C para encontrar a temperatura ótima de secagem, mantendo constantes os demais parâmetros como vazão de alimentação em 0,5 L/h, vazão do ar de entrada em 1,5 m³/min e altura do rotâmetro mantida em 30 mm. Para cada temperatura, foi analisado o teor de ácido ascórbico segundo metodologia descrita no item 3.2.

3.3.2 Após encontrar a temperatura ótima de secagem

Após encontrar a temperatura ideal para secagem, a mesma foi fixada e os outros parâmetros foram variados conforme Tabela 3:

Tabela 3 - Variações de parâmetros para secagem no Spray Dryer

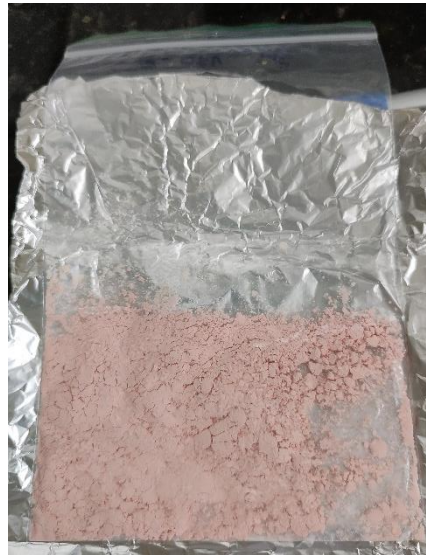
Parâmetro	Vazão de alimentação (L/h)	Vazão do ar de entrada (m³/min)	Rotâmetro (fluxo de ar) (L/min)
1	0,5	1,5	30
2	0,5	1,0	30
3	0,5	0,8	30
4	0,8	1,5	30
5	0,5	1,5	40

Fonte: De autoria própria (2023)

Após cada corrida experimental, as amostras de pós foram armazenadas em sacos herméticos (Figura 18), identificados e envolvidos em papel alumínio (Figura 19), sendo mantidas sob refrigeração a -18°C.

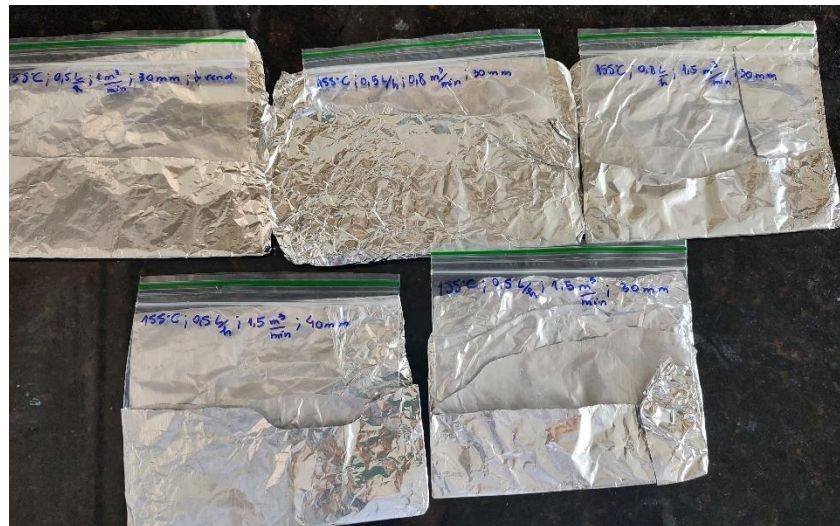
Para cada variação, foi analisado o teor de ácido ascórbico segundo metodologia descrita no item 3.2.

Figura 18 - Amostra de pó obtida a partir da secagem do suco de acerola por Spray Dryer



Fonte: De autoria própria (2023)

Figura 19 - Amostras de pós obtidas através da secagem por Spray Dryer embaladas com papel alumínio de modo a diminuir a oxidação da Vitamina C



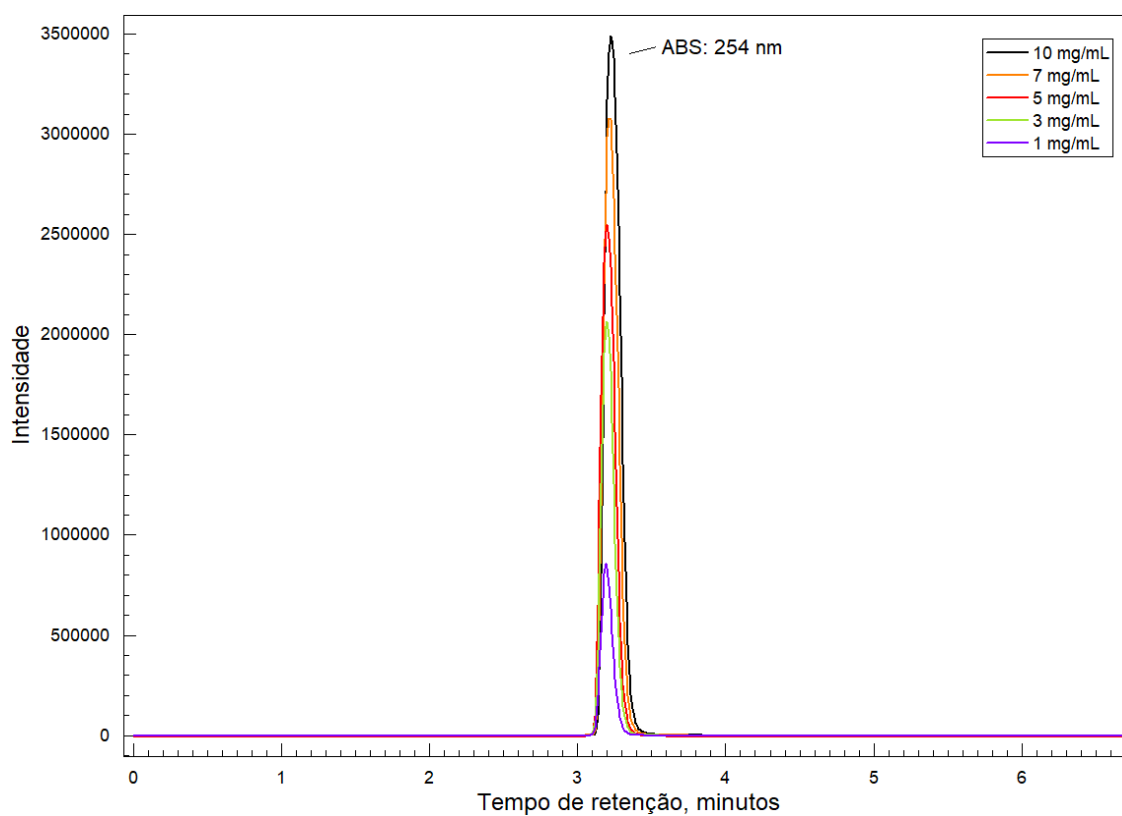
Fonte: De autoria própria (2023)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Construção da curva analítica padrão do Ácido Ascórbico

A Figura 20 representa o cromatograma obtido com o padrão de ácido ascórbico para construção da curva analítica. De acordo com o padrão, estabeleceu-se a leitura das áreas em 254 nm e tempo de retenção em 3,203 min.

Figura 20 – Curva de absorvância para curva analítica nas diferentes concentrações



Fonte: De autoria própria (2023)

Todas as corridas foram feitas em triplicata. Extraiu-se as áreas referentes a cada concentração, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Dados de área de absorvância e concentração de Ácido Ascórbico para construção da curva analítica

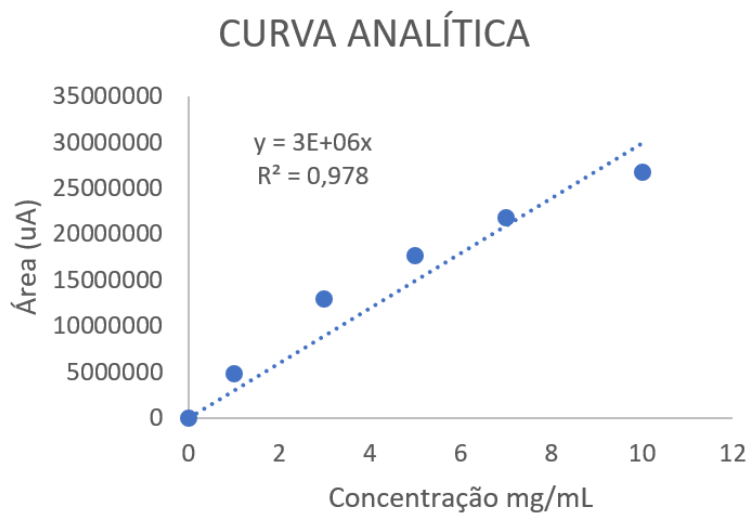
Concentração (mg/mL)	Áreas de absorbância em triplicata (uA)	Média da área (uA)
1	4795510	4817591
	4851639	
	4805625	
3	12939553	12955591
	12908869	
	13018352	
5	17620214	17630474
	17688552	
	17582656	
7	21870637	21782040
	21683640	
	21791845	
10	26625703	26725032
	26715497	
	26833898	

Fonte: De autoria própria (2023)

A equação da reta para curva analítica obtida (Figura 21), a partir das médias das áreas versus as concentrações, com a análise do padrão de ácido ascórbico em solução, foi conforme Equação 1, com $R^2 = 0,978$. O valor de R^2 representa o coeficiente para determinação da regressão linear.

$$y = 3.10^6x \quad (1)$$

Figura 21 - Curva analítica do Ácido Ascórbico



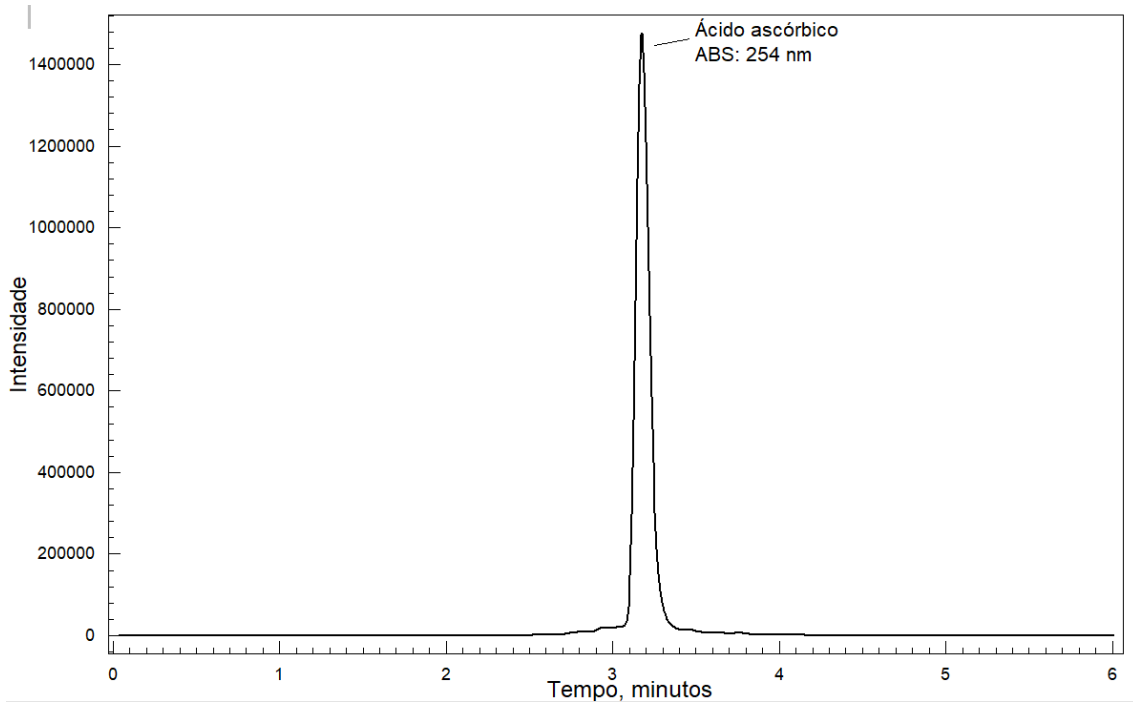
Fonte: De autoria própria (2023)

Considerando que na equação y representa a área e x a concentração, foi possível obter através do padrão as concentrações de todas as análises cromatográficas anterior e posterior à secagem.

4.2 Teor de Ácido Ascórbico antes da secagem

A Figura 22 representa o cromatograma obtido na análise do suco da acerola, anterior à secagem, onde apresenta pico simétrico ao padrão.

Figura 22 – Curva de absorbância para o suco da acerola



Fonte: De autoria própria (2023)

As áreas para a amostra do suco foram extraídas conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Áreas de absorbância para a amostra antes da secagem

Amostra suco triplicata	Áreas de absorbância (uA)	Média das áreas (uA)
3	9209035	9211209
2	9196087	
1	9228505	

Fonte: De autoria própria (2023)

A concentração de Ácido Ascórbico no suco foi de 3,0704 mg/mL.

4.3 Determinação da temperatura de secagem

As áreas para as amostras em relação a cada temperatura de secagem foram extraídas conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Áreas de absorvância para cada temperatura de secagem a 254 nm

Temperaturas de secagem (°C)	Áreas de absorvância (uA)	Média das áreas (uA)
170	1679818	1686987
	1684841	
	1696301	
165	1053406	1052307
	1065479	
	1038035	
160	1744595	1743840
	1744394	
	1743286	
155	1781887	1771018
	1765154	
	1766014	
150	1691465	1691426
	1693306	
	1689507	

Fonte: De autoria própria (2023)

A Tabela 7 mostra os resultados dos teores de ácido ascórbico (vitamina C) em relação à temperatura.

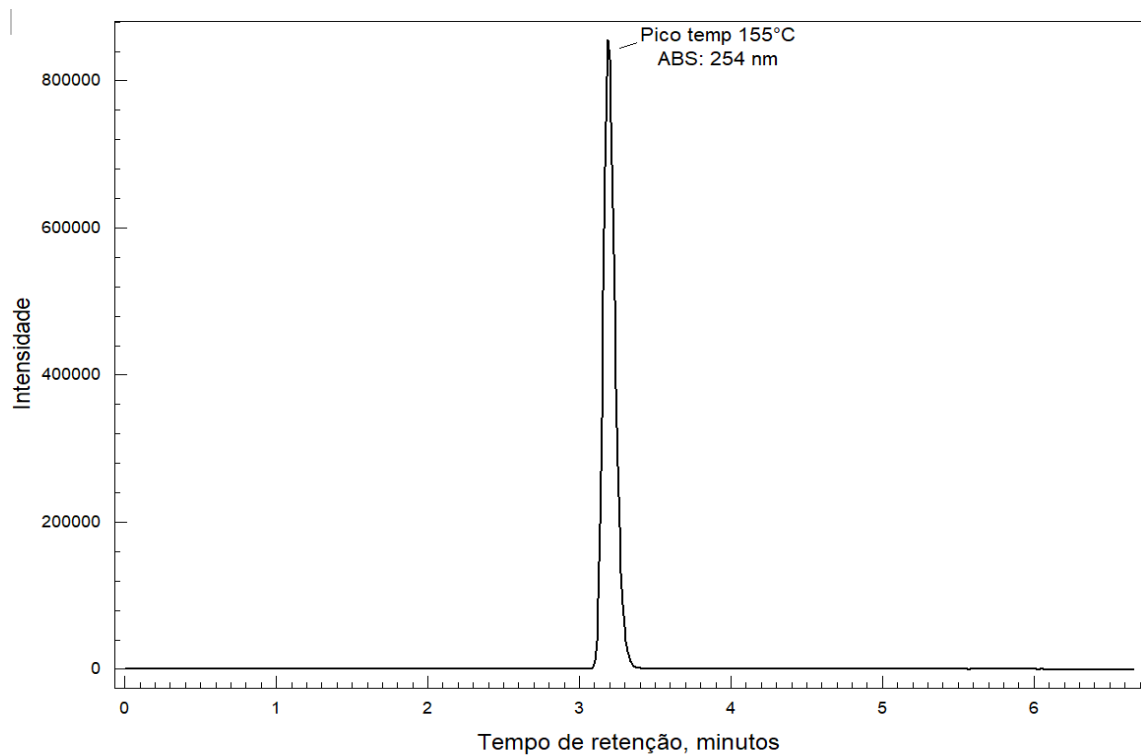
Tabela 7 - Efeito da temperatura de secagem sobre o teor de ácido ascórbico no pó de acerola obtido por atomização *spray dryer*

Temperatura (°C)	Tempo de secagem (min'seg'')	Concentração de Vitamina C (mg/mL)	Massa de pó obtida (g)
170	10'33''	0,5623	4,11
165	9'26''	0,3508	4,09
160	9'57''	0,5813	4,13
155	9'32''	0,5903	4,06
150	9'40''	0,5638	4,62

Fonte: De autoria própria (2023)

A temperatura de entrada de 155 °C apresentou a melhor resposta para o teor de vitamina C. A Figura 23 representa o cromatograma obtido para temperatura de 155 °C.

Figura 23 – Curva de absorvância a temperatura de 155 °C



Fonte: De autoria própria (2023)

Em relação às massas de pós obtidas, não houve variação significativa na quantidade produzida ao variar a temperatura.

4.4 Análise da influência dos parâmetros de secagem *spray dryer*

Fixou-se a temperatura de 155 °C e variou-se os demais parâmetros de entrada.

As áreas para as amostras em relação a parâmetro de secagem foram extraídas conforme Tabela 8.

Tabela 8 - Áreas de absorvência para cada variação no parâmetro de secagem

Parâmetro	Áreas de absorvência (uA)	Média das áreas (uA)
1	1174218	1176193
	1176543	
	1177820	
2	1226132	1235518
	1241783	
	1238640	
3	1224364	1227905
	1229024	
	1226787	
4	1271320	1263274
	1254440	
	1264063	
5	1206986	1209697
	1213951	
	1208155	

Fonte: De autoria própria (2023)

A Tabela 9 mostra os resultados para o tempo de secagem, teor de vitamina C e rendimento de obtenção do pó por secagem a 155 °C a partir dos diferentes parâmetros operacionais investigados: Vazão do ar de entrada, vazão de alimentação e altura do rotâmetro (Fluxo de ar).

Tabela 9 - Valores médios a 155 °C para os teores de vitamina C, tempo de secagem e rendimento do pó em função das diferentes variáveis operacionais utilizadas na secagem spray dryer do suco de acerola

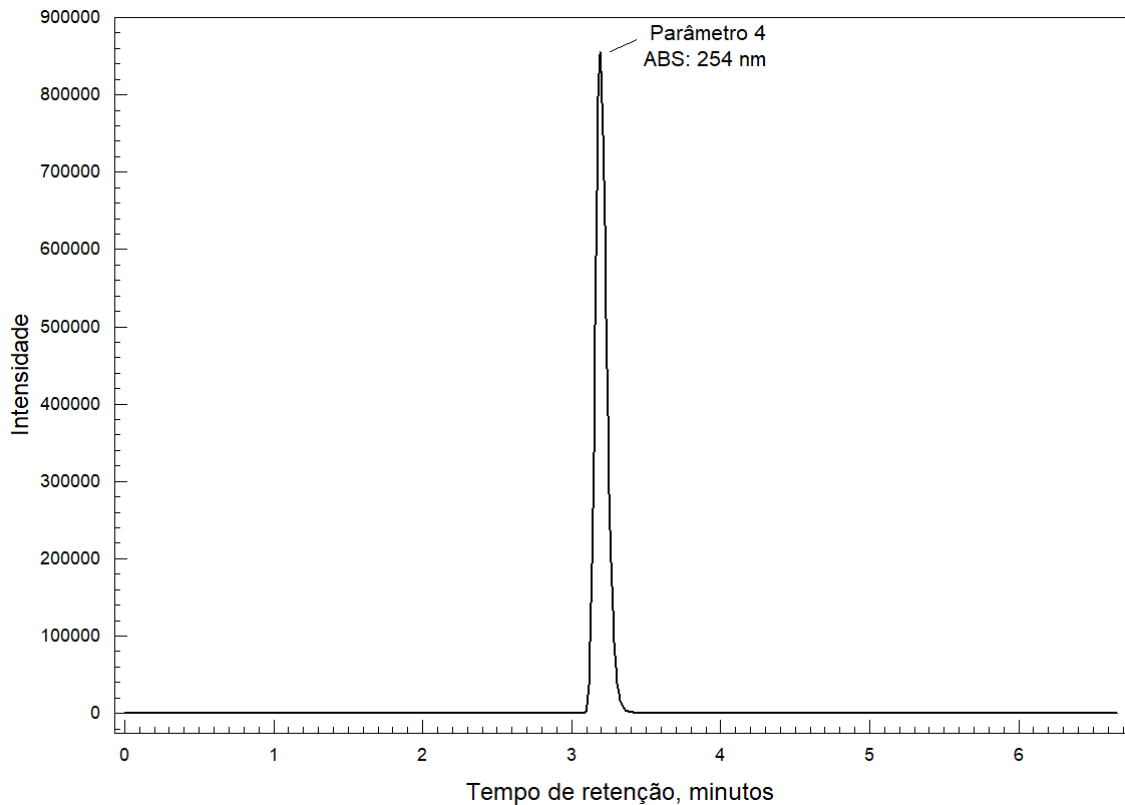
Parâmetro	Vazão de alimentação (L/h)	Vazão do ar de entrada (m³/min)	Rotâmetro (fluxo de ar) (L/min)	Tempo de secagem (min'seg'')	Concentração de Vitamina C (mg/mL)	Massa de pó obtida (g)
1	0,5	1,5	30	10'18''	0,39	3,0
2	0,5	1,0	30	9'07''	0,41	3,9
3	0,5	0,8	30	9'14''	0,41	3,26
4	0,8	1,5	30	5'42''	0,42	3,74
5	0,5	1,5	40	9'52''	0,40	5,07

Fonte: De autoria própria (2023)

Na Tabela 9, não se observa diferença significativa para o tempo de secagem e concentração de Vitamina C nos parâmetros 2 e 3, cuja vazão do ar de entrada foi diminuída em relação aos demais parâmetros, e nessas condições as massas obtidas de pó seco tiveram valores médios de 3,9 e 3,26 gramas, respectivamente. No parâmetro 5 foi verificado uma maior massa gerada no processo. O aumento de massa se deve ao incremento do fluxo de ar quente que passa pelo pó durante o processo secagem, conforme identificado por Almeida et al (2006). No parâmetro 4 foi identificado maior teor de Vitamina C. Nesse processo, houve um aumento da vazão de alimentação e desse modo, uma diminuição significativa no tempo de secagem, ou seja, o tempo de exposição do ácido ascórbico ao calor foi menor, proporcionando uma melhor concentração de vitamina C ao final do processo, visto que a vitamina C é um antioxidante sensível ao calor, conforme exposto por Santos (2014).

A Figura 24 representa o cromatograma obtido para o parâmetro 4.

Figura 24 - Curva de Absorbância para o parâmetro 4



Fonte: De autoria própria (2023)

Analisando a perda de vitamina C no processo de secagem, constata-se que durante a secagem no spray dryer, a concentração de vitamina C diminuiu consideravelmente. Tendo como base o parâmetro 4, que gerou maior quantidade de vitamina e considerando a quantidade anterior à secagem exposta no item 4.2, a perda foi calculada conforme equação 2.

$$P = \frac{V_2 - V_1}{V_1} * 100 \quad (2)$$

Onde V2 representa a concentração após a secagem, V1 representa a concentração antes da secagem e P é o percentual de perda. (CELESTINO, 2010)

Perde-se 86% de vitamina C durante a secagem. Segundo Menezes (2009) e Santos (2014), essa perda remete a um principal fator já citado, que é a sensibilidade da vitamina C à exposição ao calor e a luz ao passar pelo processo de secagem no spray dryer, assim como os antioxidantes em geral. Além disso, outros fatores interferentes como o tempo de armazenamento até as análises cromatográficas, manuseio do pó para preparo das amostras e

modo de armazenamento também afetam na quantidade final de ácido ascórbico no pó da acerola.

5 CONCLUSÕES

Embora o Spray Dryer seja um método de secagem interessante para conservação dos alimentos e diminuição do volume inicial da matéria prima, de modo a facilitar o transporte e armazenamento de alimento em geral, quanto se trata de antioxidantes, houve uma redução significativa da vitamina C no pó da acerola quando comparada ao suco.

A eficiência do processo de secagem por spray dryer em relação à concentração de vitamina C (AA) foi influenciada pelos parâmetros operacionais de temperatura de secagem, fluxo de ar, vazão de alimentação e vazão do ar de entrada. O pó produzido a uma temperatura de 155° C apresentou maior teor de vitamina C. As condições de secagem tidas como ótimas foram: vazão de alimentação de 0,8 L/h, fluxo de ar de 30 L/min e vazão do ar de entrada de 1,5 m³/min.

6 PERSPECTIVAS

Com o propósito de melhorar a qualidade do pó produzido através do spray dryer e reduzir as perdas de vitamina C, têm-se como perspectivas:

- Utilizar outros agentes carreadores, de modo a comparar se possuem influência na concentração de vitamina C;
- Estudar, além do teor de vitamina C, outros parâmetros físico-químicos, como umidade, higroscopicidade e pH, de modo a avaliar como esses parâmetros são influenciados pela secagem por atomização spray dryer;
- Estudar o rendimento do processo, quanto de sólido há no suco, com e sem Maltodextrina, e quanto de sólido é produzido após a secagem.

Considerando uma aplicação industrial para o aproveitamento do pó da acerola com o teor inicial de AA, pode-se incluir nas perspectivas deste trabalho a adição de ácido ascórbico ao pó da acerola após a secagem, visando uma posterior comercialização desse pó para fins diversos.

REFERÊNCIAS

A LAVOURA. Revista. **Sociedade Nacional de Agricultura – SNA**. 2016. Disponível em: <https://alavoura.com.br/agricultura/fruticultura/acerola-delicada-e-poderosa/>. Acesso em: 06 ago. 2022.

ACEROLA: Das Antilhas para o Nordeste, do Nordeste para o Brasil. Matéria para o clube do barman. 2022. Disponível em: <https://clubedobarman>. Acesso em: 06 ago. 2022.

ALMEIDA, C. A.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A.; SILVA, F. L. **Avaliação da cinética de secagem em frutos de acerola**. Biol. Ciênc. Terra, 2006.

ALMEIDA, A. P. F.; CARNEIRO, M. F. C.; OLIVEIRA, A. T. C.; SILVA, A. R.; SILVA, F. T. S. **Pós-colheita de acerola e avaliação de frutos voltados ao melhoramento genético da espécie: revisão**. COITER PDVAgro. V Congresso internacional das ciências agrária. Edição virtual. Dez. 2020.

ANDERSON, L.; DIBBLE, M.V.; TURKKI, P.R.; MITCHELL, H.S. **Nutrição**. 17 ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

ARAÚJO, P. S. R. & MINAMI, K. **Acerola**. Campinas: Fundação Cargil, 1994, 81 p.

ALVES, R. E. **Características das frutas para exportação**. FRUPEX, Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária-Sec. Desenv. Rural-SDR. Acerola para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita, EMBRAPA-SPI, Brasília, DF, 1996.

ALVES, R.E.; de; MENEZES, JB. **Botânica da aceroleira**. In: SÃO JOSE, A.R.; ALVES, RE., eds. Acerola no Brasil, produção e mercado. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1995.

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

BARBOZA, S. B. S. C.; TAVARES, E. D.; MELO, M. B. de.; **Instruções para o cultivo da acerola**. Embrapa: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Circular Técnica, nº 6. Aracaju, SC. 1996.

BORDIN, I. et al. **Desenvolvimento de mudas de aceroleira propagadas por estacas e sementes em solo compactado**. Ciência Rural. 2005.

CAMPELO, E. C. S. **Variação de teores de vitamina C em polpas de acerola congeladas.** Recife. Universidade Federal de Pernambuco, 1996.

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. **Caracterização Físico-Química de Polpas de frutos da Amazônia e sua Correlação com a Atividade Anti Radical Livre.** Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal. 2010.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos.** Revista, 1º edição online. Embrapa Cerrados Planaltina, DF 2010

CRUZ, W. F. **Obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem em camada de espuma.** (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 2013.

DERSE, P. H.; ELVEJHEM, C. A. **Nutrient content of acerola, a rich source of vitamin C.** Journal of the American medical association. 1954.

DIAS PAZ, R. A. **Determinação simultânea, por cromatografia líquida de alta resolução, das vitaminas A, D e E em amostras compostas por diferentes matrizes alimentares.** Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química e Biológica. Abril, 2018.

DINIZ, J. V. **Sistemas de colheita na cultura da acerola: estudo operacional (*malpighia emarginata*. DC).** Dissertação (Engenharia de Sistemas Agrícolas). Universidade Federal do Ceará, UFC, 2020.

FARIAS, V. L. **Estudo das condições de secagem por atomização de conídios de *Trichoderma harzianum* LCB47,** 2009.

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, 2012.

FERREIRA, M. das G. R.; RIBEIRO, G. D.; **Coleção de Fruteiras Tropicais da Embrapa Rondônia.** Comunicado Técnico 306. Embrapa: Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária. Porto Velho, RO. Junho,2006.

FIGUEIREDO, R. M. F. de. **Caracterização físico-química do suco e pó de acerola (*Malpighia puniceifolia*, L.).** Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1998.

FREITAS, C. A. S. DE et al. **Acerola: Produção, Composição, Aspectos Nutricionais E Produtos**. Current Agricultural Science and Technology, 2014.

FURTADO, G. F. et al. **Secagem de polpa de seriguela pelo método de camada de espuma**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, 2010.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. 1 ed., Nobel, São Paulo, 1978.

GONZAGA NETO, L.; SOARES, J. M.; CHOUDHURY, M. M.; LEAL, I. M.; OLIVEIRA, J. R.; SOARES FILHO, W. dos S. **A cultura da acerola**. Série Vermelha Fruteiras. Coleção Plantar. 2 ed. ver. aum. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Petrolina, PE. Embrapa Semi-Árido, 1999.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2017. **Produção de acerola**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/acerola/br>. Acesso em 09 ago. 2022.

JACOB, R.A. **Vitamin C status and nutrient interactions in a healthy elderly population**. American Journal of Clinical Nutrition, Bethesda. 1988.

KAJIYAMA, T.; PARK, K.J. **Influência da umidade inicial da alimentação no tempo de secagem em secador atomizador**. Ver. Bras. Produção. Agroindustrial., Campina Grande, 2008.

HAMMES, M. V. **Estudo da influência da adição de lecitina de soja na molhabilidade do leite de búfala em pó obtido por spray-drying**. 88f. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

LabMaq do Brasil. **Modelos de Spray Dryers. Spray Dryer MSD 1.0**. Disponível em: <http://www.labmaqdo brasil.com.br/index.php/spray-dryer/>. Acesso em: 09 set 2022.

LOPES, R. L. T. **Conservação de alimentos**. Dossiê técnico – Fundação Centro Tecnológico – CETEC, Minas Gerais, 2007.

LOPES, V. C.; MARTINS, M. H. B.; CARVALHO, I. T. **Teor de Ácido Ascórbico e Dehidroascórbico em Polpas de Acerola (Malpighia glabra L.) Congeladas e Comercializadas na Cidade do Recife – PE**. CEPPA, Curitiba, PR. jan./jun. 1997.

MADEIRA, A. N. **Otimização do processo de spray drying pelo uso de pré-desumidificadores no ar de entrada.** Monografia. Curso de Engenharia mecânica. Universidade de Taubaté, SP. 2009.

MARQUES, G. M. R. **Secagem de caldo de cana em leito de espuma e avaliação sensorial do produto.** (Dissertação de Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga-BA, 2009.

MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, P. P. **Formulação e Avaliação Físico-Química e Sensorial de Geléia Mista de Pitanga (*Eugenia uniflora* L) e Acerola (*Malpighia* sp).** B. CEPPA, Curitiba. jan/jun. 1999.

MENEZES, A. R. V; JÚNIOR, A. S; CRUZ, H. L; ARAÚJO, D. L; SAMPAIO, D. D. **Estudo comparativo do pó da acerola verde (*malpighia emarginata* d.c) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande. 2009.

MOHAMMED, M. **Acerola (*Malpighia emarginata* DC.).** Woodhead Publishing Limited, 2011.

MOURA, S. M. **Estabilidade de Acerola em Pó Oriunda de Cultivo Orgânico.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Depto. De Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, CE, 2010.

MORAES, M. L. **Avaliação da vida de prateleira de suco de abacaxi adicionado de polpa de yacon, vitamina c e goma xantana.** Trabalho final de curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

MOREIRA, G. E. G.; COSTA, M. G. M.; SOUZA, A. C. R.; BRITO, E. S.; MEDEIROS, M. F. D.; AZEREDO, H. M. C. **Physical properties of spray dried acerola pomace extract as affected by temperature and drying aids.** Food Sci. Technol. 2009.

MURRAY, R.; GRANNER, D.; RODWELL, M. **Bioquímica de Harper.** Edição Manual Moderno, 1993.

MUSSER, R. S. **Situação atual e perspectivas da acerola.** In: SÃO JOSÉ, A. R.; ALVES, R. E. Cultura da acerola no Brasil: produção e mercado. Vitória da conquista: DFZ/UESB. 1995.

OLIVA, P. B.; MENEZES, h. c. **Estabilidade do ácido ascórbico (Vitamina C) na acerola e no néctar de acerola.** In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas. SP. 1996.

OLIVEIRA F. M. N. de, FIGUEIREDO R. M. F.de, QUEIROZ A. J. de M. **Análise comparativa de polpas de pitanga integral, formulada e em pó.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. Campina Grande, 2006.

OLIVEIRA M. I. S., TONON R. V., NOGUEIRA R. I., CABRAL L. M. C. **Estabilidade da polpa de morango atomizada utilizando diferentes agentes carreadores.** Braz. J. Food Technol, Campinas, 2013.

PAULING, L. **Como viver mais e melhor: o que os médicos não dizem sobre sua saúde.** 4. Ed. São paulo: best Seller, 1998.

RAJKUMAR, P. et al. **Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer.** Journal of Food Engineering, 2007.

RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. P. **Acerola: Aspectos Gerais da Cultura.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Coleção Plantar Acerola. 2º ed. Brasília. DF. 2004.

ROCHA, F. I. G da. **Avaliação da cor e da atividade antioxidante da polpa e extrato de mirtilo (*Vaccinium myrtillus*) em pó.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2009.

ROJER, J.P. **O Poder dos Alimentos.** ed. 13º. 2009.

SANTOS DA ROSA, J. **Desenvolvimento de um método rápido para análise de vitamina C por cromatografia líquida de alta eficiência utilizando coluna de troca iônica.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2005.

SANTOS L. M. L., MUNIZ J. L., PIRES A. P. M., ARAÚJO R. S. **Microencapsulação de ácido ascórbico em pó de acerola verde obtido por spray dryer.** XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química – Florianópolis, 2014.

SHIMADZU do Brasil. **LC-20A Prominence. Cromatógrafo Líquido.** Disponível em: https://www.shimadzu.com.br/analitica/produtos/hplc/lc-20a_prominence.shtml. Acesso em: 18 de fev. 2023.

SHINOHARA, N. K. S. et al. **Maria Cilene de Almeida: A mãe da acerola (*Malpighia glabra* L.) no Brasil**. Competência Técnica e Responsabilidade Social e Ambiental nas Ciências Agrárias, 2019.

SILVA L. L., CARDOSO L. M., SANTANA H. M. P. **Influência do branqueamento, pasteurização e congelamento nas características físico-químicas, nos carotenóides e no valor de vitamina A de polpa de araticum (*Annona crassiflora* Mart.)**. Rev. Inst. Adolfo Lutz. São Paulo, 2015.

SILVA, M. F. V. **Efeitos dos diferentes tratamentos e embalagens nas características da polpa de acerola e na determinação dos teores de ácido ascórbico e das antocianinas durante o armazenamento**. Tese de doutorado. Universidade Estadual de Campinas. SP. 1999.

SILVA, M. L. C. et al. **Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais**. Semana: Ciências Agrárias. 2010.

SILVA, T. H. S.; PIZZOL, S. J.; GONÇALVES, G.; MARTINEZ FILHO, J. G. **A cultura da acerola no Brasil: aspectos gerais**. Preços Agrícolas. Mercados e negócios agropecuários. v.13. N.144, p.44, out, 1988.

SILVEIRA, M. I. O.; BATISTA, M. T. P. M.; BAETA, M. L. M. *Studies on industrially processed foods. II. Vitamin C and preservatives. Anales de Bromatologia*. España, 1981.

SOBRINHO, R. B.; BANDEIRA, C. T.; ALVES, R. E. **Acerola: A cereja tropical**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Fortaleza, CE. Novembro, 2001.

SOUZA, M. M. DE. **O manejo da acerola como alternativa na educação do campo**. Monografia de Especialização - Educação do Campo, Universidade Federal do Paraná, 2011.

TANAKA, D. L. **Influência da desidratação por spray drying sobre o teor ácido ascórbico no suco de acerola (*Malpighia* spp)**. Dissertação para programa de pós-graduação. Faculdade de Ciências Farmacêuticas – UNESP. Araraquara, 2007.

TEODORO, R. A. R. **Microencapsulação do óleo essencial de cravo-da-índia por secagem por atomização**. 104f. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2016.

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

VIEIRA, H.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. Revista de Biologia e Ciências da Terra, 2007.

ZAMUDIO, L. H. B. Caracterização de vitamina C em frutos de camu-camu Myrciaria dúbia (H.B.K.) em diferentes estágios de maturação do Banco ativo de Germoplasma da Embrapa. Monografia. Universidade de Brasília. DF. Ago. 2007.