



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
IFCE CAMPUS LIMOEIRO DO NORTE
MESTRADO ACADÊMICO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

LUANA MARIA DE LIMA SANTOS

PRODUÇÃO DE PÓ DE ACEROLA VERDE VIA ATOMIZAÇÃO *SPRAY DRYING*
PARA ELABORAÇÃO DE SORVETE ENRIQUECIDO COM VITAMINA C

LIMOEIRO DO NORTE – CE

2014

LUANA MARIA DE LIMA SANTOS

**PRODUÇÃO DE PÓ DE ACEROLA VERDE VIA ATOMIZAÇÃO *SPRAY DRYING*
PARA ELABORAÇÃO DE SORVETE ENRIQUECIDO COM VITAMINA C**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal do Ceará Campus Limoeiro do Norte como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Rinaldo dos Santos Araújo.

**LIMOEIRO DO NORTE - CE
2014**

Catálogo na fonte : Tatiana Apolinário Camurça (CRB 3 – nº 1045)

S237p Santos, Luana Maria de Lima.

Produção de pó de acerola verde via atomização spray drying para elaboração de sorvete enriquecido com vitamina C / Luana Maria de Lima Santos. - Limoeiro do Norte: IFCE, 2014.

86f.

Dissertação (Tecnologia de Alimentos).

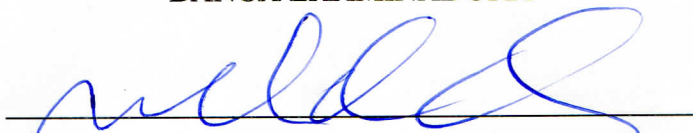
Orientação: Prof. Dr. Rinaldo dos Santos Araújo.

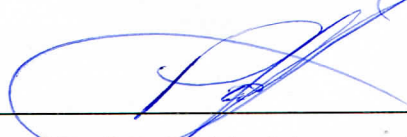
**PRODUÇÃO DE PÓ DE ACEROLA VERDE VIA ATOMIZAÇÃO *SPRAY DRYING*
PARA ELABORAÇÃO DE SORVETE ENRIQUECIDO COM VITAMINA C**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal do Ceará *Campus* Limoeiro do Norte como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em: 11 / 09 / 2014

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Rinaldo dos Santos Araújo (Orientador)
Instituto Federal do Ceará - IFCE *Campus* Fortaleza


Prof. Dr. Pahlevi Augusto de Souza
Instituto Federal do Ceará – IFCE *Campus* Limoeiro do Norte


Prof. Dra. Ariosvana Fernandes Lima - IFCE *Campus* Limoeiro do Norte

Dedico este trabalho a Deus por tudo que tem proporcionado em minha vida, pela presença constante guiando-me e fortalecendo-me; ao meu amado marido Karl Max, aos meus pais: Santana e Jesus e a minha querida irmã Nayana, por todo apoio e confiança incondicionais dedicados a mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, por sua infinita bondade em guiar-me nos momentos mais difíceis e não me deixar desistir.

A toda minha família que cultivou em mim os princípios de união, amor, generosidade e perseverança.

Aos meus pais: Santana e Jesus pelo amor, incentivo e confiança dedicados a mim.

À minha querida irmã Nayana pelo incentivo, por se fazer presente a cada instante, por todo amor e cumplicidade.

Ao meu amado esposo, Karl Max por todo amor, zelo e companheirismo, além de me apoiar e incentivar em todos os momentos dos meus estudos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rinaldo Araújo pela confiança em mim depositada, pela atenção, dedicação, compreensão e pelas palavras de incentivo, bem como a imensa colaboração para minha formação acadêmica.

Aos professores dessa empreitada, em especial a Profa. Dra. Renata Chastinet, Prof. Dr. Pahlevi Augusto e Prof. Dr. Antônio Belfort, pela amizade, paciência e colaboração.

Às minhas colegas Zulene, Valdenice, Tanna, Elaine, Cristina, Erica, Polianna, Elizângela, e em especial a minha amiga e companheira de todas as horas Joseane Muniz por se fazer presente nos momentos mais difíceis me apoiando, incentivando e compartilhando as angústias.

A minha tia-mãe Aída e meus queridos primos Rodolfo, Renan e Ana Livia pelo amor, incentivo e acolhida tão importantes durante essa empreitada.

As amigas Amanda Pontes e Julie Holanda, verdadeiros anjos que Deus colocou em minha vida que além da colaboração com a pesquisa, me ensinaram a ser uma pessoa melhor.

Ao meu amigo Rosilmar Alves dos Santos pelo incentivo e apoio, sem os quais eu não teria chegado até aqui, por me ensinar bem mais que as letras, por me guiar em momentos tempestuosos e por me ajudar a ser uma pessoa mais forte.

Aos meus amigos Izamaro e Juvenal pelo apoio, incentivo e amizade dedicados a mim e por estarem sempre presentes nos momentos mais difíceis me apoiando, incentivando e compartilhando as angústias.

A todos os colegas de trabalho pela paciência e compreensão, em especial aos colegas Ronaldo, Efigênia e Cícero pela amizade e incentivo.

*”Foi o tempo que dedicastes à tua rosa que a
fez tão importante”.*

Antoine de Saint-Exupéry.

RESUMO

A acerola (*Malpighia emarginata* DC) é uma fruta tropical de alto valor nutritivo, sendo uma das mais importantes fontes naturais de vitamina C. A acerola possui uma curta vida pós-colheita em função da sua elevada taxa respiratória e de sua estrutura frágil, o que torna necessário a utilização de técnicas de processamento para prolongar seu período de conservação. A secagem por atomização (*spray drying*) associada à microencapsulação tem se mostrado uma alternativa viável para a conservação de substâncias químicas sensíveis na obtenção de sucos desidratados e protegendo-as em uma matriz polimérica contra a oxidação. Assim, neste trabalho foi estudada a otimização do processo *spray drying* do suco de acerola verde visando desenvolver um produto rico em vitamina C com possíveis aplicações como suplemento na indústria de alimentos. Experimentalmente, foi avaliada a influência dos parâmetros de secagem: temperatura (165 e 175°C), tipo (10 e 20 de dextrinização) e concentração do encapsulante (10, 15 e 20 %), vazão de alimentação (9 e 15 mL. min⁻¹), fluxo de ar comprimido (473 e 670 L.h⁻¹) e taxa de aspiração (25, 30 e 35 m³.h⁻¹) sobre a retenção de ácido ascórbico e rendimento do pó obtido. Para os estudos de estabilidade do pó e de um sorvete enriquecido com pó de acerola verde foram realizadas determinações de umidade, sólidos totais (ST), pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), solubilidade, higroscopicidade e vitamina C nas amostras em um período de armazenamento de 90 dias. Os resultados obtidos mostraram como parâmetros ótimos da atomização *spray drying*: temperatura de 165°C, uso de maltodextrina com dextrose equivalente de 20 % a uma concentração de 20%, vazão de alimentação de 9 mL.min⁻¹, fluxo de ar de 670 L.h⁻¹ e taxa de aspiração de 35 m³.h⁻¹. Nestas condições o rendimento máximo foi de 71,2 % e o teor de ácido ascórbico de 17,3 %. Em relação à estabilidade do pó observou-se que a umidade (variação de 2,5 %), o teor de ST (variação de 2,4 %) e o teor de vitamina C no pó (variação de 2,3 %) apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) durante o armazenamento. Por outro lado AT, pH, solubilidade e higroscopicidade mantiveram-se constantes no decorrer do tempo de armazenamento. No sorvete enriquecido, o teor de vitamina C apresentou-se estável (variação de 0,67 %). Para todos os parâmetros avaliados o comportamento cinético encontrado foi tipicamente de primeira ordem. O teste sensorial de comparação pareada realizado com 60 provadores mostrou que 56,6% destes preferiram o sorvete enriquecido e 43,4% preferiram o sorvete comercial. Em geral, os valores apresentados mostram o potencial promissor de aplicação do pó de acerola verde obtido na indústria alimentícia.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata*, atomização, ácido ascórbico, estabilidade, cinética.

ABSTRACT

The acerola (*Malpighia emarginata* DC) is a tropical fruit of high nutritional value, and is one of the most important natural sources of vitamin C. Acerola has a short life after harvest, due to its high respiration rate and its fragile structure, it becomes necessary to use processing techniques to prolong its storage period. The *spray drying* process associated with the microencapsulation has been shown to be a viable alternative for the conservation of sensitive chemical substances in obtaining dehydrated juices and protecting them in a polymeric matrix against oxidation. In this work we studied the optimization of the drying process *spray drying* of unripe acerola, aiming to develop a product rich in vitamin C with potential applications in the food industry as a vitamin supplement. The influence of drying parameters were evaluated: temperature (165 and 175 °C), nature (10 and 20 dextrose equivalent) and concentration of the encapsulant (10, 15 and 20 %), flow rate of feed (9 and 15 mL.min⁻¹), air flow (473 and 670 L.h⁻¹) and aspiration rate (25, 30 and 35 m³.h⁻¹) on ascorbic acid retention and yield of the obtained powder. For the studies of the stability of the powder and of an ice-cream enriched with the powder of unripe acerola were performed determinations of moisture, total solids (TS), pH, titratable acidity (TA), soluble solids (SS), solubility, hygroscopicity and vitamin C in the samples in a storage period of 90 days. The results obtained showed as optimal parameters on *spray drying*: temperature of 165 °C, use of maltodextrin with dextrose equivalent of 20 % at a concentration of 20 %, feed flow rate of 9 mL.min⁻¹, air flow of 670 L.h⁻¹ and aspiration rate of 35 m³.h⁻¹. Under these conditions, the maximum yield was 71.2 % and the content of ascorbic acid of 17.3 %. As to the stability of the powder, it was observed that the moisture (variation of 2.5 %), TS (variation of 2.4 %) and the content of vitamin C in the powder (variation of 2.3 %) showed significant differences ($p < 0.05$) during the storage. On the other hand TA, pH, solubility and hygroscopicity remained almost constant during the storage time. In the enriched ice cream, the content of vitamin C was stable (variation of 0.67 %). For all parameters evaluated, the found kinetic behavior was typically of first order. The sensorial test of paired comparison, performed with 60 tasters, showed that 56.6 % of these preferred the enriched ice cream and 43.4% preferred the commercial ice cream. In general, the values presented here show the promising potential of applying powder of unripe acerola obtained in the food industry.

Keywords: *Malpighia emarginata*, atomization, ascorbic acid, stability, kinetics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem da aceroleira (<i>Malpighia emarginata</i> DC).....	18
Figura 2 - Imagens da aceroleira apresentando frutos em diferentes estágios de maturação.....	18
Figura 3 - Esquema de funcionamento de um <i>spray dryer</i>	24
Figura 4 - Principais modelos de microcápsulas. (A): matriz (microesfera); (B): microcápsula simples; (C): simples, irregular; (D): duas paredes; (E): vários núcleos; (F): agrupamento de microcápsulas.....	27
Figura 5 - Estrutura molecular e espacial do ácido ascórbico.....	30
Figura 6 - Mini <i>spray dryer</i> modelo B-290 da Büchi®	37
Figura 7 - Imagem do pó de acerola verde obtido por secagem <i>spray drying</i>	52
Figura 8 - Variação dos teores de Sólidos totais e umidade do pó de acerola verde obtido por secagem <i>spray drying</i>	54
Figura 9 - Variação da acidez titulável e pH do pó de acerola verde obtido por secagem <i>spray drying</i>	56
Figura 10 -Variação do teor de vitamina C do pó de acerola verde obtido por secagem <i>spray drying</i>	59
Figura 11 -Variação da solubilidade do pó de acerola verde obtido por secagem <i>spray drying</i>	61
Figura 12 - Variação da higroscopicidade do pó de acerola verde obtido por secagem <i>spray drying</i>	62
Figura 13 - Variações do teor de Vitamina C no sorvete de graviola durante o período de armazenamento.....	64
Figura 14 - Perfis cinéticos de primeira ordem para a estabilidade do pó de acerola verde obtido por secagem <i>spray drying</i>	66
Figura 15 - Avaliação da preferéncia dos sorvetes de graviola enriquecido e sem enriquecimento.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características de acerolas em diferentes estádios de maturação.....	20
Tabela 2 - Agentes encapsulantes utilizados como ingredientes alimentícios.....	29
Tabela 3 -Condições experimentais para avaliação dos efeitos da temperatura e do tipo e concentração do agente encapsulante (maltodextrina) na atomizaçãospray drying do suco de acerola verde.....	38
Tabela 4 -Condições experimentais para avaliação dos efeitos operacionais da taxa de aspiração do ar de secagem, vazão de alimentação e fluxo de ar comprimido na atomizaçãospray drying do suco de acerola verde.....	39
Tabela 5 -Características físico-químicas do suco de acerola verde <i>in natura</i> usado como matéria-prima para obtenção do pó de acerola verde.....	44
Tabela 6 -Efeito da temperatura, tipo e concentração de maltodextrina sobre a atomizaçãospray drying do suco de acerola verde.....	45
Tabela 7 - Efeito da taxa de aspiração sobre a atomização <i>spray drying</i> do suco de acerola verde. Fluxo de ar comprimido = 473 L.h^{-1} , vazão de alimentação = 9 mL.min^{-1}	49
Tabela 8 -Efeito da vazão de alimentação sobre a atomizaçãospray drying do suco de acerola verde. Fluxo de ar = 473 L.h^{-1} , taxa de aspiração = $35 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$	50
Tabela 9 -Efeito do fluxo de ar sobre a atomizaçãospray drying do suco de acerola verde. Taxa de aspiração = $35 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$, vazão de alimentação = 9 mL.min^{-1}	51
Tabela 10 - Características físico-químicas do pó de acerola verde encapsulado obtido por secagem <i>spray drying</i>	53
Tabela 11 -Parâmetros cinéticos para a estabilidade do pó de acerola verde obtido por secagem <i>spray drying</i>	67

LISTA DE ABREVIATURAS

AA	Ácido Ascórbico
ABIS	Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvetes
AOAC	Association of Official Analytical Chemistry
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AT	Acidez Titulável
CNNPA	Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos
DE	Dextrose Equivalente
DHA	Ácido Desidroascórbico
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
IAL	Instituto Adolfo Lutz
LAA	Ácido L-Ascórbico
NBR	Norma Brasileira
pH	Potencial Hidrogeniônico
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SS	Sólidos Solúveis
ST	Sólidos Totais
UV	Ultravioleta-Vísivel

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Geral.....	16
2.2. Específicos.....	16
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1. A Acerola	17
3.2. Composição da acerola	19
3.3. O potencial de comercialização da acerola	21
3.4. O processo de atomização <i>spray drying</i>	23
3.5. Microencapsulação	25
3.5.1 Os materiais encapsulantes.....	28
3.6. A vitamina C.....	30
3.7. Aspectos do desenvolvimento de produtos alimentícios	32
3.7.1 Os sorvetes	34
4. MATERIAL E MÉTODOS	36
4.1. Material	36
4.1.1. Matéria-primas	36
4.2. Metodologias.....	36
4.2.1. Obtenção do suco de acerola verde	36
4.2.2. Estudos de secagem <i>spray drying</i> do suco de acerola verde	36
4.2.3. Estabilidade (vida de prateleira) do pó de acerola verde	39
4.2.4. Estudos de enriquecimento e estabilidade em amostras de sorvete contendo pó de acerola verde	39
4.2.5. Estudo cinético da estabilidade.....	40
4.2.6. Determinações analíticas.....	41
4.2.6.1 Umidade.....	41
4.2.6.2 Sólidos totais (ST).....	41
4.2.6.3 Sólidos solúveis (SS)	41
4.2.6.4 Acidez titulável (AT).....	41
4.2.6.5 pH	42
4.2.6.6 Vitamina C	42
4.2.6.7 Cinzas	42
4.2.6.8 Proteínas	42

4.2.5.9 Higroscopicidade	42
4.2.5.10 Solubilidade	43
4.2.5.11 Açúcares totais em glicose	43
4.3. Análise estatística dos resultados	43
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1. Caracterização do suco de acerola verde <i>in natura</i>	44
5.2 Estudos de atomizações <i>spray drying</i> do suco de acerola verde	45
5.2.1 Influência dos parâmetros: temperatura de entrada, tipo de maltodextrina e concentração de maltodextrina na retenção de vitamina C	45
5.2.2 Influência dos parâmetros operacionais: taxa de aspiração, vazão de alimentação e fluxo de ar na retenção de vitamina C	48
5.3 Caracterização do suco de acerola verde após atomizações <i>spray drying</i>	52
5.4 Estudos de estabilidade do pó de acerola verde	54
5.4.1 Umidade e sólidos totais (ST)	54
5.4.2 Acidez titulável (AT) e pH	56
5.4.3 Sólidos solúveis (SS)	58
5.4.4 Vitamina C (ácido ascórbico)	59
5.4.5 Solubilidade	60
5.4.6 Higroscopicidade	62
5.5 Estabilidade da vitamina C no sorvete enriquecido com pó de acerola verde	63
5.6 Avaliação cinética da estabilidade do pó de acerola verde	65
5.7 Análise sensorial	68
6. CONCLUSÃO	70
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	72
REFERÊNCIAS	73
ANEXOS	84

1. INTRODUÇÃO

As frutas são alimentos ricos em nutrientes e micronutrientes essenciais ao bom desempenho metabólico do organismo tais como minerais, fibras e vitaminas. Dentre as vitaminas presentes nos frutos destaca-se a vitamina C (ácido ascórbico), conhecida como vitamina anti-escorbuto, a qual exerce importantes funções relacionadas ao auxílio do sistema imunológico, a prevenção da anemia, a atividade antioxidante, dentre outras (GUILLAND e LEQUEU, 1995).

A vitamina C está presente em diversos frutos como camu-camu (900 a 6100 mg/100g), acerola (1100 a 2800 mg/100g), caju (219 mg/100g), goiaba (218 mg/100g), limão verde (63,2 mg/100g), laranja pêra fresca (40,9 mg/100g) (ZAMUDIO, 2007; PEREIRA, 2008).

Apesar do elevado potencial de disponibilidade de vitamina C do camu-camu, o fruto é uma espécie tipicamente amazônica e não está acessível a grande parte da população, enquanto que a acerola apresenta também um grande teor dessa vitamina e está presente em todas as regiões brasileiras, com destaque para a Região Nordeste onde encontra condições edafoclimáticas favoráveis ao seu desenvolvimento.

A acerola é uma fruta tropical de alto valor nutritivo, sendo uma das mais importantes fontes naturais de vitamina C. O consumo de três unidades da fruta por dia satisfaz, em média, a ingestão diária de vitamina C recomendada para um adulto, a qual é de 45 mg segundo a Resolução RDC Nº 269, de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (BRASIL, 2005c).

No Brasil a demanda por esse fruto vem crescendo muito devido a seu potencial nutricional. A produtividade média é de 10 t/ha, dos quais um total de aproximadamente 150 mil toneladas de frutos é produzido principalmente na Região Nordeste (BEHLING et al., 2007). Os frutos apresentam uma curta vida pós-colheita com perdas de até 40% em função da sua elevada taxa respiratória, sua estrutura frágil e manuseio inadequado. Esse fato dificulta sua comercialização, na forma *in natura*, a grandes distâncias (MATSUURA et al., 2011).

Neste contexto faz-se necessária a utilização de técnicas de processamento adequadas para prolongar o período de conservação das frutas, preservando a sua qualidade. Dentre os métodos de conservação aplicados em frutos está a desidratação ou secagem que tem por finalidade a remoção da umidade ou da água, parcial ou total. O método visa a conservação permanente de materiais alimentícios pela remoção da água resultando em produtos de menor peso e volume (FELLOWS, 2006).

A desidratação dos frutos possibilita a absorção de grande parte da colheita, favorecendo o consumo destes durante o ano todo e não apenas no período da safra. Ferrari et al.

(2012) apresentaram a secagem por *spray drying* como uma alternativa viável para a conservação de substâncias termossensíveis presentes nos frutos. O processo é indicado para produtos pastosos ou líquidos e caracteriza-se pela pulverização da amostra e sua transformação em um produto seco, na forma de pó, em um tempo relativamente curto (FANG; BHANDARI, 2011).

A microencapsulação de substâncias quimicamente bioativas e sensíveis, como o ácido ascórbico tem se mostrado viável para obtenção de sucos desidratados, concentrando as substâncias ativas típicas e protegendo-as em uma matriz polimérica contra a oxidação, evaporação e outras reações químicas, conforme Ferrari et al. (2012). Estes autores microencapsularam compostos ativos da amora preta utilizando como material de parede a maltodextrina.

Fang e Bhandari (2011) produziram pó de *bayberry* conservando grande teor de polifenóis e Moreira et al. (2009) microencapsularam extrato do resíduo de acerola obtendo um bom rendimento de vitamina C e outros compostos ativos de interesse.

Por outro lado, os hábitos alimentares da sociedade moderna ditam novas tendências do mercado e apontam para o consumo de produtos que estejam inseridos no contexto de praticidade e saudabilidade, fato que pode ser alcançado a partir da adição de nutrientes aos alimentos processados.

Particularmente para a preservação das propriedades vitamínicas da acerola, neste trabalho estudou-se o desenvolvimento de novos produtos a partir da acerola verde, na forma de um pó que possa ser utilizado como suplemento alimentar, rico em ácido ascórbico, em quantidades compatíveis com a dose mínima diária exigida pelo organismo humano. Este tipo de tecnologia se mostra bastante promissora devido a alta procura de alimentos saudáveis e, além disso, proporciona o refinamento do alimento e, conseqüentemente, a oferta de um novo produto no mercado (SOARES et al., 2001; RITZINGER; RITZINGER., 2011).

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Desenvolver por atomização *spray drying* encapsulamento um produto alimentício tipo pó de acerola verde com alto teor de ácido ascórbico com possíveis aplicações nutricionais como suplemento vitamínico.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar caracterização composicional do suco e pó obtidos a partir do processamento da acerola verde.
- Otimizar o processo de atomização *spray drying* do suco de acerola verde avaliando o efeito do agente encapsulante (natureza e concentração) e parâmetros operacionais (temperatura, taxa de aspiração, vazão de alimentação e fluxo de ar) sobre o teor de vitamina C e rendimento de produção.
- Avaliar as propriedades físico-químicas e estabilidade do pó de acerola verde.
- Elaborar sorvete comercial enriquecido com pó de acerola verde contendo ácido ascórbico encapsulado, avaliando a estabilidade da vitamina C neste produto.
- Realizar análise sensorial para avaliar a preferência do consumidor entre um produto já comercializado no mercado e o sorvete enriquecido com o pó de acerola verde.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. A acerola

A acerola, fruto da aceroleira, é também conhecida como cereja de barbados ou cereja das antilhas, e pertence ao gênero *Malpighia*. No passado era conhecida pelos sinônimos *Malpighia glabra* L. e *Malpighia puniceifolia* L., mas um novo trabalho taxonômico resultou na aceitação da designação *M. emarginata* DC como nome científico atual para o fruto. Essa denominação foi adotada no Conselho Internacional de Recursos Genéticos Vegetais realizado na Itália em 1986 (MEZADRI et al., 2008).

Segundo Alves e Menezes (1995) a planta é um arbusto frutífero cujo cultivo vem se expandindo no Brasil, em especial na região Nordeste. Os autores citam ainda que o local exato de origem da acerola não é bem definido, devido a mesma ser conhecida em cultivo ou naturalizada, vegetando na região banhada pelo mar das Antilhas, ou seja, sul do México, América Central e norte da América do Sul.

O potencial vitamínico da acerola foi descoberto em meados dos anos 40 pelo professor Corrado Ansenjo do Instituto de Bioquímica da Universidade de Porto Rico, quando teve início o plantio comercial da cultura no país, o qual se expandiu para os Estados Unidos (Havaí e Flórida) e Cuba. Posteriormente, a professora Maria Celene Cardoso de Almeida, da UFRPE (Universidade Federal Rural de Pernambuco) trouxe de Porto Rico em 1955, sementes de acerola que foram multiplicadas e distribuídas em pequenas quantidades para vários locais do Nordeste e outras regiões do país (ARAÚJO; MINAMI, 1994).

Segundo Ritzinger e Ritzinger (2011), a aceroleira já era conhecida no Brasil há mais de 50 anos, no Estado de São Paulo em plantios não comerciais. O cultivo comercial no Brasil foi iniciado em meados dos anos 80, principalmente no Nordeste, onde a planta apresentou boa adaptação devido a suas características edafoclimáticas.

A aceroleira (Figura 1) é uma planta arbustiva com ramos densos que pode apresentar copa aberta ou compacta e cujo hábito de crescimento varia de rasteiro a ereto. Apresenta tronco único ou ramificado, a casca do caule e dos ramos é levemente rugosa, de cor marrom em ramos jovens e acinzentada no caule e ramos mais velhos. As folhas são simples, inteiras, opostas, de pecíolo curto e forma que varia de oval a elíptica (RETZINGER; RETZINGER, 2011; ARAÚJO; MINAMI, 1994). As folhas medem entre 2,5 e 7,5cm; apresentando coloração verde-escuro e brilhante na face superior e verde pálido na inferior. Possui inflorescência com 2 a 4 flores em

média, as quais são hermafroditas e de coloração rósea a violeta esbranquiçada. Folhas e ramos jovens apresentam ligeira pilosidade que causa irritação na pele (ALVES; MENEZES, 1995).

Figura 1 – Imagem da aceroleira (*Malpighia emarginata* DC).



Fonte: <http://meioambiente.culturamix.com/blog/wp-content/gallery/arvore-aceroleira/arvore-aceroleira-1.jpg>.

As acerolas são drupas tricarpeladas com epicarpo (casca) fino, mesocarpo (polpa) carnoso e suculento e endocarpo constituído de três caroços triangulares e alongados com textura de pergaminho e superfície reticulada, podendo ou não conter uma semente cada. O fruto apresenta forma bastante variável, podendo ser arredondados, ovalados ou achatados e o peso pode variar de 3 a 16 g. A superfície pode ser lisa ou apresentar, entre os carpelos, sulcos rasos ou profundos (GODOY et al., 2008). A Figura 2 apresenta imagens das acerolas em diferentes estágios de maturação.

Figura 2 - Imagens da aceroleira apresentando frutos em diferentes estágios de maturação.



Fonte: <http://www.frasesparafacebook.info/tags/acerola/page/3/>.

Nas fases iniciais do amadurecimento, o fruto apresenta uma cor verde, mudando para amarelo-avermelhado e em seu estágio completamente maduro chega à coloração, vermelho ou roxo (MARQUES; FERREIRA;FREIRE, 2007), devido sobretudo a degradação da clorofila e à síntese de antocianinas e carotenoides (FREITAS et al., 2006). As sementes são pequenas, monoembriônicas, não albuminadas, apresentando na extremidade mais estreita uma pequena saliência, que é a radícula embrionária. Em média, apenas 20 a 50 % das sementes produzidas são viáveis (GODOY et al., 2008; RITZINGER; RITZINGER, 2011).

A acerola é um fruto classificado como climatérico, ou seja, passa por uma série de alterações bioquímicas durante os processos de maturação, amadurecimento e senescência, destacando-se a degradação da clorofila, a síntese dos carotenoides e das antocianinas, o decréscimo na acidez e a acentuada perda de vitamina C ao longo desses estádios. As alterações podem acontecer quando o fruto está na planta ou após a colheita, podendo ser colhidos no início da maturação (verde, verde-amarelado ou até vermelha), quando se destinam a fabricação de produtos em pó, cápsulas, concentrados para o enriquecimento de outros alimentos. Para a extração de vitamina C, o ponto de colheita ideal é verde, pois ocorre redução dessa vitamina com o amadurecimento dos frutos (ALVES; CHITARRA; CHITARRA, 1995).

As acerolas apresentam elevado pico de taxa respiratória ($900\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}$), mas com uma baixa taxa no pico de produção de etileno ($3 \mu\text{L C}_2\text{H}_4\text{kg}^{-1} \text{ h}$) (CARRINGTON; KING, 2002). Essa elevada taxa respiratória acelera o amadurecimento e com isso o tempo viável de vida pós-colheita para seu aproveitamento como alimento (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A composição química dos frutos de aceroleira depende da espécie, localização do plantio, fertilização, condições do meio ambiente e do estágio de maturação dos frutos (LIMA et al., 2005).

A aceroleira desenvolve-se melhor em temperaturas médias de 26°C com precipitação pluviométrica variando de 1200 a 1600 mm. Chuvas excessivas causam a formação de frutos aquosos, menos ricos em açúcares e em vitamina C (ALVES; MENEZES, 1995).

3.2 Composição da acerola

A composição química e sensorial da acerola pode ser afetada severamente por diversos fatores, como a variedade da aceroleira, época da colheita, condições ambientais, tempo de armazenamento e estágio de maturação do fruto. O teor de vitamina C e outras características atribuídas à qualidade da acerola, tais como coloração, peso e tamanho dos frutos, teor de sólidos solúveis e pH do suco, além de serem afetados pela desuniformidade genética dos pomares, sofrem influência de vários outros fatores, como: precipitações pluviais, temperatura, altitude, adubação,

irrigação, aplicação de pesticidas e a ocorrência de pragas e doenças (VENDRAMINI, TRUGO, 2000; NOGUEIRA et al., 2002).

O fruto é conhecido principalmente por seu alto teor de vitamina C, variando entre 3 e 46 g kg⁻¹, sendo uma das mais importantes fontes naturais desta vitamina. O consumo de três unidades de fruta por dia satisfaz a ingestão diária de vitamina C recomendada para um adulto (MERCALI et al., 2011; VENDRAMINI; TRUGO, 2000).

Ferreira et al. (2009) relatam que além do ácido ascórbico, o fruto apresenta valores consideráveis de tiamina, riboflavina, niacina, proteínas e sais minerais, principalmente ferro, cálcio e fósforo. Vendramini e Trugo (2000) caracterizando acerola em três estágios de maturação diferentes encontraram para sua composição química os dados mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Características de acerolas em diferentes estádios de maturação.

Características	Estádio de maturação		
	Imatura (verde)	Intermediária (amarela)	Madura (vermelha)
Vitamina C (mg 100g ⁻¹)	2164	1065	1074
Proteína (g 100 g ⁻¹)	1,2	0,9	0,9
Cinzas (g 100 g ⁻¹)	0,4	0,4	0,4
Umidade (g 100 g ⁻¹)	91,0	92,4	92,4
Acidez (mL de NaOH 0,1 N 100 g ⁻¹)	18,2	15,6	34,4
pH	3,7	3,6	3,7
Sólidos solúveis (°Brix)	7,8	7,7	9,2
Açúcar redutor (g 100 g ⁻¹)	3,3	4,2	4,4
Açúcar não redutor (g 100 g ⁻¹)	1,1	0,1	ND*
Açúcar total (g 100 g ⁻¹)	4,4	4,3	4,4

*ND não detectado.

Fonte: Vendramini e Trugo (2000).

A vitamina C tem um importante papel como antioxidante, o que a faz atuar no sistema imunológico no tratamento de infecções. Essa característica tem levado a realização de muitas pesquisas sobre o assunto, por que muitas doenças são causadas pelo estresse oxidativo causado por espécies reativas de oxigênio (PAGANI, 2010).

Na literatura, muita atenção tem sido dada ao seu conteúdo em carotenóides e flavonóides em função de suas propriedades antioxidantes. Os carotenóides também são moléculas presentes na acerola em níveis entre 3,2 a 406 mgkg⁻¹ (LIMA et al., 2005).

Mezadri et al. (2005) identificaram por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) diversos pigmentos carotenóides em acerola como neoxantina, neochrome, violaxantina, luteoxantina, auroxantina, antheraxantina, mutatoxantina, luteína, beta-criptoxantina 5-8-epóxido, beta-caroteno, etc. Entre as moléculas identificadas, o beta- caroteno apresenta o maior teor (40 a 60% do total de carotenoides). Conforme Lima et al. (2003) em relação aos flavonóides, os principais componentes de acerola frutos são as antocianinas (37,9-597,4mg kg⁻¹) e flavonóis (70-185mg kg⁻¹),

Segundo Righetto et al. (2004), os ácidos orgânicos presentes nos frutos contribuem para seu aroma e sabor característico, participa da síntese e compostos fenólicos e são importantes para o metabolismo de uma forma geral. Os autores detectaram nos sucos de acerola em diferentes estágios de maturação os ácidos tartárico, málico, cítrico e ascórbico, sendo o último, responsável por 83% dos ácidos totais no suco concentrado, 87% no suco de acerola verde e 67% no suco da fruta madura. Um teor significativo de ácido málico foi encontrado nos sucos e representaram 12% no suco de acerola verde e 32% no suco da acerola madura.

Quanto ao perfil de fenólicos, foram identificados na acerola *in natura* os compostos ácido p-cumárico, ácido ferúlico, ácido caféico, ácido clorogênico e quercetina. Já no suco de acerola verde foi detectada a presença de ácido gálico, catequina, ácido cumárico, ácido siríngico, ácido caféico e ácido ferrúlico, furfural, procianidinas, ácido clorogênico B1, galato de epigallocatequina, epicatequina e rutina (MEZADRI et al., 2006).

3.3. O potencial de comercialização da acerola

A acerola apresenta uma curta vida pós-colheita com perdas de 40%, em função da sua elevada taxa respiratória, sua estrutura frágil e manuseio inadequado. Esse fato dificulta sua comercialização, na forma *in natura*, a grandes distâncias. Por isso, faz-se necessária a utilização de técnicas de processamento adequadas para prolongar o período de conservação das frutas, preservando a sua qualidade (MATSUURA et al., 2011).

Segundo Tanaka (2007), o fruto apresenta grande potencial de aproveitamento industrial tanto na área alimentícia como na farmacêutica, o que têm atraído interesse dos fruticultores de várias regiões do Brasil. O seu potencial nutricional, principalmente no que se refere ao teor de vitamina C, torna-o uma importante matéria-prima para o desenvolvimento de novos produtos. A

transformação de frutos em produtos industrializados, possibilita absorver grande parte da colheita, favorecendo o consumo dos frutos durante o ano todo e não apenas no período da safra.

As indústrias processadoras de frutos tropicais processam, no Brasil, cerca de, 34 mil toneladas de acerolas por ano, o que equivale a 7,16% do total de frutos processados por estas empresas. As acerolas processadas geram, aproximadamente, 18 mil toneladas de sucos e polpas por ano, concentrando-se esta produção na região Nordeste (FREITAS et al., 2006).

Os principais produtos processado de acerola comercializados no Brasil são a polpa pasteurizada congelada e o suco pasteurizado. As características e composição desses produtos no Brasil devem seguir os padrões de identidade e qualidade para polpas e sucos de frutas, aprovado pela Instrução Normativa Nº 12, de 04 de setembro de 2003 do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2003). Outros produtos como néctares, geleias, conservas, licores, vinhos, sorvetes, balas, barras nutritivas, iogurte, cobertura de biscoito, xaropes e sucos de outras frutas (*blends*) para enriquecimento com vitamina C também estão no mercado, porém em menor escala (RITZINGER; RITZINGER, 2011).

Os produtos utilizando acerola como matéria-prima tem potencial de mercado não só no Brasil, mas também no Japão, EUA e alguns países da Europa. No Japão, a acerola processada é utilizada na fabricação de suplementos vitamínicos e na fortificação de outros sucos. Na Europa, especificamente na Alemanha, França, Bélgica e Hungria, a acerola é usada principalmente no enriquecimento de sucos. Nos Estados Unidos, sua principal utilização é como suplemento vitamínico na indústria farmacêutica. Outro mercado promissor é a América Latina, especialmente os países do Mercosul, destacando-se a Argentina como um importante importador (MEZADRI et al., 2006).

A utilização de frutos verdes de acerola como matéria-prima abre um leque de possibilidades no que diz respeito à inserção de novos produtos alimentícios de acerola no mercado, principalmente devido ao potencial vitamínico que o fruto nesse estágio de maturação apresenta. A indústria farmacêutica vem explorando esse mercado com mais vigor que a indústria alimentícia mediante as técnicas de atomização ou liofilização.

A fruta verde é transformada em pó, o qual pode ser usado como ingrediente na indústria alimentícia, adicionado a sucos naturais ou em massas pré-prontas para bolos e doces. O pó também pode ser colocado em cápsulas de gelatina para consumo direto. (RITZINGER; RITZINGER, 2011).

3.4. O processo de atomização *spray drying*

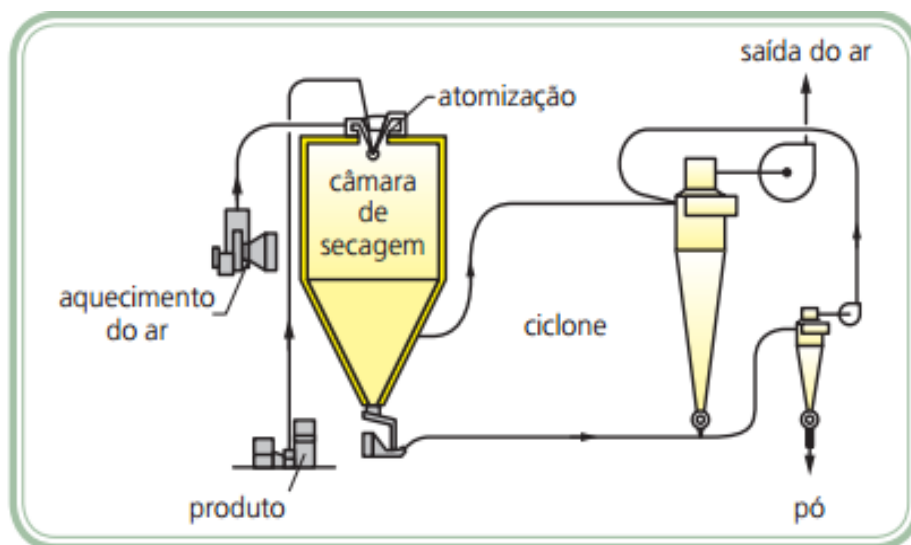
A secagem por atomização é uma das técnicas extensivamente utilizadas na indústria de alimentos. O método utiliza um secador denominado atomizador (*spray dryer*) que em condições ideais de processamento pode obter produtos em pó de alta qualidade. Pós de suco de frutas têm muitos benefícios e potencialidades econômicas sobre os seus homólogos líquidos como a redução do volume ou peso, a embalagem reduzida, fácil manuseio e transporte e muito mais tempo de vida de prateleira. Além disso, seu estado físico proporciona uma maior estabilidade e um ingrediente facilmente doseável, que geralmente encontra uso em muitos alimentos e produtos farmacêuticos, tais como aromatizantes e corantes (GOULA; ADAMOPOULOS, 2010).

O atomizador ou *spray dryer* consiste basicamente de uma câmara, geralmente cônica, na qual o material a ser desidratado é introduzido por aspersão sob pressão, por meio de bicos atomizadores, resultando em micro gotículas. Estas, ao entrar em contato com o ar quente que supre o calor necessário à evaporação, formam microesferas. Em seguida há a separação do produto seco do ar de saída, que é recolhido em um compartimento. Esse processo produz partículas esféricas devido à suspensão livre das gotículas líquidas no meio gasoso. As partículas formadas podem ser sólidas, com parede contínua, ou porosa, dependendo das características do material utilizado e das condições de secagem (SHAHIDI; HAN, 1993; AZEREDO et al., 2004).

O *spray dryer* é amplamente utilizado na indústria alimentícia na produção de café solúvel e leite em pó, resultando em um pó de boa qualidade, baixa atividade de água e de fácil transporte e armazenamento. As propriedades físicas do produto obtido dependem de algumas variáveis do processo, tais como as características do alimento líquido (viscosidade, tamanho das partículas, vazão) e do ar de secagem (temperatura, pressão), bem como do tipo de atomizador (GOULA; ADAMOPOULOS, 2010).

O esquema de funcionamento de um *spray dryer* está apresentado na Figura 3. O processo de secagem consiste em pulverizar uma emulsão ou solução do material a ser encapsulado com a matriz encapsulante para dentro de uma câmara submetida a uma corrente controlada de ar quente que supre o calor necessário à evaporação do solvente, resultando na formação de um pó. O ar quente promove uma rápida evaporação da água, devido a alta relação área de superfície/volume das gotículas. Com isso, o tempo de exposição das partículas ao calor é curto e a temperatura do núcleo não ultrapassa os 100°C, o que reduz a ocorrência de alterações indesejáveis em compostos termossensíveis, embora alguns compostos de sabor de baixo ponto de ebulição possam ser perdidos (FANG; BHANDARI, 2011; MOURA, 2010).

Figura 3 - Esquema de funcionamento de um *spray dryer*.



Fonte: http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_prod_alim/tec_alim/181012_con_alim.pdf.

Segundo Rosa, Tsukada e Freitas (2010) o conjunto padrão que compõe um atomizador do tipo *spray dryer* é constituído de:

- 1) Sistema de atomização do material;
- 2) Sistema de aquecimento e controle de temperatura do ar de secagem;
- 3) Sistema de bombeamento e controle de vazão da alimentação do material a ser seco;
- 4) Sistema da alimentação de ar para secagem;
- 5) Câmara de secagem
- 6) Sistema de separação ar - pó seco.

A desidratação de sumos de fruta não é uma tarefa simples, de forma que sucos de frutas em pó produzidos por atomização podem apresentar alguns problemas em suas propriedades, tais como a alta higroscopicidade e solubilidade, devido à presença de açúcares e ácidos de baixa massa molar, tais como frutose, glicose e sacarose e também de ácidos orgânicos; como ácido cítrico, málico e ácido tartárico, que constituem mais de 90% dos sólidos em sucos e purês de frutas. Estes compostos têm baixa temperatura de transição vítrea (sacarose: 62°C, frutose: -5°C e glicose: 32° C), assim podem aderir à parede do secador durante o processo, levando a um baixo rendimento e problemas operacionais (FAZAELI et al., 2012, WANG; LANGRISH, 2009). Alguns desses problemas podem ser resolvidos por meio da adição de agentes carreadores ou encapsulantes de alto peso molecular (polímeros e gomas) antes da atomização, para facilitar o processo de secagem, transporte e conservação das substâncias presentes nas frutas. Além de reduzir a

higroscopicidade do pó, esses agentes, normalmente utilizados na microencapsulação, podem proteger componentes termossensíveis contra condições ambientais desfavoráveis, mascarar ou preservar sabores e aromas e reduzir a volatilidade e a reatividade (TONON et al., 2009).

Ferrari et al. (2012) referenciam o processo *spray dryer* como uma alternativa viável para a conservação de substâncias termossensíveis presentes nos frutos. Dada a sua versatilidade e o pequeno tempo de permanência do produto na câmara de secagem o *spray dryer* tornou-se o principal equipamento para a secagem de materiais que apresentam sensibilidade ao calor (ROSA; TSUKADA; FREITAS, 2010). Outra vantagem do uso do secador é o pequeno tamanho das partículas (geralmente menores que 100 μm), o que torna o produto altamente solúvel; por outro lado, mais suscetível à oxidação (AZEREDO, 2005).

3.5 Microencapsulação

A microencapsulação é um processo utilizado para a proteção de partículas sólidas, líquidas ou gasosas que se baseia na cobertura polimérica de um agente ativo, o qual é aprisionado e protegido de condições adversas do meio, promovendo a estabilidade e o aumento da sua vida útil. (GOULA; ADAMOPOULOS, 2010; MENEZES et al., 2013). O processo de microencapsulação vem sendo muito usado para proteger e melhorar a estabilidade de compostos bioativos presentes em sucos de frutas (TONON et al., 2009).

A microencapsulação é uma técnica relativamente recente que se destaca por permitir um controle sofisticado de certas propriedades do produto, por ser uma tecnologia que envolve processos complexos que permitem incorporar a um material ativo novas propriedades funcionais, como a liberação ou atuação controlada em um meio específico ou sob condições apropriadas, tornando mais eficaz o produto final do qual esse material fará parte (FAZAELI et al., 2012; SOUSA, 2012).

A idealização de microcápsulas surgiu da observação do modelo celular. Na célula, a membrana que envolve o citoplasma tem a função de proteção do material recoberto, como também do controle do fluxo de entrada e saída através dela, controlando a perda de água, regulando a entrada de nutrientes, a transferência de gases, etc. Esporos bacterianos e sementes de plantas ficam viáveis por longos períodos devido a esse tipo de proteção externa. Semelhante a membrana celular, a microcápsula, em geral, é formada por um polímero que atua como filme protetor, isolando o composto ativo e evitando os efeitos de sua exposição a fatores indesejados (RÉ, 2000).

Segundo Gibbs et al. (1999), os primeiros produtos com material encapsulado surgiram na década de 1950. As primeiras microcápsulas eram impermeáveis e liberavam os compostos ativos quando rompidas, geralmente por meios mecânicos. Em 1954 a técnica foi aplicada no desenvolvimento de cápsulas contendo um corante, que foram impregnadas em papel, para substituição do papel carbono (RÉ, 2000).

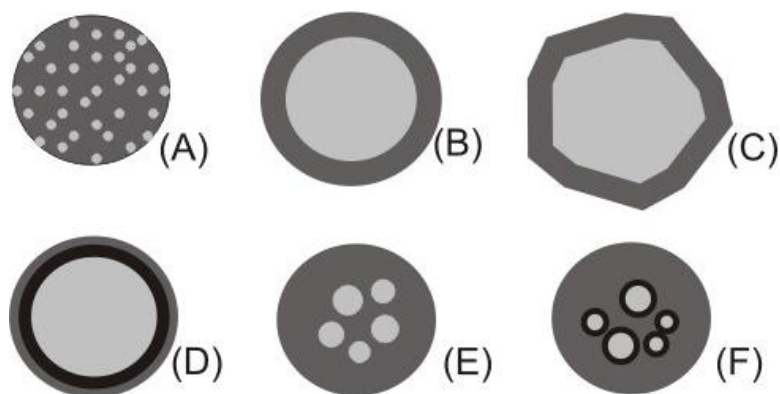
As primeiras pesquisas na área farmacêutica foram realizadas na Universidade de Wisconsin, nos Estados Unidos. Nesse campo de estudo, as microcápsulas eram utilizadas principalmente para aumentar a estabilidade de uma droga ou para modificar ou retardar sua liberação em locais específicos de ação no organismo humano (SCHOOYEN et al., 2001).

A cápsula é formada por duas partes distintas: o recheio ou núcleo e o material que forma a cápsula, o encapsulante, cobertura ou parede. As cápsulas podem ser classificadas por tamanho em 3 categorias: macro ($>5000\mu\text{m}$), micro ($0,2\text{-}5000\mu\text{m}$) e nanocápsulas ($<0,2\mu\text{m}$). Em termos de arquitetura, as cápsulas podem ser divididas em dois grupos: aquelas nas quais o núcleo é nitidamente concentrado na região central, circundado por um filme definido e contínuo do material de parede, e aquelas nas quais o núcleo é uniformemente disperso em uma matriz (AZEREDO, 2005).

O primeiro grupo pode ser classificado como sistema do tipo reservatório e caracteriza as “verdadeiras” microcápsulas; e o segundo, classificado como sistema matricial, resulta nas chamadas microesferas. A principal diferença entre as microcápsulas e as microesferas está no fato de que, nas microesferas, uma pequena fração do material encapsulado permanece exposto na superfície, o que é evitado pela verdadeira encapsulação. No entanto, o termo ‘encapsulação’ tem sido usado em seu sentido mais amplo, englobando tanto a formação de microcápsulas quanto de microesferas. As microcápsulas podem ter ainda mais de um núcleo, ou várias paredes para um mesmo núcleo (AZEREDO, 2005; MOREIRA, 2009).

A Figura 4 apresenta alguns dos principais modelos de microcápsulas.

Figura4 - Principais modelos de microcápsulas. (A): matriz (microesfera); (B): microcápsula simples; (C): simples, irregular; (D): duas paredes; (E): vários núcleos; (F): agrupamento de microcápsulas.



Fonte: Azeredo (2005).

Em relação à indústria alimentícia, a encapsulação apresenta diversas aplicações, podendo ser utilizada para estabilização de material encapsulado, controle de reações oxidativas, para mascarar sabores, cores ou odores indesejáveis, prolongar a vida útil e proteger compostos bioativos de valor nutricional contra condições ambientes adversas (luz, umidade, oxigênio, radiação UV), proteger componentes sensíveis dos alimentos contra outros ingredientes durante a estocagem, proteger os alimentos contra perdas nutricionais ou até mesmo adicionar materiais nutritivos a eles, incorporando mecanismos de liberação controlada às formulações, diluir material do núcleo quando do uso em quantidades muito pequenas e, finalmente, tornar o produto mais atrativo, promovendo uma maior flexibilidade e controle no desenvolvimento de produtos mais saborosos e nutritivos, a fim de satisfazer as expectativas dos consumidores (RÉ, 2000; MENEZES et al., 2013; MOURA, 2010).

Entre os materiais que podem ser encapsulados, para aplicação na indústria alimentícia, incluem-se os ácidos, bases, óleos, vitaminas, sais, gases, aminoácidos, *flavors*, corantes, enzimas e microorganismos. Devido ao avanço das técnicas de microencapsulação, a mesma está deixando de ser somente um método de agregação de substâncias a uma formulação alimentícia, para tornar-se uma fonte de ingredientes totalmente novos e com propriedades únicas (ANEKELLA; ORSAT, 2013; MENEZES et al., 2013).

A microencapsulação de substâncias quimicamente sensíveis, como o ácido ascórbico por *spray drying* tem se mostrado viável para obtenção de sucos desidratados, concentrando as substâncias ativas típicas e protegendo-as em uma matriz polimérica contra oxidação. A vitamina C ou ácido ascórbico (AA) é uma vitamina hidrossolúvel e termolábil que se caracteriza como um

antioxidante instável, facilmente oxidável, cujas ligações podem ser quebradas pelo oxigênio, bases alcalinas e temperaturas elevadas (AZULAY et al., 2003).

3.5.1 Os materiais encapsulantes

A adição de coadjuvantes de secagem, também chamados de carreadores ou material de parede promove uma melhora significativa na qualidade dos pós atomizados. O comportamento pegajoso pode ser evitado através da adição destas espécies químicas, como também a partícula adquire proteção contra agentes externos. Os materiais encapsulantes geralmente são de natureza semi-permeável, apresentando morfologia esférica, e envoltos por uma resistente membrana sólida ou sólida/líquida com diâmetro variando de poucos microns a 1mm (ANAL; SINGH, 2007; BARBOSA,2010).

A natureza do material encapsulante é um dos principais fatores que afetam a estabilidade dos compostos encapsulados, por isso a sua escolha deve levar em consideração uma série de fatores, como propriedades físicas e químicas do núcleo (porosidade, solubilidade, etc) e da parede (viscosidade, propriedades mecânicas, transição vítrea, capacidade de formação de filme, etc), compatibilidade do núcleo com a parede, mecanismo de controle e fatores econômicos. Os materiais mais utilizados como agentes encapsulantes são as gomas vegetais, os carboidratos, as celulosas, os lipídeos e as proteínas.

A Tabela 2 apresenta os principais materiais de parede utilizados nas indústrias de alimentos (SHAHIDI e HAN, 1993; PAGANI,2010). Uma limitação para uso da atomização na indústria de alimentos é o número restrito desses materiais disponíveis, considerando que para estes materiais, as formulações a serem atomizadas devem ser aquosas e o material de parede razoavelmente solúvel em água (AZEREDO, 2005; MOREIRA, 2007).

Tabela 2 – Agentes encapsulantes comumente utilizados como ingredientes alimentícios.

Classe	Principais exemplos
Carboidratos	Amidos, maltodextrinas, xarope de milho, dextranas, sacarose e Ciclodextrinas
Celuloses	Carbóxi metilcelulose, metilcelulose, etilcelulose, nitrocelulose, Acetilcelulose
Gomas	Goma arábica, alginato de sódio, goma carragena
Lipídeos	Cera, parafina, ácido triesteárico, diglicerídeos, monoglicerídeos, óleos, gorduras, óleos solidificados
Proteínas	Gluteína, caseína, gelatina, albumina, hemoglobina, peptídeos

Fonte: Pagani (2010).

Dentre os compostos mais utilizados como material de parede durante a secagem por pulverização de sucos de frutas destacam-se os carboidratos, os quais apresentam capacidade de se ligar a compostos que conferem sabor, elevada solubilidade e baixa viscosidade, requisitos importantes para o processo de secagem por atomização, além disso, possuem grande diversidade de apresentação e baixo custo (QUEK et al., 2007, FAZAELI et al., 2012).

Os produtos à base de amido parcialmente hidrolisado tem mostrado boa eficácia como agente carreador de secagem na obtenção de produtos em pó. Esses polímeros possuem sabor neutro, ausência de odor e são facilmente digeríveis, sendo ainda classificados de acordo com seu grau de hidrólise, expresso como “equivalente de dextrose ou dextrose equivalente - DE” (BARBOSA, 2010). Existe alta correlação entre o valor da dextrose equivalente (DE) e a estabilidade oxidativa conferida ao núcleo. Com o aumento do DE, aumenta a barreira ao oxigênio e, portanto, a estabilidade oxidativa. Por outro lado, quanto maior o DE, menor a temperatura de transição vítrea, aumentando a probabilidade de aglomeração (*caking*) do pó obtido (AZEREDO, 2005).

Obon et al. (2009) relata que segundo a United States Food and Drug Administration (USFDA) polímeros com DE até 20 são consideradas maltodextrinas e polímeros com DE acima deste valor são considerados xaropes de glicose.

A eficácia da maltodextrina como carreador de secagem tem sido mostrada em pesquisas como a de Tonon et al. (2009), que estudando a influência das condições de processo nas propriedades físico-químicas do açaí em pó obtido por *spray drying* observaram que o aumento da concentração de maltodextrina proporcionava a formação de um pó menos higroscópico e com maior retenção de compostos de interesse. A maltodextrina apresenta ainda uma baixa viscosidade a

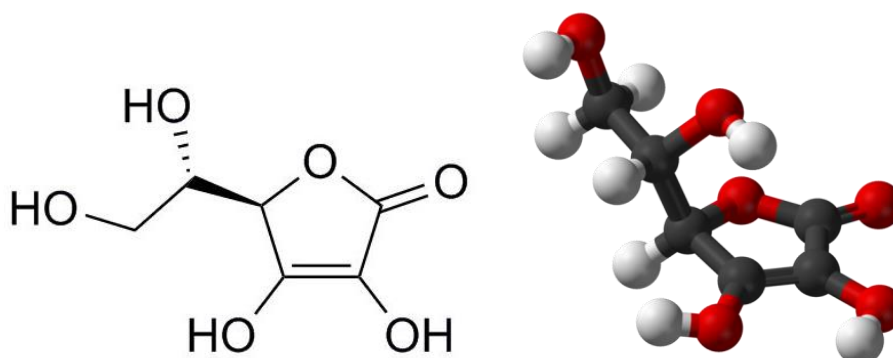
altas concentrações, o que propicia pós de melhor qualidade (BANGS; REINECCIUS, 1998; APINTANAPONG; NOOMHORM, 2003).

3.6. A vitamina C

As vitaminas são estruturas orgânicas naturais que apresentam pequeno peso molecular e estão presentes nos alimentos em pequenas doses, não tendo valor energético intrínseco significativo. Em geral, são micronutrientes essenciais necessitando assim serem fornecidas ao organismo para assegurar a normalidade do desempenho de diversas funções fisiológicas, particularmente promovendo o crescimento, a manutenção da vida e a capacidade de reprodução dos animais superiores, incluindo o homem. As vitaminas tem atuação muito específica no funcionamento do organismo, por isso sua ausência ou deficiência poderá causar síndromes também específicas (COMBS, 2008).

A vitamina C ou ácido ascórbico (Figura 5) é uma vitamina hidrossolúvel e termolábil que se apresenta como uma lactona ($C_6H_8O_6$) cujo peso molecular é de 176,13 g/mol. Em termos químicos é um antioxidante instável, facilmente oxidável e cujas ligações podem ser quebradas pelo oxigênio, por bases e temperaturas elevadas. Na natureza apresenta-se nas formas dos ácidos: L-ascórbico, D-ascórbico, L-iso-ascórbico e D-iso-ascórbico. A principal forma biologicamente ativa é o ácido L-ascórbico (LAA), o qual se oxida ao ácido L-dehidroascórbico (DHA), estando este último bem menos presente nas substâncias naturais. A transformação do LAA em DHA ocorre normalmente no interior do organismo e é reversível, permitindo que uma de suas substâncias possa sempre ser transformada na outra (AZULAY, 2003).

Figura 5 – Estrutura molecular e espacial do ácido ascórbico.



Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ácido_ascórbico.

A estrutura do ácido ascórbico assemelha-se a um monossacarídeo e apresenta um grande poder redutor devido a sua estrutura dienólica (MURRAY et al., 1993). No seu estado natural, apresenta-se na forma de cristal ou pó, e pode apresentar coloração que varia do branco ao amarelo. A vitamina C encontra-se nos frutos, principalmente os pertencentes a família dos citrinos, tais como laranjas, limões, limas e tangerinas, sendo todavia também abundante nos vegetais verdes foliiformes (PIRES, 2008).

Em 1932, o isolamento da vitamina C em forma pura cristalina foi conseguida independentemente por dois grupos de pesquisadores. A estrutura química foi identificada e o produto sintetizado sob a forma fisiologicamente ativa pouco depois. Em 1938 o ácido ascórbico foi oficialmente aceito com o nome químico da vitamina C (ANDERSON et al., 1988; ARANHA et al., 2000; FIORUCCI et al., 2003).

Em 1747, James Lind, médico escocês da Marinha Britânica foi o primeiro a correlacionar a alta morbidade e mortalidade dos marinheiros ingleses com a deficiência da vitamina C. Ele documentou a ingestão de sucos cítricos no tratamento do escorbuto, realizando o primeiro estudo controlado de que se tem notícia na Medicina. Lind comparou grupos de tratamento e comprovou que o grupo que recebeu duas laranjas e um limão por dia melhorou drasticamente da doença em uma semana. Os resultados de sua experiência foram publicados em 1753. Em 1795 tornou-se obrigatória, na Marinha Britânica, a ingestão diária de sumos de frutas cítricas (AZULAY et al., 2003).

Oportunamente, Linus Pauling (1901-1994), ganhador do Prêmio Nobel de Química, com suas pesquisas disseminou e popularizou a vitamina C. O pesquisador recomendava doses altíssimas da vitamina para o combate de resfriados, gripes e outras viroses, bem como na prevenção do câncer e outras doenças degenerativas.

O homem está entre os mamíferos incapazes de sintetizar o ácido ascórbico devido à ausência da enzima hepática L-gulonolactona-oxidase, que catalisa a conversão da L-gulonolactona em ácido ascórbico, e por esta condição, faz-se necessária a ingestão dietética da vitamina C para cumprimento das funções fisiológicas em que ela é necessária (LEHNINGER et al., 1993).

O ácido ascórbico é um doador de elétrons, característica essa que lhe permite participar da aceleração de reações de hidroxilação, na regulam o sistema nervoso através da biossíntese da carnitina, da dopamina, da noradrenalina e da adrenalina e ativam o metabolismo da tirosina, do ácido fólico e triptofano. Nessas reações o ácido ascórbico fornece elétrons a enzimas que necessitam de íons metálicos prostéticos para atingirem atividade enzimática máxima (GONZALEZ et al., 2005; IQBAL et al., 2004).

A vitamina C tem papel relevante na cicatrização de ferimentos e fraturas, pois é necessária na formação da hidroxiprolina e hidroxilisina, compostos presentes no colágeno, juntamente com o O_2 e o Fe^{2+} (MURRAY et al, 1993).

As propriedades dessa vitamina são ainda importantes na prevenção da anemia. A absorção do ferro-heme é aumentada na presença dessa vitamina, mesmo quando existem no meio fatores inibidores como fitatos, polifenóis, fosfatos, carbonatos e taninos. A vitamina C atua ainda como cofator enzimático, participando dos processos de óxido-redução, aumentando a absorção de ferro e a inativação de radicais livres (GUILLAND e LEQUEU, 1995;LEVINE et al., 2011). A deficiência de vitamina C pode causar alterações das reservas de ferro do baço, mas não sobre suas reservas hepáticas. A suplementação de vitamina C acelera a mobilização do ferro.

A falta da Vitamina C causa imperfeições na produção da matriz óssea ou osteóide e embora continuem a haver deposição cálcica, as alterações da osteóide impedem o processo de ossificação normal (SANTOS et al., 1989).

Segundo Vannucchi e Rocha (2012) o ácido ascórbico atua como um antioxidante, por estar disponível para uma oxidação energeticamente favorável. Por ser facilmente oxidado pelo ar, sofre a oxidação em preferência ao alimento, preservando a qualidade deste. Muitos oxidantes como o radical hidroxilo contêm um elétron não emparelhado, e, com isso, são muito reativos e prejudiciais para as pessoas, plantas e alimentos, em nível molecular, devido as possíveis interações com os ácidos nucléicos, proteínas e lipídios. As espécies de oxigênio reativas são reduzidas a água, enquanto que as formas oxidadas do ácido ascórbico (monodehidroascórbico e dehidroascórbico) são relativamente estáveis e não reativas (PEREIRA, 2008).

O ácido ascórbico, como antioxidante em alimentos, atua na remoção do oxigênio prevenindo assim, a oxidação de constituintes sensíveis do alimento, além de atuar sinergisticamente com os agentes complexantes na redução de produtos indesejáveis da oxidação (RAMALHO, 2005).

3.7 Aspectos do desenvolvimento de produtos alimentícios

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Resolução - CNNPA nº 12, de 1978 e Portaria nº 31, de 13 de janeiro de 1998, alimento enriquecido ou fortificado é todo aquele ao qual for adicionado um nutriente com a finalidade de reforçar seu valor nutricional, seja repondo quantitativamente os nutrientes destruídos durante o processamento do alimento, seja suplementando-os com nutrientes em nível superior ao seu conteúdo normal. A fortificação de alimentos tem sido utilizada para corrigir a manifestação de deficiências e assegurar

que a ingestão de vitaminas e minerais atinja os níveis recomendados (BRASIL,1978; BRASIL, 1998).

O mercado de alimentos contendo ingredientes funcionais vem se modificando a cada ano e a competição pela conquista do consumidor torna-se mais intensa a cada dia. Anteriormente, a produção de alimentos focava na redução de custos, na melhoria da produtividade e ignorava os aspectos nutricionais. Essa tendência vem sendo alterada, recentemente, e tornou-se desafiadora para os cientistas e nutricionistas. Fatores como o sabor, qualidade, preço, conveniência e efeitos de alimentos funcionais sobre a saúde atualmente consistem de peças chaves na intenção de compra pelo consumidor (CARDOSO SANTIAGO et al., 2001; GOMES, 2011).

Com a modernidade, a sociedade está direcionada ao consumo de produtos semi-prontos ou prontos denominados “*ready to eat*” (SANTOS et al., 2011). O crescimento desse consumo se faz notável devido a preferência dos consumidores pela praticidade desses alimentos. No entanto, apesar de serem ricos em energia, eles não fornecem alguns dos nutrientes necessários para o bom funcionamento do organismo, além de contribuir para o desequilíbrio da ingestão de nutrientes em geral. Por outro lado, esses alimentos podem ser uma boa maneira de transmitir alguns nutrientes para grupos populacionais específicos que apresentam deficiências, principalmente de micronutrientes (MOREIRA-ARAUJO et al, 2008).

Atributos sensoriais como cor, textura e sabor são fundamentais para aceitação ou rejeição de produtos alimentícios inovadores, por parte do mercado consumidor. Segundo Gomes (2011) o sabor é o atributo mais apreciado em um alimento e a textura o principal fator para rejeitá-lo. É fundamental que alimentos enriquecidos ou fortificados sejam desenvolvidos prezando por estes atributos de qualidade, como também segurança e baixo custo. Pesquisas científicas veem mostrando a importante relação que existe entre os alimentos e o surgimento de doenças, supondo, portanto, que a saúde pode ser controlada pela alimentação (MOREIRA-ARAUJO, 2000).

A indústria brasileira vem utilizando cada vez mais produtos alimentícios em pó como ingredientes em suas formulações, tendo em vista que tais produtos reduzem significativamente custos operacionais, tais como embalagem, transporte, armazenamento e conservação, elevando o valor agregado dos mesmos.

Neste contexto, a elaboração de novos produtos a base de acerola representa uma alternativa tecnológica viável, considerando que o fruto está historicamente associado a alimentação saudável por apresentar um alto potencial vitamínico. Por ser caracterizada como um fruto altamente perecível, a desidratação da acerola apresenta-se como uma alternativa eficiente para a sua conservação e melhor usufruto de seu potencial vitamínico pela indústria (MENEZES et al., 2009).

Diante dos hábitos alimentares da sociedade moderna e das novas tendências do mercado, torna-se atrativa e lucrativa a inclusão de novos produtos que estejam inseridos no contexto de praticidade e saudabilidade, fato que pode ser alcançado a partir da adição de nutrientes aos alimentos processados. O consumo cada vez maior de alimentos industrializados somado à baixa estabilidade das vitaminas tem induzido à elaboração de novos produtos fortificados com micronutrientes, como as vitaminas.

3.7.1 Os sorvetes

Os sorvetes são gelados comestíveis e segundo legislação brasileira são definidos como produtos congelados obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas; ou de uma mistura de água e açúcar(es). Os sorvetes podem ser adicionados de outro(s) ingrediente(s) desde que não descaracterize(m) o produto (BRASIL, 2005b).

Segundo a ABIS (Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvetes) os primeiros sorvetes foram produzidos pelos chineses, que misturavam neve com frutas fazendo uma espécie de sorvete. Esta técnica foi passada aos árabes, que logo começaram a fazer caldas geladas chamadas de *sharbet*, e que mais tarde se transformaram nos famosos sorvetes franceses sem leite, os *sorbets*.

O sorvete é produzido em trocador de calor de superfície raspada, onde o ar é disperso através da mistura pelas lâminas do trocador e mantido sob congelamento (WILDEMOSER et al., 2004). Desde sua invenção, vêm-se agregando ao sorvete novos sabores, texturas, formas e processos tecnológicos de fabricação (GRANGER et al., 2005).

O produto apresenta boa aceitação sensorial em públicos diversos: crianças, adolescentes e adultos, assim como pelos idosos (CRUZ et al., 2009). O Brasil apresenta uma ótima perspectiva para crescimento comercial do setor. O mercado de sorvete é versátil e rico em opções, faturando cerca de R\$ 4,1 bilhões em 2012 segundo relatório da MINTEL, empresa de pesquisa global. Pelos dados da ABIS, o consumo per capita em 2013 esteve na faixa de 6,19 litros de produto/ano por habitante. Esses números são ainda muito distantes da média per capita de alguns países, como os EUA, com 22,5 L/ano/habitante; Canadá, com 17,8 L/ano/habitante; Austrália, com 17,8 L/ano/habitante e Itália com 8,2 L/ano/habitante (SOUZA et al., 2010). A ABIS relata ainda que o setor apresentou um crescimento de 81,6% entre os anos de 2003 e 2013.

No Brasil, 66% dos consumidores demonstram interesse em sorvetes naturais. Entretanto, no país há poucos lançamentos com posicionamento “natural”. Análise do Banco de Dados de Novos Produtos (Global New Product Database) mostra que entre 2009 e 2012, somente

5% dos sorvetes lançados no Brasil vieram com o posicionamento de “natural”. Uma das oportunidades chave no Brasil está nos produtos que se posicionam como “saudáveis”, considerando que a adição de vitaminas e fibras podem tornar o sorvete mais nutritivo para os consumidores, aumentando o consumo. Inovações que trazem esses benefícios estão bem posicionadas para se destacarem entre os consumidores (MINTEL, 2013).

A composição do sorvete dependerá da formulação utilizada. Diversos tipos de sorvetes podem ser produzidos a partir da combinação dos ingredientes em diferentes proporções (ARBUCKLE, 1986). O principal ingrediente é o leite em todas as suas formas, representando 60 % da mistura. Seguem-se em ordem de importância quantitativa, açúcares (12 a 17 %), gorduras (10 a 17 %), proteínas (8 a 12 % em extrato seco desengordurado), estabilizantes e emulsificantes (0,2 a 0,5 %), além de outros ingredientes de interesse (ORDÓÑEZ PEREDA et al., 2005; SZCZESNIAK, 2000).

A legislação brasileira determina que o sorvete apresente, no mínimo, 3% de gordura e 2,5% de proteína, os quais podem ser total ou parcialmente de origem não láctea. Outros ingredientes, como frutas ou pedaços de frutas, açúcares, produtos de cacau e/ou outras substâncias alimentícias, podem ser adicionados, desde que não descaracterizem o produto (BRASIL, 2005b).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Matéria-primas

As acerolas utilizadas foram colhidas no estágio de maturação verde, em pomar comercial no perímetro irrigado Tabuleiro de Russas (CE), localizado na região do baixo vale do Jaguaribe (latitude Sul 5° 37' 20", longitude Oeste 38° 07' 08") e transportada para o Laboratório de Tecnologia Química do IFCE – Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza, para processamento e análise. Como material de encapsulamento utilizou-se a maltodextrina Maltogill® com dois graus de dextrinização, 10 e 20% (10DE, 20DE) fornecida pela Cargill, Uberlândia-MG, Brasil. Para elaboração do sorvete enriquecido foi utilizado sorvete comercial sabor graviola cedido por uma fábrica de sorvetes localizada no município de Jaguaribe (CE).

4.2 Metodologias

4.2.1. Obtenção do suco de acerola verde

As acerolas foram selecionadas por inspeção visual para retirada de frutos indesejados (maduros, danificados, etc) e devidamente higienizadas com hipoclorito de sódio (200 mg.L⁻¹). O suco de acerola verde foi obtido usando uma centrífuga doméstica seguida de filtração em papel de filtro quantitativo de celulose (28 µm) para retirada das fibras e demais partículas em suspensão. A Maltodextrina foi adicionada ao suco de acerola verde filtrado nas proporções de 10 %, 15 % e 20% (p/v). A mistura foi homogeneizada manualmente à temperatura ambiente (25°C) até a sua completa dissolução.

4.2.2 Estudos de secagem *spray drying* do suco de acerola verde

Para os estudos de secagem foi utilizado um mini *spray dryer* modelo B-290 da Büchi® (Figura 6), com dimensões de 60x50x110 cm, 48 kg e capacidade máxima de secagem de 1,0 kg de água por hora. Todos os ensaios foram conduzidos em escoamento co-corrente utilizando-se um sistema duplo fluido com bico pulverizador de 0,7 mm de diâmetro.

Figura 6 - Mini *spray dryer* modelo B-290 da Büchi®.



Fonte: <http://www.buchi.com/en/products/spray-drying-and-encapsulation/mini-spray-dryer-b-290-deutsch>.

A otimização do processo *spray drying* do suco de acerola verde para obtenção do pó foi realizada para os parâmetros de temperatura, teor de maltodextrina (agente de microencapsulação), taxa de aspiração ou fluxo de ar de secagem, vazão de alimentação do suco e fluxo ou vazão de ar comprimido.

Experimentalmente, na primeira etapa do estudo avaliou-se a influência do tipo e concentração do agente encapsulante e da temperatura de secagem sobre o rendimento da produção de ácido ascórbico por *spray drying* do suco de acerola verde. Os ensaios foram conduzidos para temperaturas do ar de 165 e 175°C, encapsulante (maltodextrina) com diferentes teores graus de dextrinização (10 e 20%) nas concentrações de 10, 15 e 20%. Nesta etapa foram mantidos constantes os parâmetros de taxa de aspiração em 100% (35 m³.h⁻¹ de ar de secagem), vazão de alimentação de 30% (9 mL.min⁻¹) e altura do rotâmetro em 40 mm (473 L.h⁻¹ de ar comprimido), conforme recomendado por Barbosa (2010) e Moreira et al. (2009).

A matriz de experimentos está apresentada na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 – Condições experimentais para avaliação dos efeitos da temperatura e do tipo e concentração do agente encapsulante (maltodextrina) na atomização *spray drying* do suco de acerola verde.

Tratamento	Dextrose equivalente	Concentração de maltodextrina (%)	Temperatura de secagem (°C)
1	DE 10	20	165
2	DE 10	15	165
3	DE 10	10	165
4	DE 10	20	175
5	DE 10	15	175
6	DE 10	10	175
7	DE 20	20	175
8	DE 20	15	175
9	DE 20	10	175
10	DE 20	20	165
11	DE 20	15	165
12	DE 20	10	165

Fonte: Autor (2014).

Considerando as condições ótimas estabelecidas a partir da Tabela 3 foram realizados ensaios (13, 14 e 15) para avaliar o efeito das diferentes taxas de aspiração (25, 30 e 35 m³.h⁻¹) sobre a retenção de vitamina C, considerado os valores mínimos pré-fixados da vazão de alimentação e fluxo de ar. Posteriormente na condição de fluxo mínima de ar e na taxa de aspiração ideal avaliou-se o efeito do aumento da vazão de alimentação sobre o teor de vitamina C (ensaios 13 e 16). Finalmente o efeito do fluxo de ar para os valores ótimos de taxa de aspiração evazão de alimentação foi avaliado (ensaios 13 e 17). A Tabela 4 sumariza o quadro de experimento para avaliação dos efeitos das variáveis operacionais em estudo.

Tabela 4 – Condições experimentais para avaliação dos efeitos operacionais da taxa de aspiração do ar de secagem, vazão de alimentação e fluxo de ar comprimido na atomização *spray drying* do suco de acerola verde.

Tratamento	Taxa de aspiração (m ³ .h ⁻¹)	Vazão de alimentação (mL.min ⁻¹)	Fluxo de ar comprimido (L.h ⁻¹)
13	35	9	473
14	30	9	473
15	25	9	473
16	35	15	473
17	35	9	670

Fonte: Autor (2014).

4.2.3 Estabilidade (vida de prateleira) do pó de acerola verde

A estabilidade do pó de acerola verde foi determinada a partir da determinação dos teores de: umidade, sólidos totais, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, solubilidade, higroscopicidade e vitamina C nas amostras em intervalos de 10 dias por um período de 90 dias.

4.2.4 Estudos de enriquecimento, estabilidade e análise sensorial em amostras de sorvete contendo pó de acerola verde

Para fins de futuras aplicações alimentícias do pó de acerola verde foi elaborado um sorvete enriquecido. Para tanto uma massa base de sorvete de 1000g foi adicionada durante a fase de batimento com 3,3 g de pó de acerola verde. A quantidade empregada na formulação foi cerca de 20% superior a dosagem recomendada pela Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005 da ANVISA que estabelece uma ingestão diária de 45 mg para um indivíduo adulto (BRASIL, 2005c). O excesso utilizado se justifica em função das possíveis perdas de vitamina C durante a etapa de armazenamento dos produtos elaborados. Os testes foram conduzidos empregando uma composição à base de sorvete de graviola produzido em uma fábrica de sorvetes no município de Jaguaribe (CE). O sorvete de graviola foi escolhido em função de suas características sensoriais serem bastante semelhantes a do pó em estudo.

A estabilidade do sorvete enriquecido foi determinada a partir da determinação do teor de vitamina C nas amostras a cada 10 dias por um período de 90 dias, como detalhado anteriormente.

Para a análise sensorial preliminar as amostras de sorvete foram submetidas ao teste de comparação pareada, com a finalidade de verificar a preferência dos consumidores entre o sorvete

de graviola comercial e o sorvete de graviola enriquecido com o pó de acerola verde. Os testes foram realizados no IFCE – Campus Jaguaribe, aplicados a 60 provadores não treinados e os sorvetes foram mantidos em *freezer* a $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, servidos assim que retirados deste em copos plásticos brancos descartáveis com capacidade para 50 mL. As amostras foram codificadas com algarismos aleatórios de 3 dígitos, posicionados ao acaso em bandeja, e oferecidas aos provadores, que não eram informados sobre a formulação. As amostras foram apresentadas duas a duas, sendo uma com sorvete de graviola comercial e outra com sorvete de graviola enriquecido com pó de acerola verde. As respostas foram registradas numa ficha (Anexo 1) onde o provador deveria escolher, entre as duas amostras oferecidas, qual a de sua preferência (DUTCOSKY, 2011). Não foi definido critério de preferência, embora os parâmetros de qualidade estética como cor, sabor, aroma e textura tendam a ser considerados. A partir dos dados coletados, soma-se a frequência de preferência para cada amostra, o que segundo Roessler et al. (1978), permite estabelecer se a preferência demonstrada foi significativa ou não, o que está plenamente definido a partir da tabela de significância entre duas amostras para o teste pareado bicaudal (DUTCOSKY, 2011).

4.2.5 Estudo cinético da estabilidade

A fim de observar o comportamento cinético do pó de acerola verde em sua forma isolada e quando adicionado a um sorvete de graviola foi realizado a modelagem cinética da estabilidade para os parâmetros de umidade, sólidos totais, acidez, pH e vitamina C no pó e no sorvete formulado.

O modelo cinético de primeira ordem foi escolhido por sua simplicidade fenomenológica e de implementação. A lei de velocidade representativa deste modelo está definida a partir da Equação 1 a seguir.

$$-\frac{dC}{dt} = k_1 C \quad (1)$$

Onde: C é a concentração de uma dada espécie química em estudo ou o valor de uma propriedade de interesse na amostra a um dado tempo t de processo e k_1 é a constante cinética de primeira ordem (t^{-1}).

Realizando o procedimento de linearização (separação das variáveis e integração) da Equação 1, obtém-se de forma direta o valor de k_1 , conforme a Equação 2:

$$\ln \frac{C}{C_0} = -k_1 t \quad (2)$$

4.2.6 Determinações analíticas

Detalhadamente as metodologias analíticas utilizadas nas diferentes fases da pesquisa estão apresentadas a seguir.

4.2.6.1 Umidade

As amostras de pó foram pesadas em capsula de porcelana contendo areia previamente tratada com ácido clorídrico, para melhor dispersão da amostra. A umidade foi determinada em estufa a 105°C até peso constante, sendo a primeira pesagem com três horas e as demais a cada uma hora (IAL, 2008).

4.2.6.2 Sólidos totais (ST)

O teor de sólidos totais foi determinado conforme IAL (2008) através do cálculo indireto, por diferença, a partir do valor da umidade.

4.2.6.3 Sólidos Solúveis (SS)

As amostras de pó foram diluídas na proporção de 1:4 e submetidos a leitura em refratômetro digital Atago modelo PR-100, com escala variando de 0 até 45 °Brix e compensação automática de temperatura, tomando duas gotas do filtrado após homogeneização da mistura pó e água na proporção 1:4. Os valores foram expressos em °Brix e registrado com precisão de 0,1 a temperatura de 25 °C (AOAC, 1992).

4.2.6.4 Acidez titulável

Para determinação da acidez titulável (AT) foi utilizado 1,0 mL de suco ou 0,3 g de pó, conforme o caso, os quais foram diluídos para 50 mL com água destilada. Fenolftaleína foi usada como indicador e a titulação foi realizada com hidróxido de sódio (NaOH) 0,01 N. Os resultados foram expressos em g de ácido málico/100g (IAL, 2008).

4.2.6.5 pH

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado diretamente no suco utilizando-se um potenciômetro digital modelo Orion Dual Star da Thermo Scientific calibrado com soluções tampões de pH 4,0 e 7,0.

4.2.6.6 Vitamina C

A vitamina C foi determinada conforme descrita pelo Instituto Adolfo Lutz – IAL (2008). As amostras foram pesadas e homogeneizadas em 50 mL de água e adicionou-se 10 mL de H_2SO_4 20%, 1 mL de KI 10% e 1 mL de amido 1%. A solução foi titulada utilizando iodato de potássio 0,02 M até coloração azul. Os resultados foram expressos em g/100g.

4.2.6.7 Cinzas

A determinação das cinzas residuais foi realizada através da carbonização das amostras em bico de Bunsen seguido de incineração em mufla (modelo Pyrotec, QUIMIS, Brasil) a 525 °C, valores expressos em porcentagem, conforme AOAC (1992).

4.2.6.8 Proteínas

As proteínas (%) foram determinadas através do método de Kjeldahl a partir da digestão da amostra e conversão das formas de nitrogênio em NH_3 , a qual é destilada e posteriormente titulada com HCl 0,1N (AOAC, 1992).

4.2.6.9 Higroscopicidade

A higroscopicidade (%) foi avaliada de acordo com a metodologia proposta por Cai e Corke (2000) e modificada por Barbosa (2010). Nesta metodologia cerca de 1g de amostra foram colocadas em um dessecador contendo uma solução saturada de NaCl com umidade relativa de 75% a 25°C até que o equilíbrio hídrico fosse atingido. Neste tempo, realizaram-se pesagens em intervalos de 48 horas até obtenção de peso constante. A higroscopicidade foi expressa como g de umidade adsorvida por 100g de massa seca da amostra ($\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$).

4.2.6.10 Solubilidade

A solubilidade (%) foi determinada conforme o método de Eastman e Moore (1984), modificado por Barbosa (2010). Em 100 mL de água destilada foi adicionado 1g, em base seca, do suco em pó, o qual foi homogeneizado por 5 minutos, seguido de centrifugação a 3000 rpm durante 10 minutos. Uma alíquota de 20 mL do sobrenadante foi colocada em placa de Petri e então submetida à secagem em estufa, à temperatura de 75° C por 5 horas. A Solubilidade foi calculada a partir das diferenças de peso e expressa em porcentagem (%).

4.2.6.11 Açúcares totais

O teor de açúcares totais em glicose (%) foi determinado conforme IAL (2008). Neste método a concentração dos açúcares redutores e não redutores (tornados redutores por hidrólise ácida) é estimada após tratamento e titulação a quente com os reativos de Fehling A (solução de sulfato cúprico) e Fehling B (solução alcalina do tartarato duplo de sódio e potássio).

4.3 Análise estatística dos resultados

Para o estudo de otimização do processo de secagem foi inicialmente utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado com esquema fatorial 2 x 3 x 2 (2 tipos de maltodextrina x duas concentrações de maltodextrina x 2 temperaturas). Para a avaliação dos efeitos das variáveis operacionais foram realizados testes consecutivos variando-se em dois ou três níveis cada variável e mantendo as demais constantes em um valor pré-definido ou otimizado. Os resultados foram avaliados estatisticamente através de análise de variância, verificando-se a interação entre os fatores utilizando-se o programa ASSISTAT versão 7.7 beta. O teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade foi aplicado no teste de hipóteses.

Para os estudos de estabilidade do pó de acerola verde e do sorvete enriquecido foi realizada análise de regressão linear das variáveis em nível de 10 % de significância, usando o pacote computacional Origin[®] versão 6.0. Na análise cinética o ajuste ao modelo foi feita por regressão não-linear segundo o algoritmo de Levenberg-Marquardt que minimiza uma função objetivo, baseando-se o ajuste no método dos mínimos quadrados. Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta etapa do trabalho estão apresentados os resultados de obtenção do pó de acerola verde, sua caracterização, estabilidade e utilização como aditivo nutricional na elaboração de um sorvete enriquecido com vitamina C.

5.1 Caracterização do suco de acerola verde *in natura*

Na Tabela 5 está apresentada a caracterização físico-química do suco *in natura* utilizado para obtenção do pó de acerola verde via secagem em *spray dryer*.

Tabela 5 – Características físico-químicas do suco de acerola verde *in natura* usado como matéria-prima para obtenção do pó de acerola verde.

Características	Suco <i>in natura</i>
Vitamina C (%)	2,8 ± 0,14
Proteínas (%)	1,0 ± 0,11
Umidade (%)	90 ± 2,83
Açúcares totais (%)	5,7 ± 0,28
Cinzas (%)	0,3 ± 0,11
Outros (%)	0,2 ± 0,03
Sólidos totais (g.100g ⁻¹)	9,0 ± 1,13
Sólidos solúveis (°Brix)	7,5 ± 0,28
pH	3,4 ± 0,23

Fonte: Autor(2014).

Os resultados da Tabela 5 mostram que o suco *in natura*, matéria-prima utilizada para preparo do pó de acerola verde, é composto principalmente de água, açúcares e vitamina C (98 a 99% da composição) e uma quantidade pequena (1 a 2%) de proteínas, cinzas e outras substâncias de teores menos relevantes (lipídeos, fibras, etc). Ferreira et al. (2009), estudando o ponto de colheita da acerola visando fins industriais, observou um teor de vitamina C para acerola madura de 1,7 g.100g⁻¹ e 2,2 g.100g⁻¹ no estágio de maturação verde, resultado inferior aos 2,8 g.100g⁻¹ verificado no presente trabalho para os frutos verdes.

Maciel et al. (2010) afirmam que o teor de vitamina C na acerola pode ser influenciado por vários fatores como a localização geográfica, práticas de cultivo, regime pluvial, exposição à

luz do sol, características genéticas e, principalmente, o estágio de maturação em que os frutos se encontram.

Em revisão realizada por Freitas et al. (2006), os autores relataram teor de ácido ascórbico em frutos de acerola verde de 2164 mg/100g; para frutos em estado de maturação intermediária de 1065 mg/100g e para frutos maduros de 1074 mg/100g, mostrando que o teor de vitamina C da fruta decresce com a maturação.

5.2 Estudos de atomização *spray drying* do suco de acerola verde

5.2.1 Influência dos parâmetros: temperatura de entrada, tipo de maltodextrina e concentração de maltodextrina na retenção de vitamina C

A influência das variáveis de processamento: temperatura de entrada, tipo de maltodextrina, concentração de maltodextrina foram estudados para otimização do encapsulamento da vitamina C no pó de acerola verde. Experimentalmente, foram fixados parâmetros mínimos do aparelho: vazão de alimentação de suco de 9 mL.min⁻¹ e 473 L.h⁻¹ de ar comprimido como parâmetros de partida (entrada). As respostas obtidas nos 12 ensaios estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6– Efeito da temperatura, tipo e concentração de maltodextrina sobre a atomização *spray drying* do suco de acerola verde.

Tipo de maltodextrina	Concentração de maltodextrina (%)	Teor de vitamina C (%)	
		Temperatura de secagem	
		165°C	175°C
DE 10	10	10,4 ± 0,42fA	10,1 ± 0,42fB
	15	13,6 ± 0,28dA	13,5 ± 0,28dB
	20	17,9 ± 0,99bA	15,6 ± 0,57bB
DE 20	10	10,9 ± 0,85eA	10,6 ± 0,14eB
	15	14,5 ± 0,57cA	14,1 ± 0,28cB
	20	18,6 ± 0,14aA	18,0 ± 0,28Ab

As médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si segundo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Autor (2014).

O ácido ascórbico é uma das vitaminas mais sensíveis ao aquecimento, podendo ser totalmente destruída durante o processo de secagem. Entretanto, a desidratação em temperaturas elevadas, como em alguns casos por *spraydrying*, pode colaborar com a inativação de algumas

enzimas oxidativas, como a ácido ascórbico oxidase, que colaboram com a degradação do ácido ascórbico (FURTADO et al. 2010).

A faixa de temperatura utilizada no estudo foi escolhida com base em dados obtidos da literatura (MOREIRA, 2007; BARBOSA, 2010). Estes autores observaram que quando se utilizavam temperaturas de processo abaixo de 150°C, o teor de umidade dos pós aumentava consideravelmente, o que aumentava a higroscopicidade e prejudicava a fluidez. Essas características além de comprometerem a estabilidade do produto, também prejudicam sua recuperação, visto que grande parte do pó fica retido na câmara de secagem e no coletor do equipamento. Por outro lado temperaturas acima de 170°C resultam em maiores degradações do ácido ascórbico, que é termossensível.

A partir dos dados obtidos na Tabela 6, observa-se o efeito significativo ($p < 0,05$) da temperatura de secagem sobre os teores de vitamina C dos pós. A temperatura de entrada de 165°C (menor temperatura entre os ensaios) apresenta as melhores respostas, independente do tipo e da concentração de maltodextrina utilizada. De acordo com Tonon et al. (2009), pós de acerola produzidos a temperaturas mais baixas tem uma tendência a aglomeração, devido ao seu teor de umidade mais elevado, essa aglomeração reduz a exposição do pó ao oxigênio, o que favorece a proteção contra oxidação, o que é interessante do ponto de vista da conservação.

Segundo Oliveira e Petrovick (2010), a temperatura de secagem é um dos parâmetros de maior importância durante o processo, sendo determinante na qualidade do produto obtido. Os autores afirmam que o aumento na temperatura do material de entrada facilita o processo de secagem, pois normalmente reduz a tensão superficial e a viscosidade, facilitando a formação de gotículas, mas deve-se considerar que para cada material o parâmetro deve ser ajustado para fins de otimização.

Fang e Bandarhi (2011), em seu estudo de secagem de suco de bayberry por *spray drying* utilizaram 150°C como temperatura de entrada e conseguiram uma recuperação de 94 a 96% de polifenóis, compostos sensíveis a degradação pelo calor como a vitamina C.

Cai e Corke (2000), estudando a secagem do amarantho e buscando a retenção de compostos termossensíveis como o pigmento betacianina, verificaram maior perda deste composto com o aumento da temperatura e concluíram que temperaturas superiores a 180°C não são indicadas, embora resultem em maiores taxas de secagem e maiores produtividades. Os autores também observaram que as amostras produzidas em temperaturas menores apresentaram maior estabilidade ao armazenamento.

Em suco de melão atomizado encapsulado com 10 % de maltodextrina a 170, 180 e 190°C foram obtidos valores de ácido ascórbico de 136,36; 91,85 e 78,30 mg.100g⁻¹, resultados que

mostram a oxidação da vitamina C com o aumento da temperatura de secagem (SOLVAL et al., 2012).

Além da temperatura, o agente carreador ou de encapsulamento e a concentração do mesmotambém apresentam influência significativa sobre a retenção de vitamina C dos pós de acerola. Assim, na Tabela 6, observa-se que os pós obtidos nos tratamentos que utilizaram maltodextrina com teor de dextrose mais elevado (DE = 20) possuem maior teor final de vitamina C quando comparados aos pós obtidos com o emprego da maltodextrina com teor de dextrose mais baixa (DE = 10) nas mesmas condições de processamento

Segundo Azeredo et al. (2005) existe alta correlação entre o valor de dextrose equivalente (DE) do agente encapsulante e a estabilidade oxidativa conferida ao núcleo da partícula de pó. Com o aumento do DE, aumenta a barreira ao oxigênio e, portanto, a estabilidade oxidativa. Por outro lado, quanto maior o DE, menor a temperatura de transição vítrea, aumentando a probabilidade de aglomeração (*caking*) do pó obtido.

Ersus e Yurdagel (2007) microencapsularam antocianinas extraídas de *black carrot* (*Daucus carota* L.) por *spray drying* utilizando diferentes temperaturas de secagem de 160, 180 e 200 °C e maltodextrinas com valores de DE de 10, 20 e 30, observando maior eficiência na retenção das antocianinas nos ensaios realizados com menor temperatura (160° C) e com aumento da DE do agente encapsulante.

Em relação ao efeito da concentração do agente encapsulante sobre o teor de vitamina C, observa-se nos experimentos realizados que dentro das mesmas condições (tipo de maltodextrina e temperatura) os tratamentos que utilizaram maior concentração de maltodextrina (20%) apresentaram maior eficiência na encapsulação da vitamina C.

Tanaka (2007), estudando a secagem de acerola por liofilização (sem adição de encapsulante) e atomização (com adição do encapsulante) observou que a secagem por liofilização apresentava melhor eficiência na retenção de ácido ascórbico em relação a atomização, mas que a falta do encapsulante prejudicou a estabilidade do pó durante o armazenamento, mostrando queda nos teores de ácido ascórbico bem maiores que nos pós atomizados, onde o encapsulante cria uma barreira eficiente contra oxidação.

Martin (2013) estudando a atomização de polpa de cupuaçu comercial e *in natura* utilizou temperaturas entre 90 a 160°C e concentrações de maltodextrina de 5 a 30% e observou que apenas o fator concentração de maltodextrina influenciou significativamente no teor de vitamina C dos pós da polpa, indicando que os teores de vitamina C aumentam à medida que a concentração de maltodextrina aumenta.

Oliveira et al. (2009), avaliando a influência de adjuvantes de secagem (maltodextrina e goma de cajuero) sobre as propriedades do suco de caju atomizado, verificaram um teor de 224,24 mg/100g de ácido ascórbico no suco produzido em concentrações ótimas definidas pelo autor. Os autores demonstraram uma retenção que variou de 66,2 a 95,5 % de ácido ascórbico, o que era esperado, já que a técnica de atomização causa menos danos ao produto em comparação com as demais técnicas de desidratação, que normalmente utilizam altas temperaturas de secagem. Este comportamento é semelhante ao da presente pesquisa, que utilizando a mesma técnica de secagem, apresentou uma retenção média de 61,4 %.

Assim, para as condições estudadas no presente experimento, os parâmetros definidos como ótimos foram 165°C para temperatura de secagem e uso de maltodextrina com dextrose equivalente de 20 a uma concentração de 20%.

5.2.2 Influência dos parâmetros operacionais: taxa de aspiração, vazão de alimentação e fluxo de ar na retenção de vitamina C

Nessa fase do estudo foram fixados os parâmetros definidos como ótimo no estudo anterior (temperatura de secagem de 165°C, maltodextrina com dextrose equivalente de 20 e concentração de maltodextrina de 20%) e avaliado o efeito das variáveis de funcionamento do equipamento (*spray dryer*).

Na primeira etapa do estudo foi avaliado o efeito da taxa de aspiração sobre as variáveis respostas (tempo de secagem, teor de vitamina C e rendimento do pó). Para isso foram fixados os parâmetros de fluxo de ar comprimido em 473 L.h⁻¹ e vazão de alimentação em 9 mL.min⁻¹, correspondentes aos menores níveis destes parâmetros.

Os resultados experimentais encontrados estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Efeito da taxa de aspiração sobre a atomização *spray drying* do suco de acerola verde. Fluxo de ar comprimido = 473 L.h⁻¹, vazão de alimentação = 9 mL.min⁻¹.

Taxa de aspiração (m ³ .h ⁻¹)	Tempo de secagem	Vitamina C (g.100g ⁻¹)	Rendimento (%)
35	9'13" ± 2,83"ª	16,9 ± 0,99a	66,1 ± 0,42a
30	9'15" ± 4,24"ª	16,7 ± 0,42a	64,5 ± 3,11b
25	9'11" ± 7,07"ª	ND	ND

As médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si segundo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. ND: Não determinado.

Fonte: Autor (2014).

As respostas experimentais mostrados na Tabela 7 para o tempo de secagem não mostram diferença significativa ($p < 0,05$) deste parâmetro nos três tratamentos estudados, o que também se verifica para a retenção de vitamina C do pó de acerola verde. Para o rendimento (%) de produção do pó, o parâmetro operacional avaliado mostrou influência significativa do ponto de vista estatístico.

Experimentalmente, a uma taxa de aspiração de 25 m³.h⁻¹ houve caramelização do pó durante a operação, não sendo possível as estimativas de vitamina C e rendimento de obtenção, provavelmente a mudança na taxa de aspiração produziu uma aglomeração excessiva (*caking*) do pó. Considerando uma análise global dos resultados, adotou-se o valor da taxa de aspiração em 35 m³.h⁻¹ como valor ótimo para as operações subsequentes tendo como base sua eficiência no rendimento do pó, já que para os outros parâmetros avaliados a taxa de aspiração não apresentou influência significativa.

Posteriormente, adotando-se o valor de 35 m³.h⁻¹ para taxa de aspiração (máximo) e fluxo de ar comprimido em 473 L.h⁻¹ (mínimo) foi avaliado o efeito da vazão de alimentação sobre o tempo de secagem, teor de vitamina C e rendimento do pó. Os resultados experimentais estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – Efeito da vazão de alimentação sobre a atomizaçãospray drying do suco de acerola verde. Fluxo de ar = 473 L.h⁻¹, taxa de aspiração = 35 m³.h⁻¹.

Vazão de alimentação (mL.min ⁻¹)	Tempo de secagem	Vitamina C (g.100g ⁻¹)	Rendimento (%)
9	9'13" ± 2,83" a	16,9 ± 0,99a	66,1 ± 0,42a
15	6'27" ± 2,83" b	15,8 ± 0,42a	54,4 ± 2,26b

As médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si segundo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Autor (2014).

Na Tabela 8 observa-se que o aumento da vazão de alimentação de 9 para 15 mL.min⁻¹ causa um efeito positivo no o tempo de secagem promovendo uma diminuição em torno de 30% no mesmo. O tempo do processamento é um fator importante a ser considerado em processos industriais, já que tem impacto direto na produtividade industrial. A variação na vazão de alimentação não apresentou diferença estatística significativa sobre a retenção de vitamina C do pó.

No que se refere ao rendimento do pó, os resultados mostram diferença significativa ($p < 0,05$) entre os dois ensaios, apresentando valores médios de 66,1% para uma vazão de alimentação de 9 mL.min⁻¹ e 54,4% em uma vazão de 15 mL.min⁻¹, mostrando uma redução de aproximadamente 18% no rendimento de obtenção com o incremento da vazão de alimentação. As reduções de rendimento são explicadas em função da obtenção de uma carga mais úmida de pó produzida nesta condição de processamento, o que favorece a aglomeração das partículas e a adesão às paredes do secador.

Analisando os resultados, adotou-se 9 mL.min⁻¹ como valor ótimo para vazão de alimentação de suco em operações subsequentes, considerando seu efeito positivo no rendimento de obtenção de pó. Para os tempos de operação relativamente curtos em ambos os tratamentos, considerou-se o rendimento do processo como variável mais relevante que o tempo de secagem.

A Tabela 9 apresenta os resultados experimentais do tempo de secagem, teor de vitamina C e rendimento de produção do pó sob diferentes fluxos de ar (473 e 670 L.h⁻¹), mantendo-se constante os parâmetros de taxa de aspiração (35 m³.h⁻¹) e vazão de alimentação (9 mL.min⁻¹), valores considerados como ótimos nos ensaios anteriores.

Tabela 9 – Efeito do fluxo de ar sobre a atomizaçãospray drying do suco de acerola verde. Taxa de aspiração = $35 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$, vazão de alimentação = $9 \text{ mL}.\text{min}^{-1}$.

Fluxo de ar comprimido ($\text{L}.\text{h}^{-1}$)	Tempo de secagem	Vitamina C ($\text{g}.\text{100g}^{-1}$)	Rendimento (%)
473	$9'13'' \pm 2,83''^{\text{a}}$	$16,9 \pm 0,99^{\text{a}}$	$66,1 \pm 0,42^{\text{b}}$
670	$8'23'' \pm 4,24''^{\text{b}}$	$17,3 \pm 0,42^{\text{a}}$	$71,2 \pm 0,28^{\text{a}}$

As médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si segundo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Autor (2014).

Os resultados apresentados na Tabela 9 mostram que houve diferença significativa ($p < 0,05$) para as respostas experimentais tempo de secagem e rendimento do pó. Para as duas variáveis o aumento do fluxo de ar comprimido de $473 \text{ L}.\text{h}^{-1}$ para $670 \text{ L}.\text{h}^{-1}$ causou efeito positivo no processo, pois promoveu uma diminuição do tempo de secagem em 9% e um acréscimo no rendimento de aproximadamente 8%. Em relação a retenção de vitamina C, a variação no fluxo de ar de secagem não apresentou influência estatística significativa.

Almeida et al. (2006) não observaram influência significativa na cinética de secagem da acerola com o incremento do fluxo de ar quente que atravessa a câmara de secagem em secador de leito de jorro. Os autores afirmaram que a taxa de secagem pode ser aumentada com a elevação da temperatura de secagem ou com o aumento do fluxo de ar que passa pelo produto por tempo.

Ferrari et al. (2012) em seu estudo de secagem de amora preta em *spray drying* utilizou como parâmetros padrões do aparelho fluxo de ar comprimido de $473 \text{ L}.\text{h}^{-1}$, fluxo de ar de secagem (taxa de aspiração) de $35 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ e vazão de alimentação de $7 \text{ g}.\text{min}^{-1}$. Os autores observaram uma boa retenção de antocianinas (80,6%), compostos igualmente termossensíveis como o ácido ascórbico, quando a temperatura foi reduzida de 180 para 160°C .

Comparativamente, Sousa (2012) avaliando o microencapsulamento de camu-camu por *spray drying* uma vazão de alimentação $25 \text{ mL}.\text{min}^{-1}$ e fluxo de ar comprimido de 105 psi observou valores para teor de vitamina C variando entre 6,5 e $8,9 \text{ g}.\text{100g}^{-1}$, os quais são bem inferiores aos encontrados nesta pesquisa. Silva (2011) estudou a influência das condições de secagem no microencapsulamento de ácido ascórbico em suco de jabuticaba sob diferentes fluxos de alimentação (180, 360 e $540 \text{ mL}.\text{h}^{-1}$) a uma temperatura constante de 180°C . Os autores observaram uma maior retenção de antocianinas com valor de 79,9 % quando foi utilizado o fluxo de $360 \text{ mL}.\text{h}^{-1}$.

5.3. Caracterização do suco de acerola verde após atomização *spray drying*

A Figura 7 apresenta a imagem do pó de acerola verde obtido ao longo da pesquisa. Em geral, o pó apresenta-se com uma granulometria muito fina e com coloração branco-amarelada. O cheiro é característico e o sabor extremamente azedo.

Figura 7 – Imagem do pó de acerola verde obtido por atomização *spray drying*.



Fonte: Autor (2014).

Na Tabela 10 são apresentados os resultados relativos à umidade, ST, SS, teor de Vitamina C, pH, higroscopicidade e solubilidade do pó de acerola verde produzido por *spray drying* nas condições definidas anteriormente como ótimas.

Tabela 10 - Características físico-químicas do pó de acerola verde encapsulado obtido por atomização *spray drying*.

Parâmetro	Pó de acerola verde
pH (solução 1 %)	3,52 ± 0,13
Umidade (%)	4,21 ± 0,28
Sólidos Totais (%)	95,8 ± 0,42
Sólidos Solúveis (°Brix)	100 ± 0,14
Vitamina C (g.100g ⁻¹)	17,3 ± 0,28
Solubilidade (%)	96,2 ± 0,23
Higroscopicidade(%)	23,0 ± 0,14

Fonte: Autor (2014).

Os resultados da Tabela 10 mostram que o pó de acerola verde otimizado no estudo apresenta grande teor de vitamina C e com isso grande potencial como enriquecedor vitamínico de alimentos. Os valores mostram que o pó tem aproximadamente 6 vezes mais vitamina C que o suco *in natura*.

Silveira (2007) estudou a secagem industrial do suco de acerola via *spray drying* em suas diversas etapas e obteve ao final do processamento um pó com teor de vitamina C de 21,84%.O autor relaciona a concentração de vitamina C do pó de suco de acerola a dois fatores básicos na formulação: a quantidade de vitamina C do suco concentrado usado na formulação e o percentual de maltodextrina utilizado. Para o teor de sólidos solúveis o autor encontrou valores iguais ao da presente pesquisa que foi de 100°Brix.

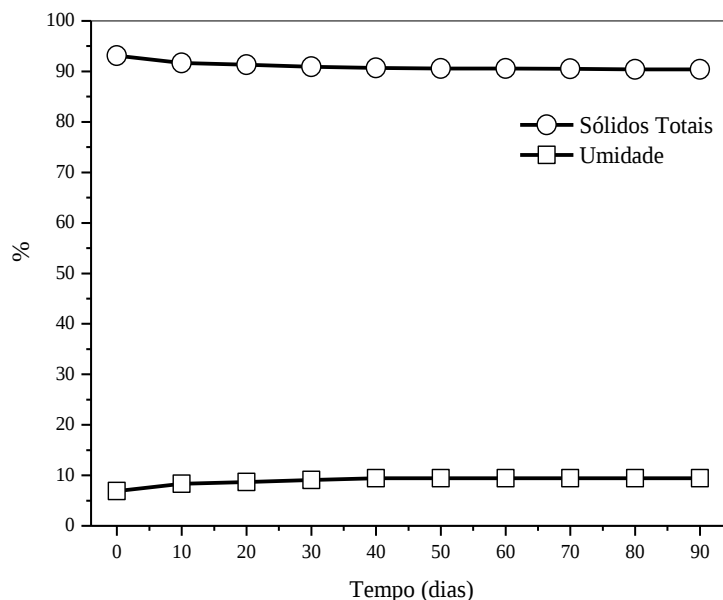
O teor de umidade de 4,2% encontrado no pó é semelhante ao encontrado por Gomes et al. (2002) que estudaram as isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola verde em pó e encontraram um valor de 4,07 %. O pH de 3,82 encontrado pelos mesmos autores também assemelha-se aos 3,52 observados no presente trabalho.

5.4 Estudos de estabilidade do pó de acerola verde

5.4.1 Umidade e sólidos totais

A análise estatística dos valores obtidos para umidade e sólidos totais em função do tempo foi significativa ($p < 0,05$) ao longo do tempo de armazenamento apresentando valores médios de 8,94 e 91,1%, respectivamente. Notadamente, as variáveis não apresentaram boa correlação com o tempo de armazenamento apresentando correlações (R^2) de 0,6281 para umidade e de 0,6991 para sólidos totais (Figura 8).

Figura 8 - Variação dos teores de Sólidos totais e umidade do pó de acerola verde obtido por atomização *spray drying*.



Fonte: Autor (2014).

A Figura 8 apresenta os resultados relativos à umidade e sólidos totais do pó de acerola verde durante o período de armazenamento de 90 dias. Experimentalmente, observa-se que a umidade do pó apresentou crescimento mais acentuado nos primeiros 40 dias do armazenamento com os valores variando entre 6,9 e 9,4% (Anexo 2). A partir deste tempo observou-se estabilização desta característica. O aumento da umidade pode ser atribuído às características de armazenamento utilizada, a qual apesar de oferecer barreira com relação à permeabilidade ao oxigênio e a vapor d'água, apresentava apenas 25% do volume ocupado pelo produto, possibilitando a presença de uma certa quantidade de ar úmido. A estabilização dessa variável sugere que a umidade presente no interior do frasco de vidro foi praticamente toda absorvida pelo pó nesse período.

A umidade de um alimento apresenta relação direta com sua estabilidade, qualidade e composição e pode afetar o armazenamento, embalagem e processamento do alimento. Por isso, tal determinação é de grande importância para estudos de estabilidade (CHAVES et al., 2004).

Ferrari et al. (2012) trabalhando com secagem de amora preta em temperaturas de 160 a 180°C e diferentes concentrações de maltodextrina, obtiveram umidades variando de 0,55 a 3,05%. Os autores obtiveram pós com umidades menores a medida que aumentaram a temperatura e a concentração de maltodextrina, resultados semelhantes aos encontrados por Quek et al. (2007) e Moreira et al. (2009) que também obtiveram amostras menos úmidas com o aumento da temperatura em seus trabalhos com sucos de melancia e acerola em pós, respectivamente, produzidos por *spray drying*. O uso de temperaturas mais altas implica em uma maior taxa de transferência de calor para as partículas, o que leva a uma maior evaporação de água do produto, resultando em pós com umidade mais baixa. A adição de maltodextrina antes da secagem aumenta o conteúdo de sólidos totais da mistura a ser alimentada no *spray dryer*, reduzindo a disponibilidade de água a ser evaporada, o que acarreta a diminuição da umidade dos pós produzidos (QUEK et al., 2007; FERRARI et al., 2012).

Menezes et al. (2009) estudaram a estabilidade de pós de acerola obtidos por secagem em estufa e através de liofilização durante um período de 180 dias e observaram aumentos no teor de umidade ao final do tempo de armazenamento. Para os pós secos em estufa de secagem a variação foi de 11,37 a 12,07% e nos pós liofilizados de 10,67 a 11,06%. Os autores associaram este comportamento a permeabilidade da embalagem ao vapor d'água.

Fazaeli et al. (2012) avaliaram os efeitos da secagem por *spray drying* nas propriedades do pó de amora preta e observaram uma queda no teor de umidade do pó com aumento da temperatura de secagem, a qual acentuou-se com o aumento da concentração do agente carreador. No entanto, Goula e Adamopoulos (2010) usando altas concentrações de maltodextrina (25, 50, 100 e 400%) para produzir pó de suco de laranja, observaram aumento no teor de umidade com elevação da concentração de maltodextrina. Os autores concluíram que a presença de concentrações elevadas de maltodextrina dificulta a liberação das moléculas de água.

Moura (2010) verificou tendência de acréscimo da umidade durante o armazenamento de acerola orgânica em pó semelhante ao observado na presente pesquisa. Carneiro (2011), em seu trabalho com açaí orgânico, não observou variação de umidade ao longo dos 270 dias de armazenamento do pó de açaí, acondicionado em embalagem laminada, apresentando no final valor médio de 5,17%.

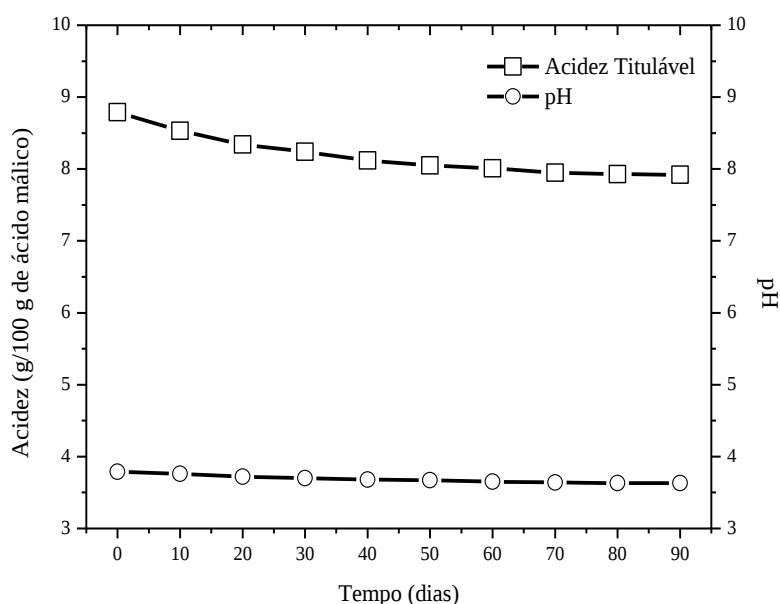
A análise dos sólidos totais é complementar a de umidade. Os sólidos totais podem ser conceituados como sendo todos os constituintes das matérias-primas alimentícias que não a água, e

as substâncias mais voláteis que vaporizam a temperatura inferior ou igual a 105 °C. Nesta linha, para diferentes frutos desidratados por *spray drying* os valores de sólidos totais são comumente muito altos, geralmente variando entre 88,6 e 99,5%, conforme Anexo 2 (SILVA, 2011, FERRARI et al. 2012, QUEK et al., 2007; MENEZES et al., 2009, CARNEIRO, 2011).

5.4.2 Acidez titulável e pH

Para a acidez titulável (AT) não se observou diferença significativa ($p < 0,05$) com o tempo de armazenamento. A análise de regressão não apresentou boa correlação entre as variáveis ($R^2 = 0,8714$), conforme a Figura 9. Em geral, foi observado um decréscimo na acidez titulável do pó de acerola durante o período de armazenamento. Os valores variaram de 8,79 no início do estudo a 7,92 mg de ácido málico/100g de pó após 90 dias de armazenamento (Anexo 2).

Figura 9– Variação da acidez titulável e pH do pó de acerola verde obtido por atomização *spray drying*.



Fonte: Autor (2014).

Os ácidos orgânicos presentes nos alimentos influenciam diversos parâmetros de qualidade destes como a cor, odor, sabor e estabilidade (MOURA, 2010). Menezes et al. (2009) em seu estudo sobre estabilidade do pó de acerola verde obtido em estufa e liofilização observaram uma redução da acidez titulável (em ácido cítrico) com o tempo de armazenamento, variando de 7,68 a 6,55% para o pó dos frutos obtidos por desidratação em estufa e 8,50 a 6,18% para o pó dos frutos obtidos por liofilização. Valores inferiores aos encontrados no presente trabalho são relatados

por Silveira (2007), que encontrou valores em torno de 0,38 a 0,40% de ácido málico, em seu estudo de estabilidade da vitamina C durante o processo de secagem *spray drying* de acerolas verdes orgânicas.

A acidez é um importante parâmetro de avaliação da qualidade de frutos, tendo em vista que reações bioquímicas tais como hidrólise, oxidação ou fermentação alteram a concentração de íons H^+ , conseqüentemente influenciando nos teores de acidez (BRASIL, 2005a).

Moura (2010) estudou a estabilidade de acerola orgânica em pó e observou para acidez, comportamento semelhante ao visto nessa pesquisa, com decaimento da acidez durante o período de armazenamento. O autor encontrou uma variação de 0,46 a 0,44% de ácido málico.

Costa et al. (2011) caracterizaram acerolas em dois estágios de maturação e encontraram variações de acidez de 1,55 a 1,96% em acerolas verdes e 0,64 a 1,64% nos frutos maduros. Maia et al. (2007) avaliaram os efeitos do processamento nas propriedades da acerola e observaram uma acidez variando de 0,98 a 0,92% do fruto *in natura* ao material processado, respectivamente. Sherer et al. (2008) analisaram a estabilidade dos ácidos orgânicos em polpas de frutas encontrando teores de ácido málico de 3,4 a 4,1% e de 4,6 a 4,9% de ascórbico em polpas de acerola.

Quanto ao pH, os valores observados estatisticamente também não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) ao longo do tempo de armazenamento. As variáveis em estudo, pH e tempo de armazenamento apresentaram uma boa correlação entre si com R^2 de 0,9294 (Figura 9). Tipicamente, assim como observado para a acidez titulável, os resultados mostram um pequeno decréscimo do pH ao longo dos 90 dias de armazenamento, apresentando pH inicial de 3,75 e final de 3,61 (Anexo2).

Valores semelhantes aos encontrados no presente trabalho foram relatados por Figueirêdo et al. (2001) quando estudaram o armazenamento do pó de acerola encapsulado e encontraram valores de pH em torno de 3,50.

Gomes et al. (2004) estudaram o armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente por 60 dias e observaram que o pH do produto praticamente não apresenta alteração durante o armazenamento, mantendo-se os valores entre 3,7 e 3,8.

Bezerra et al. (2010) avaliaram a secagem de duas variedades de manga via *spray drying* encontraram valores médios de pH 4,14 para os pós de manga Coité e 3,95 para os pós da variedade Espada.

Carliskan e Dirim (2013) estudaram os efeitos de diferentes condições de secagem e adição de maltodextrina durante a atomização de extrato de sumac (*Rhus coriaria* L.) e observaram que os pós apresentaram pequena variação no pH, com valores variando entre de 3,13 e 3,23; estes

valores são semelhantes aos encontrados por Costa et al.(2007)que estudando pós da casca e da polpa de abacaxi encontraram valores de pH de 3,98 e 3,66; respectivamente.

Carneiro (2011) avaliaram a estabilidade do açaí em pó orgânico e observaram que os teores de pH diminuíram de 5,24 para 4,75 durante o armazenamento a temperatura ambiente durante 270 dias.

5.4.3 Sólidos solúveis

Os valores de sólidos solúveis (SS)mostraram-se estáveis durante o período de armazenamento, mantendo 100°Brix durante os 90 dias de estudo. Os sólidos solúveis comumente correspondem a todas as substâncias que se encontram dissolvidas em um determinado solvente, o qual, no caso dos alimentos, é a água. Os SS são constituídos principalmente por açúcares, sendo variáveis com a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e o clima(CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Moura (2010), estudando a estabilidade de pó de acerola verde orgânica,observou uma diminuição no conteúdo de sólidos solúveis durante o armazenamento por 360 dias a 20°C, com valores variando de 100,35 a 97,89°Brix (Anexo 2). O autor associa os elevados teores de sólidos solúveis à remoção de água favorecida pelo método de secagem utilizado, promovendo assim a concentração dos sólidos solúveis no pó de acerola.

Valores semelhantes ao do presente trabalho foram relatados por Silveira (2007), que estudaram as etapas do processamento de acerola verde orgânica em pó e verificaram teores de sólidos solúveis de 100°Brix.

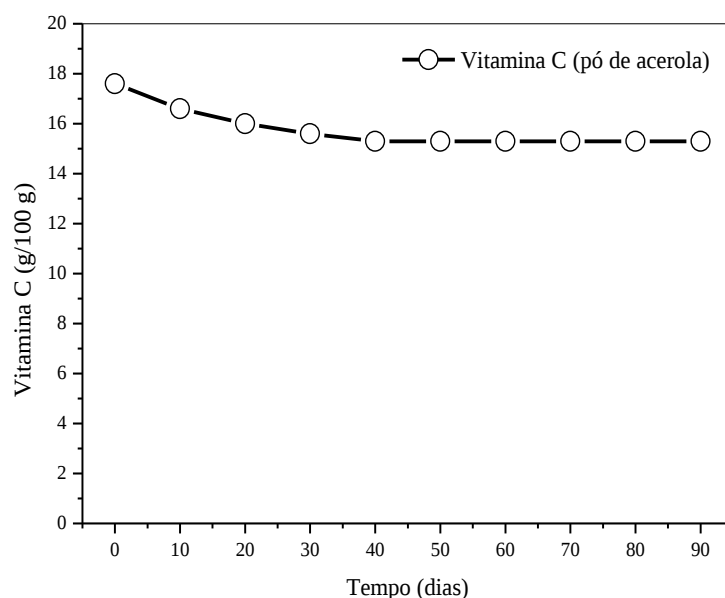
Comportamento semelhante ao do presente estudo também foi relatado por Pereira et al. (2006) que em sua avaliação do comportamento de tomate em pó embalado em sacos de polietileno durante 60 dias de armazenamento sob temperatura ambiente, não observaram alteração no teor de sólidos solúveis durante todo o período estudado.Araújo (2005) também observou esse comportamento em polpas de acerola maduras congeladas durante 12 meses.

Oliveira et al. (2011) estudaram o comportamento higroscópico e caracterizaram sapoti liofilizado observando teores de sólidos solúveis em torno de 65,5°Brix em suas amostras.

5.4.4 Vitamina C (ácido ascórbico)

O conteúdo de ácido ascórbico do pó de acerola verde apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) no decorrer do período de armazenamento, não sendo observada boa correlação com o tempo de armazenamento ($R^2 = 0,6404$), conforme a Figura 10.

Figura 10–Variação do teor de vitamina C do pó de acerola verde obtido por atomização *spray drying*.



Fonte: Autor (2014).

Os dados experimentais mostram uma redução dos teores médios de ácido ascórbico durante o período de estocagem, variando de 17,6g/100g no início das análises para 15,3 g/100g no último dia de armazenamento. A variação observada também pode estar relacionada ainda com a forma de armazenamento utilizada (vidro) que, apesar de se mostrar uma eficiente barreira ao oxigênio, principal reativo para a degradação do ácido ascórbico, por ter apenas 25% de seu volume ocupado pelo produto durante o experimento, possibilitam a presença do O_2 em seu interior, resultando em uma queda no teor de vitamina C durante os primeiros 40 dias de estudo, comportamento semelhante ao da umidade.

Moura (2010) avaliou a estabilidade de acerola verde em pó durante 360 dias de armazenamento e encontrou teores que variaram de 22,8 a 19,1 g/100g de ácido ascórbico ao final do estudo, o que corresponde a um decréscimo de 17% no teor de vitamina C. Este comportamento é semelhante ao encontrado na presente pesquisa, embora se tenha encontrado nesta uma redução de somente 13,1 % no teor de ácido ascórbico.

A vitamina C é acumulada durante o desenvolvimento das frutas na planta. O comportamento após a colheita deste composto pode variar entre os frutos como a manga e a maçã, portanto, quanto mais precoce a colheita, menor o seu teor no fruto, outros como a acerola apresentam taxa decrescente deste componente com o amadurecimento (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Anthero et al. (2012) avaliaram a estabilidade de acerola *in natura* e em pós de acerola verde e madura durante 18 meses de armazenamento, e encontraram teores variando de 5,99 a 3,65 g/100g em pós de acerola verde e de 2,05 a 1,95 g/100g em pós do fruto maduro, os quais correspondem as reduções de 39% no pó de acerola verde e de 28,3 % na acerola madura.

Bezerra et al. (2010) caracterizaram pós de duas variedades de manga e observaram 68,42 mg/100g em pós de manga Coité e 61,84mg/100g em pós de mangas Espada. Na mesma linha, Oliveira et al. (2011) reportaram teores de ácido ascórbico de 9,84mg/100g para pó de sapoti liofilizado.

Gomes et al. (2004) encontrou redução superior ao do presente trabalho, em seu estudo de estabilidade de pó da acerola obtido em secador tipo leito de jorro. Os autores verificaram que o teor de ácido ascórbico diminuiu com o aumento do tempo de armazenamento, atingindo uma redução de 29,7% ao final de 60 dias.

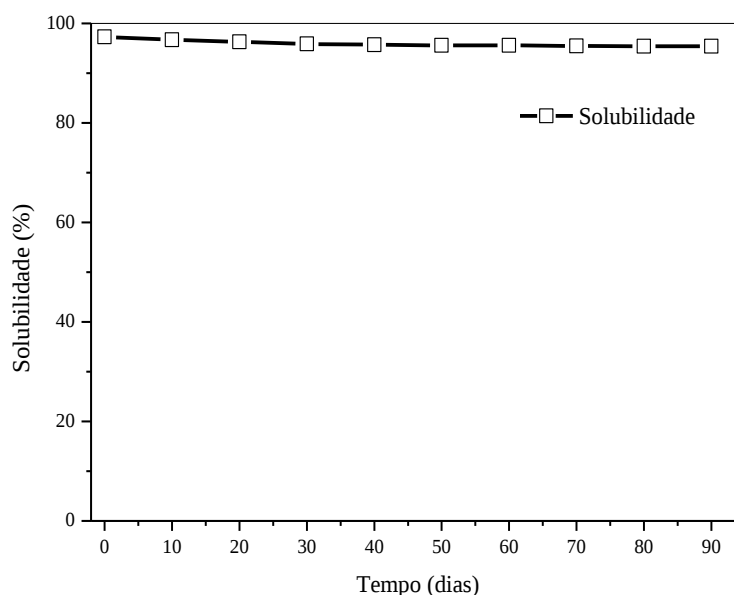
Tanaka (2007) avaliou a influência da desidratação por atomização sobre o teor ácido ascórbico no suco de acerola. O autor encontrou perdas de 6,2 % no teor de ácido ascórbico em um período de 90 dias de armazenamento, com valores variando de 17,8% no início a 16,7% ao fim do período de armazenamento.

Apesar da redução do teor de ácido ascórbico durante o armazenamento, o pó de acerola ainda apresenta uma quantidade elevada dessa vitamina, tendo em vista que no Brasil a Ingestão Diária recomendada de vitamina C é de 45 mg para adultos, de acordo com a Resolução RDC nº 269, de 22/09/2005 (BRASIL, 2005c).

5.4.5 Solubilidade

A solubilidade do pó de acerola otimizado no processo não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) no decorrer do período de armazenamento, não sendo observada boa correlação com o tempo de armazenamento ($R^2 = 0,7008$); conforme a Figura 11.

Figura 11 - Variação da solubilidade do pó de acerola verde obtido por atomização *spray drying*.



Fonte: Autor (2014).

A solubilidade é um dos parâmetros utilizados para verificar a capacidade do pó para manter-se em mistura homogênea com a água (VISSOTTO et al., 2006). No presente estudo o pó de acerola verde apresentou excelente solubilidade, com valor médio de 95,9%.

Resultados semelhantes ao encontrado no presente trabalho foram relatados por Tonon et al.(2009)que encontraram solubilidades em torno de 94,4 a 96,1% para pós de açaí com diferentes agentes carregadores.Carneiro (2011), por sua vez, encontrou valores variando de 93 a 79% em pó de açaí orgânico e Barbosa (2010)relatou solubilidades entre 97,3 a 99,4 % para suco em pó de mistura de frutas (manga, cajá e mamão) obtido por *spray drying*.

Fazaeli et al.(2012), em seu estudo sobre a secagem de amora preta, observaram relação entre a temperatura do ar de secagem com solubilidade dos pós produzidos, os autores perceberam que o aumento da temperatura provocava um aumento na solubilidade do pó. Esse comportamento diverge com o observado por Quek et al. (2007) que relataram que o aumento da temperatura de secagem causa uma diminuição na solubilidade de pós de melancia. Os autores indicam que uma camada resistente é formada na superfície da partícula em temperaturas muito elevadas, o que dificulta a difusão da água através da partícula prejudicando assim a sua solubilidade.

Goula eAdamopoulos (2010) e Fazaeli et al. (2012) relacionaram também o aumento da concentração de maltodextrina ao aumento da solubilidade dos pós, relacionando esse fato à alta solubilidade da maltodextrina em água.De forma contrária,Moreira (2007) observou uma redução

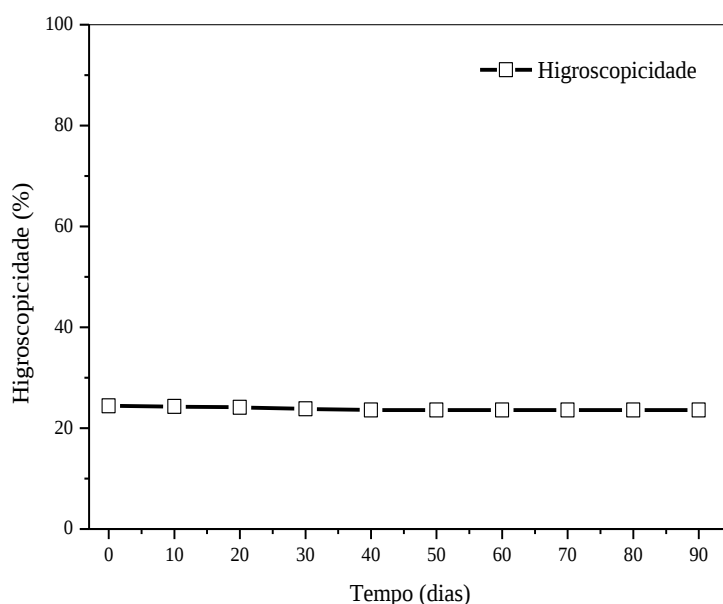
da solubilidade do pó com o aumento da concentração de encapsulante em seu estudo de obtenção e caracterização de resíduo de acerola obtido por *spray drying*.

Costa (2012), estudando a estabilidade de pó de maracujá durante 360 dias de armazenamento, observou um decréscimo na solubilidade do pó durante o armazenamento de 81,6 para 75,8 %.

5.4.6 Higroscopicidade

A higroscopicidade do pó de acerola otimizado no processo não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) no decorrer do período de armazenamento, não sendo observado boa correlação com o tempo de armazenamento ($R^2 = 0,6634$), conforme a Figura 12.

Figura 12 – Variação da higroscopicidade do pó de acerola verde obtido por atomização *spray drying*.



Fonte: Autor (2014).

O pó otimizado no presente estudo apresentou valor médio de higroscopicidade de 23,8 g de água/100g de pó de acerola verde. O uso da maltodextrina como agente carreador tem influência direta no comportamento higroscópico do pó, pois esta é considerada uma substância de baixa higroscopicidade (MENEZES et al., 2009).

O resultado apresentado mostra um pó bastante higroscópico, entretanto é preciso observar que os mesmos foram expostos durante os experimentos a uma umidade relativa de 75%, a qual é muito alta, sem que estivessem protegidos do ambiente por meio de uma embalagem; ou seja,

como as condições apresentadas foram extremas, os valores obtidos tendem a não representar a higroscopicidade real do produto quando em condições normais de armazenamento durante a vida de prateleira, conforme relatado por Oliveira (2008). Assim, os resultados possuem apenas efeito comparativo, para que se possa entender o impacto das condições de processamento sobre a absorção de água.

A higroscopicidade é a habilidade do pó em absorver umidade do ambiente com alta umidade relativa. Em suco de frutas em pó, a glicose e a frutose são responsáveis por interações fortes com a molécula de água devido a seus grupos polares (COSTA, 2012).

Mishra et al. (2013) avaliaram o efeito da concentração de maltodextrina nas propriedades do suco em pó de amla (*Emblica officinalis*) e verificaram que o aumento da concentração de maltodextrina resulta em pós menos higroscópicos. Os autores observaram também que outro fator que influencia a higroscopicidade do pó é a temperatura de secagem. Temperaturas mais baixas resultaram em pós mais higroscópicos. Essas observações corroboram com os resultados de Moreira et al.(2009) que em estudo de secagem do resíduo industrial de acerola verificaram valores de higroscopicidade variando de 34,7 a 56,4%. De forma divergente, Tonon et al. (2008)em seus estudos de condições de secagem para obtenção de pó de açaí obtido por *spray drying* observaram pós mais higroscópicos a mais altas temperaturas.

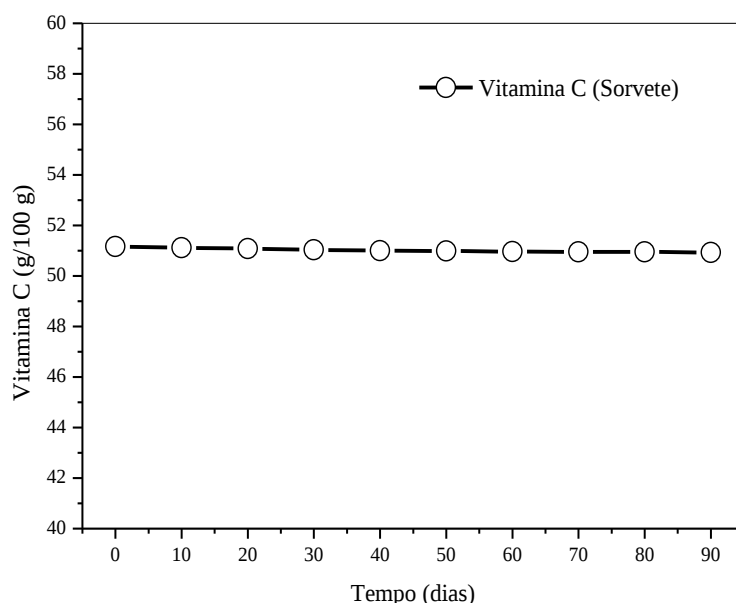
Ferrari et al. (2012) estudaram a atomização do suco da amora preta e obtiveram pós com higroscopicidade variando entre 18,8 a 28,8 %, as quais se assemelham aos 23,8% encontrado no presente estudo. Silva (2011) otimizou a secagem de jabuticaba utilizando maltodextrina como material de parede a uma temperatura de 180°C e verificou uma higroscopicidade de apenas 13,9%.

A higroscopicidade é uma das propriedades mais importantes em alimentos desidratados tanto do ponto de vista industrial quanto comercial, pois além de estar associada a estabilidade química, física e microbiológica, também influencia consideravelmente o setor de embalagens, a partir da auto aglomeração dos pós e a perda de fluidez durante o armazenamento dos produtos finais (PEDRO, 2009).

5.5 Estabilidade da vitamina C no sorvete enriquecido com pó de acerola verde

A Figura 13 apresenta as variações das quantidades de vitamina C no sorvete de graviola enriquecido com pó de acerola durante 90 dias de armazenamento.

Figura 13—Variações do teor de vitamina C no sorvete de graviola durante o período de armazenamento.



Fonte: Autor (2014).

Os valores observados para a vitamina C do sorvete enriquecido não apresentaram diferença estatística significativa ($p < 0,05$) ao longo do tempo de armazenamento. Notadamente as variáveis em estudo, Vitamina C e tempo de armazenamento apresentaram boa correlação linear apresentando um valor de R^2 de 0,9369, apresentando valor médio de 51,02 g/100g.

O ácido ascórbico encontrado nos frutos é um potente antioxidante natural e por essa característica peculiar é utilizado como aditivo alimentar, pois estabiliza radicais livres formados pela ação do oxigênio. Dessa forma a sua presença nos alimentos tem um papel importante na preservação de nutrientes do alimento bem como no aumento do tempo de vida em prateleira. Além disso, é um nutriente essencial que deve ser ingerido diariamente (CHAVES, 2004).

Segundo a legislação brasileira vigente, RDC N° 269, de 22 de setembro de 2005 da ANVISA, a ingestão diária recomendada de vitamina C para um adulto é de 45 mg. As proporções adotadas nesse estudo buscaram disponibilizar a dose diária dessa vitamina acrescida de 20% em uma porção de 100g de sorvete, visando compensar eventuais perdas ocorridas no período de armazenamento (BRASIL, 2005c).

Segundo a Resolução CNNPA N° 12, de 1978 e a Portaria N° 31, de 13 de janeiro de 1998 da ANVISA, os alimentos enriquecidos de vitaminas e/ou sais minerais, para que assim possam ser denominados, devem fornecer na porção média diária ingerida, 60% no mínimo, da quota diária recomendada para adultos, dos nutrientes citados. É permitida a adição de até 100% a mais de vitaminas, exceto vitamina D, para compensar as perdas eventuais decorrentes do tempo de

armazenamento do alimento. Ainda seguindo esta legislação, os alimentos adicionados de vitaminas são designados enriquecido de vitaminas ou vitaminados e devem obedecer ao critério de correlação entre o consumo médio diário recomendado de um certo alimento e a necessidade diária recomendada desses nutrientes (BRASIL, 1978; BRASIL, 1998).

A estabilidade da vitamina C em sorvete enriquecido ainda é pouco estudada para efeitos comparativos de resultados, embora existam trabalhos que tratam do enriquecimento vitamínico à base de acerola, como o de Gomes (2011) que elaborou um “shake” à base de pó da acerola verde, aveia, linhaça e leite encontrando no produto formulado um teor de vitamina C de 699,24mg/100g, quantidade muito superior ao mesmo produto já comercializado no mercado que é de 28mg/100g. Em relação à estabilidade do *shake*, o autor relata que o produto apresentou um queda no teor de vitamina C de 67% ao final do período de armazenamento de 4 meses.

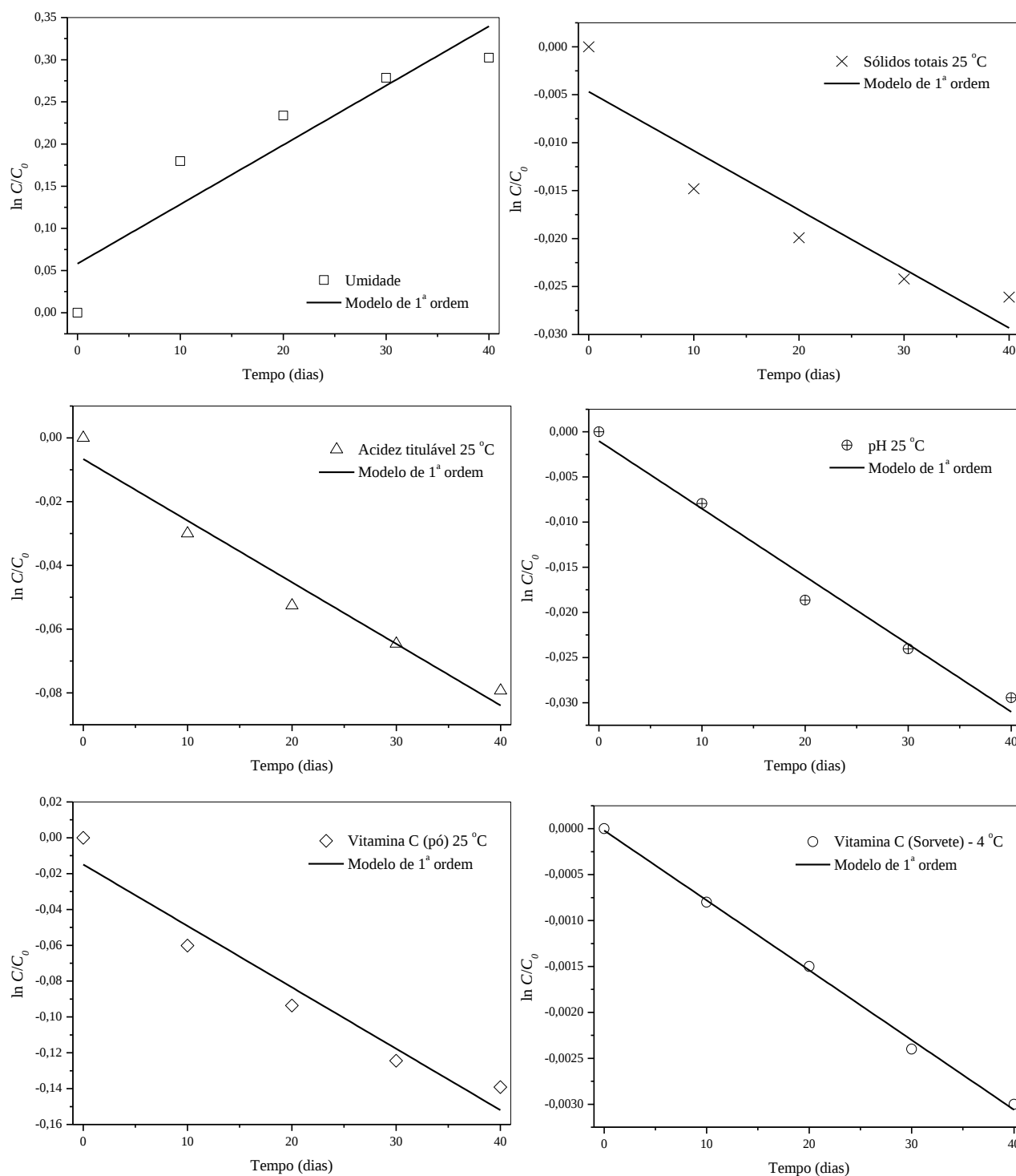
Barnabé et al.(2004) elaboraram bebida com extrato seco de acerola e encontraram um teor médio de 112,58 mg/100 mL de vitamina C. Rocha et al.(2009) formularam suco de abacaxi enriquecido com suco de acerola e encontraram um teor de vitamina C de 717,53mg/100g no produto elaborado. Os autores relacionam esse valor apenas ao suco de acerola adicionado, já que o abacaxi é deficiente nesse micronutriente.

Caetano et al.(2012) avaliaram as características físico-químicas de várias formulações de geléia elaborada com polpa e suco de acerola e observaram teores de vitamina C variando de 599,25 a 664,79mg/100g do produto elaborado. Matsuura e Rolim (2002) avaliando a adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um “blend” com alto teor de vitamina C observaram que o aumento da concentração de suco de acerola promovia o aumento no teor de vitamina C. Os autores encontraram teores de 79,3 mg/100g de vitamina C quando foi usado 5% de suco de acerola na formulação e 245,2 mg/100g quando foi usado 20% do suco.

5.6. Avaliação cinética da estabilidade do pó de acerola verde

Os resultados cinéticos obtidos na avaliação da estabilidade do pó de acerola verde estão apresentados na Figura 14 e Tabela 11 a seguir.

Figura 14 – Perfis cinéticos de primeira ordem para a estabilidade do pó de acerola verde obtido por atomização *spray drying*.



Fonte: Autor (2014).

Tabela 11 –Parâmetros cinéticos para a estabilidade do pó de acerola verde obtido por atomizaçõespray drying.

Corante	Temperatura	k_1 (min ⁻¹)	R ²
Umidade %	25 °C	10,08	0,8009
Sólidos totais %	25 °C	0,887	0,8247
Acidez titulável %	25 °C	2,779	0,9534
pH	25 °C	1,081	0,9745
Vitamina C (pó) %	25 °C	4,896	0,9295
Vitamina C (sorvete) %	- 4 °C	0,109	0,9963

Fonte: Autor (2014).

Os resultados da Tabela 11 para 40 dias de armazenamento a temperatura ambiente (25 °C) mostram para os parâmetros de umidade e vitamina C do pó taxas cinéticas muito maiores que para as demais propriedades. A absorção de umidade (2,5 %) é rápida (10,08 min⁻¹) e cerca de duas vezes superior a perda por oxidação (2,3 %) da vitamina C (4,896 min⁻¹), estando tais variações fortemente associadas às interações físicas e químicas com o ar atmosférico contido na embalagem usada para acondicionamento.

O decaimento da acidez titulável (0,67 %) é cerca de 2,5 vezes mais rápido que as variações de pH observadas (0,11 unidades), embora em ambos os casos, para as diferenças encontradas, pode se verificar que as propriedades praticamente se mantiveram constantes. O decréscimo dos sólidos totais (2,4 %) é relativamente lento (0,887 min⁻¹) e acompanha o decaimento do pH (1,081 min⁻¹), indicando a elevada resistência dos sólidos presentes, a exceção da vitamina C, as eventuais atividades hidrolítica, química e microbiológica existentes no ambiente de armazenamento.

Em relação ao teste de vitamina C, para o sorvete, a baixa temperatura de acondicionamento (- 4°C) foi determinante para a estabilidade da molécula. A perda de 0,16 % do ácido ascórbico é 14 vezes (1300 %) inferior a verificada no sorvete a 25 °C e a cinética de oxidação (0,109 min⁻¹) apresenta-se 45 vezes mais lenta. Estes resultados confirmam a elevada estabilidade química da vitamina C na condição de armazenamento comumente empregada para os sorvetes comerciais, o que se mostra importante do ponto de vista de futuras aplicações de mercado.

A cinética de estabilidade do pó de acerola verde é ainda pouco estudado. Nesta linha, Almeida et al. (2011) investigaram a cinética de secagem de frutos da acerola em secador de leito fixo com temperaturas de 50, 60 e 70°C e velocidades do ar de 1,0 e 1,5m/s. Com base nos resultados obtidos, os autores observaram que a cinética da secagem do fruto da acerola é mais influenciada pela temperatura de secagem do que pela velocidade do ar.

Bree et al. (2012) avaliaram a degradação a temperatura ambiente da vitamina C em um suco de frutas modelo contendo 4,5 % de ácido ascórbico sob diferentes concentrações iniciais de oxigênio *headspace* (0,03 a 20,9 %) e observaram bom ajuste dos dados cinéticos aos modelos de ordem zero e de primeira ordem clássico, primeira ordem com reação consecutiva reversível e com reação consecutiva irreversível, principalmente a baixas concentrações de oxigênio (0,03 a 4,84 %). Comparativamente a este trabalho os autores encontraram na faixa de valores de oxigênio inicial investigada valores de k_1 de 25,2 a 560 min^{-1} , os quais são bem superiores aos observados neste trabalho.

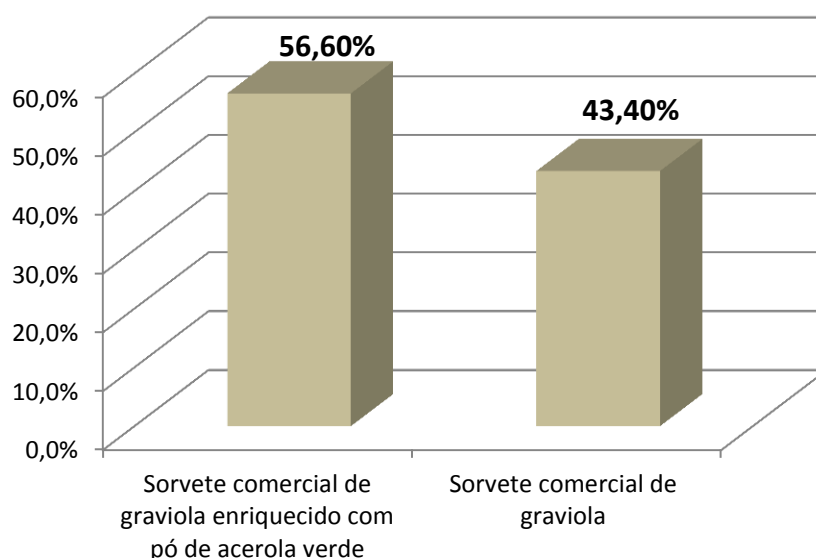
Bosch et al. (2013) avaliaram a degradação do ácido ascórbico em um suco preparado para alimentação infantil a diferentes temperaturas. Os autores observaram degradação negligenciável a 4 °C e a 25, 37 e 50 °C encontraram valores de k_1 de 136,1; 554,5 e 1884,2 min^{-1} , respectivamente.

Burdurlu et al. (2006) estudaram a cinética de degradação do ácido ascórbico em sucos concentrados de frutas durante um armazenamento de oito semanas, utilizando temperaturas de 28,37 e 45° C. Os autores encontraram a 28 °C valores k_1 de 278,2; 675,3; 473,7 e 463,7 min^{-1} , para os sucos de laranja, limão, uva, tangerina, respectivamente. A 45 °C, os valores correspondentes foram de 2570,3; 2086,5; 2439,3 e 2499,8 min^{-1} .

5.7 Análise sensorial

Para revelar a preferência dos consumidores em relação ao sorvete comercial de graviola e o sorvete de graviola enriquecido com pó de acerola verde foi realizado um teste de comparação pareada. Os resultados obtidos estão sumarizados na Figura 15.

Figura 15 – Teste sensorial para avaliação da preferência entre o sorvete de graviola enriquecido com pó de acerola verde e sorvete comercial (sem enriquecimento).



Fonte: Autor (2014).

Na Figura 15 observa-se que o sorvete comercial de graviola enriquecido com pó de acerola verde obteve 56,6% de preferência (34 indivíduos) do total de 60 provadores, enquanto o sorvete comercial sem enriquecimento obteve 43,4% de preferência (26 indivíduos), apresentando entre eles diferença estatística significativa ao nível de 0,5% de significância, conforme os critérios da norma ASTM E2164-08 referenciada por (DUTCOSKY, 2011) (Anexo 3).

Dentre os provadores que participaram do teste 33 eram do sexo masculino e 27 do sexo feminino, todos na faixa etária de 18 a 45 anos. Em termos, 66,6% dos provadores do sexo masculino (22 indivíduos) preferiram o sorvete enriquecido e 32% destes (7 indivíduos) comentaram que sua escolha deveu-se a intensidade do sabor dessa amostra em comparação a outra, o restante dos provadores desse grupo preferiu não comentar (15 indivíduos). Já entre os provadores do sexo feminino a preferência se deu pelo sorvete comercial (55% ou 15 indivíduos), dentro desse grupo 41% (6 indivíduos) justificaram a escolha pelo sabor suave da amostra, enquanto as demais não comentaram sua escolha (9 indivíduos).

6. CONCLUSÕES

A realização do trabalho permitiu concluir que:

- O processo de atomização *spray drying* do suco de acerola verde foi favorecido pelo aumento do grau de dextrinização da maltodextrina e sua concentração, como também pela redução da temperatura de secagem. Em geral as condições operacionais no *spray dryer* não influenciaram a retenção de Vitamina C do pó.
- Os parâmetros definidos como ótimos no processamento *spray drying* do pó de acerola verde foram 165°C para temperatura do ar, uso de maltodextrina com dextrose equivalente de 20a uma concentração de 20%, vazão de alimentação de suco de 9 mL.min⁻¹, fluxo de ar comprimido de 670 L.h⁻¹ e taxa de aspiração (fluxo de ar de secagem) de 35 m³.h⁻¹. Nesta condição o teor médio de ácido ascórbico no pó de acerola foi de 17,3% e o rendimento de 71,2%.
- Durante o período de armazenamento do pó de acerola verde a umidade apresentou crescimento acentuado nos primeiros 40 dias do armazenamento com valores variando entre 6,9 e 9,4 %, o que pode ser atribuído ao sistema de embalagem. Em relação a vitamina C as perdas médias (reduções) foram de 2,3%.
- Os valores de acidez titulável, pH e sólidos solúveis não foram influenciados significativamente durante o tempo de armazenamento, mostrando a boa estabilidade do pó de acerola verde produzido. O pó apresentou também elevadas solubilidade (95,9%) e higroscopicidade (23,8 g de água/100g), que se mantiverem praticamente constantes durante o estudo.
- Na estabilidade da vitamina C adicionada ao sorvete de graviola, a partir do enriquecimento com o pó de acerola verde, observaram-se mínimas variações do teor de ácido ascórbico (0,67%) para um período de armazenamento de 90 dias, o que se apresenta como uma característica interessante em futuras aplicações de mercado e comercialização.

- O comportamento cinético para as variáveis analisadas durante o período de armazenamento foi tipicamente de primeira ordem (R^2 entre 0,801 e 0,996). Os parâmetros de umidade ($k_1 = 10,08 \text{ min}^{-1}$) e vitamina C no pó ($k_1 = 4,896 \text{ min}^{-1}$) apresentaram as maiores variações de absorção e decaimento, respectivamente, provavelmente devido às interações com o ar atmosférico disponível no recipiente de acondicionamento.
- Ainda do ponto de vista cinético os teores de sólidos totais, pH e vitamina C no pó se mostraram bastante estáveis, com valores de k_1 de 0,887; 1,081 e $0,109 \text{ min}^{-1}$. Frente a literatura estes valores da constante cinética podem ser considerados muito promissores para futuras utilizações.
- Na análise sensorial de preferência o sorvete enriquecido com pó de acerola verde produzido apresentou boa aceitação, correspondente a 56,6% da preferência dos provadores avaliados.
- Notadamente, o pó de acerola verde obtido apresentou boa retenção de vitamina C, a qual se mostrou estável no produto enriquecido, oferecendo um grande potencial de utilização deste produto na indústria alimentícia.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para continuidade do trabalho sugere-se:

- a) Estudos para obtenção de pó desidratados de frutos com propriedades reconhecidas, como caju, cajá, pitaia, etc, incluindo a aditivação a diferentes produtos alimentícios.
- b) Avaliação do uso de outros materiais polímeros naturais como encapsulante de compostos bioativos, por exemplo, goma de cajueiro, goma arábica, amido, sílica coloidal, e quitosana no processo de desidratação de frutos de interesse.
- c) Estudos comparativos entre a eficiência de retenção de vitamina C por *spray drying* e liofilização como processos de conservação por desidratação.
- d) Avaliar sistemas de embalagem para conservação dos pós de sucos de frutos visando futura comercialização.
- e) Aplicação de testes sensoriais que compatibilizem aspectos de sabor, aroma, cor, textura visando estabelecer um perfil de preferência, aceitação, intenção de compra dos pós produzidos por *spray drying*.

REFERÊNCIAS

- ABIS - Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvetes – História do Sorvete. Disponível em: <http://www.abis.com.br/institucional_historia.html> acesso em 10/05/2014.
- ALMEIDA, C.A., GOUVEIA, J.P.G., ALMEIDA, F.A.C., SILVA, F.L.H. Avaliação da cinética de secagem em frutos de acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 1, 2006.
- ALMEIDA, M. M. B; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A., LEMOS, T. L G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, p. 2155-2159, 2011.
- ALVES, R. E.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M.I. F. Postharvest Physiology of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) fruits: maturation changes, respiratory activity and refrigerated storage at ambient and modified atmospheres. **Acta Horticulturae**, v. 370, n. 1, p.223-229, 1995.
- ALVES, R.E.; MENEZES, J.B. Botânica da aceroleira. In: SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE ACEROLEIRA, 1995, Vitória da Conquista- BA. Anais...: Acerola no Brasil, produção e mercado. Vitória da Conquista, 1995, p.7-8.
- ANAL, A.K.; SINGH, K. Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial applications and targeted delivery. **Trends in Food Science & Technology**, v.18, p.240-251, 2007.
- ANDERSON, L.; DIBBLE, M.V.; TURKKI, P.R.; MITCHELL, H.S. **Nutrição**. 17 ed. 1988, cap. 11, pag. 190.
- ANEKELLA, K.; ORSAT, V. Optimization of microencapsulation of probiotics in raspberry juice by spray drying. **LWT -Food Science and Technology**, v.50, p.17-24, 2013.
- ANTHERO, A.G.S, OVIEDO, M.P., SANTOS, D.L., SIMONI, R.C. **Caracterização físico-química do fruto da acerola e determinação de ácido ascórbico, compostos fenólicos e atividade antioxidante da acerola em pó**. In: XVII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 2012, Curitiba, **Anais...** Curitiba: XVII Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR. 2012.
- APINTANAPONG, M.; NOOMHORM, A. The use of spray drying to microencapsulate 2-acetyl-1-pyrroline, a major flavor component of aromatic rice. **Int. J. Food Sci. Technol.**, v.38, p.95-102, 2003.
- ARANHA, F.Q., BARROS, Z.F.; MOURA, L.S. The role of vitamin C in organic changes in aged people. **Rev. Nutr.**, v.2, n.3, p. 89-97, 2000.
- ARAÚJO, P.G.L. **Conservação pós-colheita e estabilidade da polpa congelada de acerolas Apodi, Cereja, Frutacor, II 47/1, Roxinha e Sertaneja**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 67f., 2005.

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

ARBUCKLE, W. S. **Ice Cream**. 14 ed. Westport: Avia Publishing Company. New York : Van Nostrand Reinhold, 1986, 483 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. Washington: AOAC, 1992.

AZEREDO, H.M.C. Encapsulação: Aplicação à Tecnologia de Alimentos. **Alim. Nutr.**, Araraquara. v. 16, n. 1, p. 89-97, 2005.

AZEREDO, H.M.C.; BRITO, E.S.; BRUNO, L.M.; PINTO, G.A.S. Métodos de conservação de alimentos. AZEREDO, H.M.C. (Ed.). **Fundamentos de Estabilidade de Alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindustrial Tropical, p. 97-128, 2004.

AZULAY, M. M.; MANDARIM-DE-LACERDA, C.A.; PEREZ, M. A.; FILGUEIRA, A. L.; CUZZI, T. Vitamina C. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 3, p. 265-274, 2003.

BANGS, W.E.;REINECCIUS, G.A.**Cornstarch derivatives: possible wall materials for spray-dried flavor manufacture**. In: RISCH,S.J.;REINECCIUS,G.A. Flavor encapsulation. Washington, DC,1988

BARBOSA, S. J. **Qualidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying***. 106f.Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual Montes Claros, Janaúba, 2010.

BARNABÉ, D.; VENTURINI FILHO, W. G. Características físico-químicas e sensoriais de refrigerantes de acerola produzidos a partir de suco desidratado e extrato seco da fruta. **Brazilian Jornal Food Technology**, v.7, n.1, p.69-76, 2004.

BEHLING, A.; MAFRA, C.; COLOMBO, R.; BAMBERG, R. **Cultura da Acerola**. Frederico Westphalen, Porto Alegre, Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

BEZERRA T.S; COSTA, J.M.C.; AFONSO, M.R.A.; MAIA, G.A.; FREITAS, E.M.; ROCHA, F. Comportamento higroscópico de pós de manga das variedades Coité e Espadae avaliação das características físico-químicas, **Ciência Rural**, v. 40, n. 10, p. 2186-2192, 2010.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005a.134p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RDC nº 266 de 22 de setembro de 2005b**. Regulamento Técnico para Gelados Comestíveis e Preparados de Gelados Comestíveis. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis/>> acessado em 06 de junho de 2014.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (idr) de proteína, vitaminas e minerais. **Resolução nº 269, de 22 de setembro de 2005c**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1884970047457811857dd53fbc4c6735/RDC_269_2005.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 15/06/2014.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento técnico que trata dos padrões de identidade e qualidade para os alimentos (e bebidas). **Resolução - CNNPA nº 12, de 24 de julho de 1978**. Disponível em:

<http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/12_78_alim_enriquecido.htm>. Acesso em: 15/06/2014.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o Regulamento Técnico referente a Alimentos Adicionados de Nutrientes Essenciais, constante do anexo desta Portaria.

Portaria nº 31, de 13 de janeiro de 1998. Disponível em:

<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/6d074500474583c18ed7de3fbc4c6735/PORTARIA+_31_1998.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 15/06/2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Aprova o Regulamento Técnico para fixação dos padrões de Identidade e Qualidade Gerais para Suco Tropical e dá outras providências Instrução **Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília-DF, Ed. Nº174, de 9 de setembro de 2003.

BREE I. V.; BAETENS, J.M.; SAMAPUNDO, S.; DEVLIEGHERE, F.; LALEMAN, R.; VANDEKINDEREN, I.; NOSEDA, B.; XHAFFERI, R.; DE BAETS, B.; DE MEULENAER, B. Modelling the degradation kinetics of vitamin C in fruit juice in relation to the initial headspace oxygen concentration. **Food Chemistry**, v. 134, p. 207-214, 2012.

BOSCH, V.; CILLA, A.; GARCÍA-LLATAS, G.; GILABERT, V., BOIX, R.; ALEGRÍA, A. Kinetics of ascorbic acid degradation in fruit-based infant foods during storage. **Journal of Food Engineering**, v.116, p 298–303, 2013.

BURDURLU, H.S.; KOCA, N.; KARADENIZ, F. Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. **Journal of Food Engineering**, v.74, p. 211-216, 2006.

CAETANO, P.K., DAIUTO, E.R., VIEITES, R.L. Característica físico-química e sensorial de geleia elaborada com polpa e suco de acerola. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 191-197, 2012.

CAI, Y.Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried amaranthus betacyanin pigments. **Journal of Food Science**, v.65, p. 1248-1252, 2000.

CARLISKAN, G., DIRIM, S.N. The effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during spray drying of sumac extract. **Food and Bioprocess Processing**, v 9, p. 539-548, 2013.

CARDOSO SANTIAGO, R. A.; MOREIRA-ARAUJO, R. S. R.; PINTO e SILVA, M. E. M.; AREAS, J. A.G. The potential of extruded chickpea, corn and bovine lung for malnutrition programs. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v.2, p.203-209, 2001.

CARNEIRO, A.P.G. **Estudo da estabilidade do pó de açaí orgânico**. 2011. 105 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

CARRINGTON, C.M.S.; KING, R.A.G. Fruit development and ripening in Barbados cherry, *Malpighia emarginata* D.C. **Scientia Horticulturae**, v.92, n.1, p.1-7, 2002.

CHAMPAGNE C.P.; FUSTIER P. Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. **Current Opinion in Biotechnology**, v.18, p.184-190, 2011.

CHAVES, M.C.V.; GOUVEIA, J.P.G.; ALMEIDA, F.A.C; LEITE, J.C.A.; SILVA, F.L.H. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Rev. Biol. Ciênc. Terra**. v. 4, n. 2, 2004.

CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.

COMBS, G.F. **The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health**. San Diego: Elsevier; 2008.

COSTA, A.C.S., LIMA, M.A.C., ALVES, R.E., ARAÚJO, A.L.S.; BATISTA, P.F., ROSATTI, S.R., RISTOW, N.C. Caracterização físico-química de acerola e dos resíduos do processamento em dois estádios de maturação. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA - SPC 2011, Nova Friburgo. **Anais...** Nova Friburgo: Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita - SPC, 2011.0410-0418p.

COSTA, J. M. C.; FELIPE, E. M.F; MAIA, G. A.; BRASIL, I. M.; HERNANDEZ, E.F. F.H. Comparação dos parâmetros físico-químicos e químicos de pós alimentícios obtidos de resíduos de abacaxi. **Rev. Ciênc. Agron**, v. 38, n. 2, p. 228-232, 2007.

COSTA, J.N. **Estudo da estabilidade de Maracujá (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Degener*) em pó, proveniente de cultivo orgânico**. 2012. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

CRUZ, A.G., ANTUNES, A.E.C., SOUSA, A.L.O.P., FARIA, J.A.F., SAAD, S.M.I. Ice cream as a probiotic food carrier. **Food Research International**, v. 42, p. 1233-1239, 2009.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**, 3 ed. (rev. e ampl.). Curitiba: Champagnat, 2011. 426p.

EASTMAN, J.E; MOORE, C.O. Cold water soluble granular starch for gelled food composition. U.S. Patent 4465702, 1984.

ERSUS, S.; YURDAGEL, U. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier. **Journal of Food Engineering**. v. 80, p.805–812, 2007.

FANG, Z.; BHANDARI, B. Effect of spray drying and storage on the stability of bayberry polyphenols. **Food Chemistry**, v. 129, p. 1139-1147, 2011.

FAZAEI, M.; EMAM-DJOMEH, Z.; ASHTARI, A.K.; OMID, M. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. **Food and Bioprocess Technology**, v. 9, p. 667-675, 2012.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: princípios e prática**. 2ª edição. Artmed. Porto Alegre. 2006. 602p.

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, p. 157-165, 2012.

FERREIRA R.M.A.; AROUCHA E.M.M.; SOUZA P.A.; QUEIROZ R.F.; PONTES FILHO F.S.T. Ponto de Colheita da Acerola Visando à Produção Industrial de Polpa. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 2, p. 13-16, 2009.

FIGUEIRÊDO, R. M. F.; GRANDIN, A.; MARTUCCI, E. T. Armazenamento do suco de acerola encapsulado. **Rev. Bras. Prod. Agroin.**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2001.

FIORUCCI A.R.; HERBERT, M.; SOARES F.B.; CAVALHEIRO E.T.G. Vitamina C na sociedade através dos tempos. **Revista Química Nova na Escola**, v. 17, p. 3-7, 2003.

FREITAS, C.A.S.; MAIA, G.A. COSTA, J.M.C.; FIGUEIREDO, R.W., SOUSA, P.H.M. Acerola: Produção, composição, aspectos nutricionais e produtos. **Rev. Bras. Agrociência**, v. 12, n. 4, p. 395-400, 2006.

FURTADO G.F.; SILVA F.S.; PORTO A. G.; SANTOS P. Secagem de polpa de Ceriguela pelo método de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.12, p. 9-14, 2010.

GIBBS, B.F.; KERMACHA, S.; ALLI, I.; MULLIGAN, C.N. Encapsulation in the food industry: a review. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 50, p. 213-224, 1999.

GODOY, R. C. B.; MATOS, E.L.S., AMORIM, D.S., SOUSA NETO, M.A., RITZINGER, R., WASZCZYNSKY, J. Avaliação de genótipos e variedades de acerola para consumo in natura e para elaboração de doces. **BCEPPA**, v. 26, n. 2, p. 197-204, 2008.

GOMES, F. O. Elaboração de “shake” à base de pó da acerola (*Malpighia Emarginata* D.C.) verde, aveia (*Avena Sativa* L.), linhaça (*Linum Usitatissimum* L.) e leite. 2011. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 3, n. 24, p. 384-389, 2004.

GOMES, P.M.A.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M. Caracterização e isothermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 2, p. 157-165, 2002.

GONZÁLEZ, M.J.; MIRANDA-MASSARI, Jr; MORA, E.M.; GUZMÁN, A.; RIORDAN, N.H.; RIORDAN, H.D.; CASCIARI, J.J.; JACKSON, J.A.; ROMÁN-FRANCO, A. Orthomolecular oncology review: ascorbic acid and 25 years later. **Integrative Cancer Therapies**, v. 4, 2005.

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.

GRANGER, C.; LEGER, A.; BAREY, P.; LANGENDORFF, V.; CANSSELL, M. Influence of formulation on the structural networks in ice cream. **International Dairy Journal**, v.15, p.255-262, 2005.

GUILLAND J.C., LEQUEU B. **As vitaminas do nutriente ao medicamento**. São Paulo: Santos, 1995. 375p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - **Normas Analíticas; métodos químicos e físicos para a análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IQBAL, K., KHAN, A.; KHATTAK M. Biological significance of ascorbic acid (vitamin C) in human health - a review. **Pakistan Journal of Nutrition**. v. 3, n. 1, 2004.

LEHNINGER, A.L. et al. **Princípios de Bioquímica**. 2 ed. São Paulo; Sarvier, 1993.

LEVINE, M.; PADAYATTY, S.J.; ESPEY, M.G. Vitamin C: A Concentration-Function Approach Yields Pharmacology and Therapeutic Discoveries – a review-. **American Society for Nutrition**, v. 2, p 78-88, 2011.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; PRAZERES, F.G.; MUSSER, R.S.; LIMA, D.E.S. Total phenolic and carotenoid contents in acerola genotypes harvested at three ripening stages. **Food Chemistry**, v. 90, n. 4, p. 565-568, 2005.

LIMA, V.L.A.G.; MÉLO, E.A.; MACIEL, M.I. Avaliação de teor de antocianinas em polpa de acerola congelada proveniente de frutos de 12 diferentes aceroleiras (*Malpighia emarginata* D.C.). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 23, n. 1, p. 101-103, 2003.

MACIEL, M.I.S., MÉLO, E., LIMA, V., SOUZA, K.A., SILVA, W. Caracterização físico-química de frutos de genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30 p. 865-869, 2010.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; SANTOS, G. M.; SILVA, D. S.; FERNANDES, A. G.; PRADO, G. M. Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 27, p. 130-134, 2007.

MARQUES, L.G., FERREIRA, M.C., FREIRE, J.T. Freeze-drying of acerola (*Malpighia glabra* L.). **Chemical Engineering and Processing**, v.46, p. 451-457, 2007.

MARTIN, L.G.P. **Estudo da Secagem da Polpa de Cupuaçu por Atomização**. 2013. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

MATSUURA, F.C. A. U., ROLIM, R.B. Avaliação da Adição de Suco de Acerola em Suco de abacaxi visando á Produção de um “Blend” com alto teor de Vitamina C. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 138-141, 2002.

MATSUURA, F.C.A.U.; CARDOSO, R.L.; FOLEGATTI, M.I.S.; OLIVEIRA, J.R.P.; OLIVEIRA, J.A.B.; SANTOS, D.B. Avaliações físico-químicas em frutos de diferentes genótipos de acerola (*Malpighia puniceifolia* D.C.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 602-606, 2011.

MENEZES, A. R. V.; JÚNIOR, A. S.; CRUZ, H. L. L.; ARAUJO, D. R.; 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**, v. 11, n. 1, p.1-8, 2009.

MENEZES, C.R.; BARIN, J.S.; CHICOSKI, A.J.; ZEPKA, L.Q.; LOPES, E.J.; FRIES, L.L.M.; TERRA, N.N. Microencapsulação de probióticos: avanços e perspectivas. **Ciência Rural**, v. 12, p.62-70, 2013.

MERCALI, G. D.; SARKIS, J.R.; JAESCHKE, D.P.; TESSARO, I.C.; MARCZAK, L.D.F. Physical properties of acerola and blueberry pulps. **Journal of Food Engineering**, v. 106, p. 283-289, 2011.

MEZADRI, T.; VILLAÑO, D.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M.S.; GARCÍAPARRILLA, M.C., TRONCOSO, A.M. Antioxidant compounds and antioxidant activity in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruits and derivatives, **Journal of Food Composition and Analysis**, v.21 p. 282-290, 2008.

MEZADRI, T.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M.S.; VILLAÑO, D.; GARCÍA-PARRILLA, M.C.; TRONCOSO, A.M. El fruto de la acerola: composición, características productivas e importancia económica. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 56, n. 2, 2006.

MEZADRI, T.; PEREZ-GALVEZ, A.; HORNERO-MENDEZ, D. Carotenoid pigments in acerola fruits (*Malpighia emarginata* DC) and derived products. **European Food Research and Technology**, v.220, p. 63-69, 2005.

MINTEL- Empresa de pesquisa de mercado, **Relatório 2013**-.Disponível em:<<http://brasil.mintel.com/imprensa/alimentos-e-bebidas/a-regiao-nordeste-e-o-novo-oasis-do-mercado-de-sorvetes-premium-revela-mintel>>. Acesso em: 11 junho 2014.

MISHRA, P., MISHRA, S., MAHANTA, P. Effect of maltodextrin concentration and inlet temperature during spray drying on physicochemical and antioxidant properties of amla (*Emblica officinalis*) juice powder. **Food and Bioprocess Technology**, v. 92, n. 3, p. 252-258, 2013.

MOREIRA, G. E. G. **Obtenção e Caracterização de Extrato Encapsulado de Resíduo Agroindustrial de Acerola**. Natal, 2007. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia Química. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

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 Science and Technology**, v. 42, p. 641-645, 2009.

- MOREIRA-ARAUJO, R. S. R. **Utilização de Snack com Elevado Conteúdo de Ferro em Pré-Escolares para Controle da Anemia Ferropriva**. São Paulo, 2000. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo-USP. São Paulo, 2000.
- MOREIRA-ARAUJO, R.S.R.; ARAUJO, M. A. M; AREAS, J.A.G. Fortified food made by the extrusion of a mixture of chickpea, corn and bovine lung controls iron-deficiency anaemia in preschool children. **Food Chemistry**, v. 107, p. 158-164, 2008.
- MOURA, S. M. **Estabilidade da acerola em pó oriunda do cultivo orgânico**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará, 2010.
- MURRAY, R.; GRANNER, D.; RODWELL, M. **Bioquímica de Harper**. Ed. Manual Moderno, 1993.
- NELSON, D. L.; COX, M.M. **Lehninger: Princípios de Bioquímica**. 3ª edição. Editora Sarvier, São Paulo, SP, Brasil, 2002.
- NOGUEIRA, R.J.C.; MORAES, J.A.P.V.; BURITY, H.A.; SILVA, J.F. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesq. agropec. bras.**, v. 37, n. 4, p. 463-470, abr. 2002.
- OBÓN, J.M.; CASTELLAR, M.R.; ALACID, M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.A. Production of a red–purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model systems. **Journal of Food Engineering**, v. 90, p. 471-479, 2009.
- OLIVEIRA, M.A.; MAIA, G.A.; FIGUEIREDO, R.W.; SOUZA, A.C.R., BRITO, E.S.; AZEREDO, A.M.C. Addition of cashew tree gum to maltodextrin-based carriers for spray drying of cashew apple juice. **International Journal of Food Science and Technology**, v 44, p. 641–645, 2009.
- OLIVEIRA, O.W.; PETROVICK, P.R. Secagem por aspersão (*spray drying*) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 20, n. 4, p. 641-650, 2009.
- OLIVEIRA, V. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA J. M. C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 42, n. 2, p. 342-348, 2011.
- ORDOÑEZ PEREDA, J. A.; RODRIGUEZ, M. I.C.; ALVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F. **Tecnologia de alimentos – Alimentos de origem animal**. Artmed Editora, V.1, 2005.
- PAGANI, M.M. **Obtenção de suco de acerola (*Malpighia emarginata*, D.C.) concentrado e pós estáveis através da integração dos processos de separação por membranas e microencapsulação por atomização**. 2010. 161f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

- PEDRO, M.A.M. **Influencia de encapsulantes e do método de secagem nas propriedades físico-químicas e atributos de qualidade de polpa de maracujá em pó**. 2009. 204 f. Tese (Doutorado em Biociências)-Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2009.
- PEREIRA, I.E.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F. Características físico-químicas do tomate em pó durante o armazenamento **Rev. Biol. Ciênc. Terra**, v. 6, n. 1, 2006.
- PEREIRA, V.R. **Ácido Ascórbico – características, mecanismos de atuação e aplicações na indústria**. 2008. 39f. Monografia (Bacharelado em Química de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.
- PIRES, A.S.S. **Citotoxicidade da vitamina C em células tumorais: estudos *in-vitro* e *in-vivo* através de métodos bioquímicos e de imagiologia nuclear**. 2008. 112f. Dissertação (Mestrado) Departamento de Física- Universidade de Coimbra, Coimbra 2008.
- QUEK, S.Y.; CHOK, N.K.; SWEDLUND, P. The Physicochemical properties of spray dried watermelon powders. **Chemical Engineering and Processing**, v. 46, p. 386-392, 2007.
- RAMALHO, V. C; JORGE, N. Antioxidantes Utilizados em Óleos, Gorduras e alimentos Gordurosos. **Química Nova**, v. 24, n. 4, 755-760, 2005.
- RÉ, M. I. Microencapsulation by spray drying. **Drying Technology**, v. 16, n. 6, p. 1195-1236, 2000.
- RIGUETTO, A.M. **Caracterização físico-química e estabilidade de suco de acerola verde encapsulado por atomização e liofilização**. 2004. 178f. Tese (Doutorado em Ciência da Nutrição). Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP Campinas, 2004,
- RITZINGER, R.; RITZINGER, C. H. S. R. Cultivo de fruteiras – acerola. **Informação Agropecuária**, v. 32, p. 17-25, 2011.
- ROCHA, T.S.; MACEDO, L.S.O.; SILVA, M.J.M.; SOUZA, R.P. Elaboração e Análise Sensorial de Suco de Abacaxi (*Ananas Comosus*) Enriquecido com Suco de Acerola (*Malpighia emarginata*). In: IV Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica - CONNEPI – 2009, Belém do Pará. **Anais...** Belém do Pará: CONNEPI – 2009-IV Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica.
- ROESSLER, E. B. Expanded statistical tables for estimating significance in paired-preference, paired difference, duo-trio and triangle tests. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 3, p. 940-943, 1978.
- ROSA, E.D.; TSUKADA, M.; FREITAS, L.A.P. **Secagem por atomização na indústria alimentícia: fundamentos e aplicações**. Disponível em: <http://www.fazu.br/novo/jornada2006/PALESTRAS/ENGE/palestra2.pdf>. Acesso em 12/06/2014.
- SANTOS, E.P.; SAPUCAHY, M.V.; BATISTA, M.S. Escorbuto infantil: relato de dois casos e revisão de literatura. **Revista Ciência, Cultura e Saúde**, v. 11, n. 2, p. 127-146, 1989.

SANTOS, R. A. R.; NETA, T. M. S. L.; SANTOS, R. M.; AQUINO, L. C. L.; NUNES, M. L. Avaliação dos Parâmetros Físico-Químicos e Sensoriais de Ceviche de Tilápia em Função do Tempo de Estocagem Refrigerada. **Scientia Plena**, v. 7, n. 1, p. 1-5, 2011.

SCHERER, R.; RYBKA, A.C. P.; GODOY, H. T. Determinação simultânea dos ácidos orgânicos tartárico, málico, ascórbico e cítrico em polpas de acerola, açaí e caju e avaliação da estabilidade em sucos de caju. **Química Nova**, v. 31, n. 5, p. 1137-1140, 2008.

SCHROOYEN, P.M.M.R.; MEER, V.; KRUIF, C.G. Microencapsulation: its application in nutrition. **Proceedings of the Nutrition Society**. v. 60, p. 475-479, 2001.

SHAHIDI, F.; HAN, X. Encapsulation of food ingredients. Critical Review. **Food Science and Nutrition**, v. 33, n. 6, p. 501-547, 1993.

SILVA, P.I. **Otimização da extração e microencapsulamento de polifenóis e antocianinas de jaboticaba**(*Myrciaria jaboticaba*). 2011. 159f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos)- Programa pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, 2011.

SILVEIRA, R.W. **Estabilidade da Vitamina C no processamento da acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) em pó em uma agroindústria no estado do Ceará**. Monografia (Especialização em Ciência de Alimentos), Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza. 2007.

SOARES, E.C.; MAIA, J.C.S.; MONTEIRO, J.C.S.; SILVA Jr. A. Desidratação de polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) pelo processo “froam mat”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 164-170, 2001.

SOLVAL, K.M.; SUNDARARAJAN, S.; ALFARO, L.; SATHIVEL, S. Development of cantaloupe(*Cucumis melo*) juice powders using spray drying technology. **LWT - Food Science and Technology**, v. 46, p. 287-293, 2012.

SOUZA, J.C.B., COSTA M.R., DE RENSIS, C.M.V.B., SIVIERI, K. Sorvete: composição, processamento e viabilidade da adição de probiótico. **Alim. Nutr.**, v. 21, n. 1, p. 155-165, 2010.

SOUZA, A.L.R. **Estabilização de moléculas bioativas presentes em suco de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh) pela integração dos processos de Osmose Inversa, Evaporação Osmótica e Atomização**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2012.

SZCZESNIAK, A. S. Effect of storage on texture. In: I.A.TAUB; R.P. SINCH(Ed.). **Food Storage stability**. Boca Raton, FL: CRC Press, p. 199-251, 2000.

TANAKA, L. D. **Influência da desidratação por spray drying sobre o teor ácido ascórbico no suco de acerola (*Malpighia ssp*)**. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Estadual Paulista Professor Júlio de Mesquita Filho, 2007.

TONON, R. V., BRABET, C., HUBINGER, M.D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 444-450, 2009.

VANNUCCHI, H.; ROCHA M.M. Funções plenamente reconhecidas de nutrientes: ácido ascórbico (vitamina C). **ILSI Brasil International Life Sciences Institute do Brasil**, v 21, p 3-11, 2012.

VENDRAMINI, A. L.; TRUGO, L. C. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia glabra* L.) at three stages of maturity. **Food Chemistry**, v. 71, p. 195-198, 2000.

VISSOTTO, F. Z.; MONTENEGRO, F. M.; SANTOS, J. M.; OLIVEIRA, S. J. R. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. **Ciênc. Tecnol. Aliment**, v. 26, n. 3, p. 666-671, 2006.

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.

WILDEMOSER, H.; SCHEIWILLER, J.; WINDHAB, E.J. Impact of disperse microstructure on rheology and quality aspects of ice cream. **Lebensmittel Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 37, p. 881-891, 2004.

ZAMUDIO, L.H.B. **Caracterização de vitamina c em frutos de camu-camu (*Myrciaria dúbia*) em diferentes estágios de maturação do banco ativo de germoplasma da Embrapa**. 2007. 104f. Monografia (Especialização em Nutrição Humana). Departamento de Nutrição, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2007.

ANEXO 1

Modelo de ficha empregada na análise sensorial do sorvete de graviola: Teste Pareado – Preferência.

Nome: _____ Sexo: () M () F

Faixa Etária: () <18 () 18–25 () 25 -35 () 35 – 45 () Acima de 45

Você está recebendo duas amostras de sorvete de graviola. Por favor, prove as amostras da esquerda para direita e faça um círculo no código da amostra mais preferida.

Comentarios: _____

ANEXO 2

Valores médios e desvio padrão das variáveis: acidez titulável (AT), umidade relativa (UR), vitamina C do pó de acerola, Sólidos totais (ST), pH, vitamina C do sorvete enriquecido nos estudos de estabilidade do pó de acerola verde e do sorvete enriquecido .

Tempo (dias)	Acidez titulável (AT)	Umidade relativa (%)	Vit. C (pó de acerola)	Sólidos totais (ST)	pH	Vit. C (sorvete)
0	8,79±0,12	6,9±0,06	17,6±0,11	93,1±0,06	3,75±0,01	51,25±0,01
10	8,51±0,10	8,2±0,10	16,6±0,05	91,8±0,12	3,72±0,02	51,12±0,03
20	8,22±0,12	8,7±0,10	16,1±0,11	91,3±0,14	3,72±0,02	51,06±0,02
30	8,20±0,10	9,0±0,12	15,4±0,13	91,0±0,11	3,71±0,01	51,03±0,02
40	8,20±0,09	9,4±0,13	15,4±0,07	90,6±0,15	3,69±0,01	51,02±0,03
50	8,15±0,05	9,4±0,23	15,3±0,11	90,6±0,12	3,66±0,03	50,98±0,01
60	8,0±0,06	9,4±0,18	15,3±0,11	90,6±0,11	3,64±0,02	50,96±0,01
70	8,0±0,10	9,4±0,13	15,3±0,01	90,6±0,14	3,64±0,04	50,95±0,02
80	7,95±0,02	9,4±0,13	15,3±0,13	90,6±0,18	3,62±0,02	50,95±0,02
90	7,92±0,07	9,3±0,07	15,3±0,16	90,5±0,15	3,61±0,02	50,94±0,03

ANEXO 3

Número mínimo de respostas necessárias para estabelecer diferença significativa entre duas amostras para o teste pareado bicaudal.

n	Nível de significância (%)						n	Nível de significância (%)					
	0,50	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001		0,50	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
5	4	5	5	—	—	—	29	17	19	20	21	22	24
6	5	6	6	6	—	—	30	18	20	20	21	23	25
7	5	6	7	7	—	—	31	18	20	21	22	24	25
8	6	7	7	8	8	—	32	19	21	22	23	24	26
9	7	7	8	8	9	—	33	19	21	22	23	25	27
10	7	8	9	9	10	—	34	20	22	23	24	25	27
11	8	9	9	10	11	11	35	20	22	23	24	26	28
12	8	9	10	10	11	12	36	21	23	24	25	27	29
13	9	10	10	11	12	13	40	23	25	26	27	29	31
14	9	10	11	12	13	14	44	25	27	28	29	31	34
15	10	11	12	12	13	14	48	27	29	31	32	34	36
16	10	12	12	13	14	15	52	29	32	33	34	36	39
17	11	12	13	13	15	16	56	32	34	35	36	39	41
18	11	13	13	14	15	17	60	34	36	37	39	41	44
19	12	13	14	15	16	17	64	36	38	40	41	43	46
20	13	14	15	15	17	18	68	38	40	42	43	46	48
21	13	14	15	16	17	19	72	40	42	44	45	48	51
22	14	15	16	17	18	19	76	42	45	46	48	50	53
23	14	16	16	17	19	20	80	44	47	48	50	52	56
24	15	16	17	18	19	21	84	46	49	51	52	55	58
25	15	17	18	18	20	21	88	48	51	53	54	57	60
26	16	17	18	19	20	22	92	50	53	55	56	59	63
27	16	18	19	20	21	23	96	52	55	57	59	62	65
28	17	18	19	20	22	23	100	54	57	59	61	64	67

n: número de julgadores.

Fonte: ASTM E2164-08.