



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

OBTENÇÃO DE PÓ MISTO DE UMBU E ACEROLA POR  
ATOMIZAÇÃO E SUA ESTABILIDADE

Saulo Emílio dos Santos Maia

Recife

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Saulo Emílio dos Santos Maia

OBTENÇÃO DE PÓ MISTO DE UMBU E ACEROLA POR  
ATOMIZAÇÃO E SUA ESTABILIDADE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ORIENTADORA: Maria Inês Sucupira Maciel

CO-ORIENTADOR: José Severino de Lira Júnior

Recife

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

OBTENÇÃO DE PÓ MISTO DE UMBU E ACEROLA POR  
ATOMIZAÇÃO E SUA ESTABILIDADE

Por Saulo Emílio dos Santos Maia

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de Mestre em  
Ciência e Tecnologia de Alimentos e aprovada em 31/08/2017 pelo  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimento  
em sua forma final.

Banca Examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Enayde de Almeida Melo – Membro Interno  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Patrícia Moreira Azoubel – Membro Externo  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Vera Lúcia Arroxelas Galvão de Lima – Membro Interno  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

## Agradecimentos

Agradeço primeiramente à minha mãe, Ana Maria Bernardo dos Santos, que estaria cheia de orgulho pelo filho;

À minha noiva, futura esposa, mãe dos meus filhos, Paula Guerra Castor, por toda a dedicação, paciência e coragem para enfrentar todos os obstáculos comigo;

Agradeço a todos os meus amigos e a todos aqueles que torceram e torcem por mim, de perto ou de longe;

À minha orientadora, Maria Inês, que é na verdade, muito mais que uma orientadora pra mim;

Ao meu pai e a minha querida irmã Maria Gabriela;

Às minhas irmãs Carol e Bia;

À minha irmã, não de sangue, mas que a vida me deu de presente e eu agradeço sempre por isso, Ilka Martins;

À minha sogra e ao meu sogro por terem colocado no mundo a pessoa mais especial de todas;

À minha tia Judite e toda a sua família, em especial tia Dany Larena, que sabem como ninguém tudo que passamos e onde queremos chegar e estão sempre lá pra apoiar;

À vovó Conceição, por estar sempre ao meu lado, com sabedoria e muita diversão;

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, por ter aberto as portas;

Aos amigos que a UFRPE me deu, Jaqueline, Marcony, Nathalia, Jocelane, Fabi, que me acompanharam desde quando fui fazer experimentos da graduação;

Aos novos amigos da UFRPE, amigos do mestrado, em especial Dhara, Eron e Gláucia, com os quais compartilhei risadas e desesperos por experimentos e provas;

Aos professores e funcionários dessa maravilhosa instituição, desde os professores e professoras da Ciência e Tecnologia de Alimentos, aos professores e professoras do Departamento de Educação, Gabi, Rose, Ana, meu muito obrigado;

Aos professores e funcionários da UFPB que abriram as portas para que eu realizasse alguns experimentos: Prof. Flávio Honorato e Evandro;

Ao CNPQ, pelo investimento em Ciência e Tecnologia;

À FACEPE, por prover condições de executar os experimentos da minha pesquisa e dissertação, bem como participação em congressos e eventos ligados a ciência e tecnologia;

A todos que fizeram parte da minha vida e que de alguma forma foram importantes para a construção do caráter e da pessoa que sou hoje.

## Resumo

O umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) é um fruto nativo da região nordeste do Brasil que possui características sensoriais que agradam seus consumidores, porém, este fruto apresenta um período de safra curto e alta perecibilidade em condições naturais. Outro fruto bastante típico da região nordeste é a acerola (*Malpighia emarginata*) amplamente conhecida e rica nutricionalmente, oferecendo grande possibilidade de enriquecimento ao umbu. Sendo assim, o uso de tecnologias que possam auxiliar o processamento destes frutos e ainda aumentar seu tempo de prateleira, como a atomização deve ser levada em consideração. Este estudo teve como objetivo desenvolver um produto misto em pó de umbu com acerola, como agente enriquecedor. Além disso, foi estudado também a estabilidade deste pó durante o armazenamento em diferentes condições (25° C de temperatura, com atividade de água 0,1; 0,2 e 0,3) nos diferentes tempos 30, 60 e 90 dias. Três proporções de polpas de umbu e acerola (50%, 60%/40% e 70%/30%, respectivamente) foram estudadas. As análises realizadas foram atividade de água, umidade, cor, pH, ácido ascórbico (AA) e compostos fenólicos totais (CFT). Análises microbiológicas referentes à segurança do alimento foram realizadas antes dos testes sensoriais de aceitação, preferência por comparação múltipla e intenção de compra. E por fim a higroscopicidade, densidade aparente e absoluta, retenção dos compostos bioativos e potencial antioxidante foram avaliados durante o tempo de armazenamento nas diferentes atividades de água acima citadas. Foram realizados pré-testes com as diferentes formulações de umbu e acerola (50%-50% / 60%-40% / 70%-30%) e foi constatada que a melhor retenção dos CFT e AA ocorreu na proporção 60%-40% de umbu e acerola respectivamente na mistura. O pó com a proporção de 60% umbu e 40% acerola apresentou os maiores teores de AA e CFT ( $p < 0,05$ ). O produto obtido apresentou-se dentro dos parâmetros de identidade e qualidade para produtos em pó. A melhor condição de armazenamento para a manutenção dos compostos bioativos e características físico-químicas do pó misto de umbu e acerola foi em  $A_w$  0,1 para todos os tempos de armazenamento. O produto misto em pó obteve aceitação de 63,25% nos testes sensoriais de preferência por comparação múltipla e de 47,8% no teste de aceitação e intenção de compra. Mais uma vez corroborando para a alta qualidade do produto e sua inserção no mercado como alternativa para uma alimentação rápida e saudável.

**Palavras-chave:** *Spondias tuberosa*, *Malpighia emarginata*, estabilidade do pó, alimento enriquecido

## Abstract

The umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) is a common fruit from the Northeast region of Brazil and its sensory characteristics please its consumers, although, this fruit presents a short season period and high perishability in natural conditions. Other typically known fruit from the northeast region is acerola (*Malpighia emarginata*) widely known and nutritionally rich, offering great possibility of enrichment to the umbu juice. For that reason the use of novel technologies that may support the processing of this fruit and yet enlarge its shelf-life period. This study had the objective to develop a mixed powder product of umbu and acerola, as enriching agent. It was also studied the stability of this powder during storage in different conditions (temperature of 25°C and water activity at 0,1, 0,2 and 0,3) in different periods of 30, 60 and 90 days. Three proportions of umbu and acerola pulpa (50%, 60%/40% and 70%/30% respectively) were studied. The analysis performed were water activity, moisture, color, pH, ascorbic acid (AA) and total phenolic compounds (TPC). Microbiological analysis related to food safety were performed before the sensory analysis of acceptance, preference by multiple comparison and purchase intention. Finally, hygroscopicity, apparent and absolute density, bioactive compounds retention were evaluated during storage period in the different water activity above mentioned. There were performed pré-tests with different formulations of umbu and acerola (50%-50% / 60%-40% /70%-30%) and it was perceived that the best TPC and AA retention occurred at 60%-40% umbu and acerola respectively. There was no significative difference among the physico-chemical characteristics in all different proportions. The powder with 60% umbu and 40% acerola presented the highest AA and TPC content ( $p < 0,05$ ). The obtained product presented itself within the Identity and Quality Standards for powder products. The best storage condition to maintain the bioactive compounds and physic-chemical characteristics of mixed powder of umbu and acerola was at water activity 0,1 for all the periods of storage. The mixed powder product had acceptance in the sensory test of 63,25% in the preference by multiple comparison test and 47,8% in the purchase intention test. Once again corroborating to a high quality product and its possible insertion in the market as an alternative for a rapid and healthy eating

**Key words:** *Spondias tuberosa*, *Malpighia emarginata*, powder stability, enhanced food

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Preço pago ao produtor pela fruta nativa <i>in natura</i> no Brasil desde 1995	19
<b>Figura 2</b>	Esquemática do processo de atomização por Spray dryer	22
<b>Figura 3</b>	Fluxograma de seleção das frutas no pré-processamento	40
<b>Figura 4</b>	Ficha de respostas para o teste de aceitação e intenção de compra	45
<b>Figura 5</b>	Ficha de respostas para o teste de preferência e comparação múltipla	46
<b>Figura 6</b>	Intenção de compra dos provadores para a formulação de néctar de umbu e acerola atomizado reconstituído	55
<b>Figura 7</b>	Média das notas atribuídas pelos avaliadores para os parâmetros de Aroma e Sabor, tanto para o néctar obtido a partir de polpa mista de umbu e acerola, quanto para o néctar reconstituído a partir do pó misto de umbu e acerola.	56
<b>Figura 8</b>	Efeito do tempo de armazenamento (30, 60, 90 dias) e da atividade de água (0,1; 0,2; 0,3) no teor de compostos fenólicos (mg EAG/100g massa seca) do pó misto de umbu e acerola armazenado a 25° C	68

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Resultados dos pré-testes realizados com polpa mista de umbu e acerola em diferentes proporções e com diferentes agentes carreadores	48
<b>Tabela 2</b>	Resultados dos pré-testes realizados com o pó misto de umbu e acerola atomizados nas diferentes proporções e com diferentes agentes carreadores.	49
<b>Tabela 3</b>	Resultados das análises microbiológicas nas amostras de pó misto de umbu e acerola atomizado	50
<b>Tabela 4</b>	Teste de preferência – comparação múltipla para as formulações de néctar obtido a partir do pó misto de umbu e acerola atomizado	51
<b>Tabela 5</b>	Médias de notas atribuídas pelos prováveis consumidores para os atributos de aroma e sabor	52
<b>Tabela 6</b>	Índice de aceitação dos atributos do néctar de umbu atomizado	53
<b>Tabela 7</b>	Índice de aceitação e rejeição para o néctar obtido a partir do pó misto de umbu e acerola atomizado	54
<b>Tabela 8</b>	Densidade aparente, densidade da partícula e porosidade intragranular do pó misto de umbu e acerola atomizado e de estudos anteriores realizados com umbu, manda, açai, fruto gac, abacaxi e ciriguela atomizados.	57
<b>Tabela 9</b>	Efeito do tempo de armazenamento (30, 60, 90 dias) na atividade de água (aw) do pó misto de umbu e acerola atomizado armazenado a 25°C	63

<b>Tabela 10</b>	Efeito do tempo de armazenamento (30, 60, 90 dias) e da atividade de água (0,1; 0,2; 0,3) na umidade do pó misto de umbu e acerola atomizado armazenado a 25°C	64
<b>Tabela 11</b>	Efeito do tempo de armazenamento (30, 60, 90 dias) e da atividade de água (0,1; 0,2; 0,3) no teor de ácido ascórbico (mg AA/100g massa seca) do pó misto de umbu e acerola atomizado armazenado a 25°C	65
<b>Tabela 12</b>	Parâmetros de cor (L*, a* e b*) do pó misto de umbu e acerola atomizado armazenado por 30, 60 e 90 dias a 25°	66
<b>Tabela 13</b>	Teor de compostos fenólicos do pó misto de umbu e acerola atomizado em atividade de água 0,1; 0,2 e 0,3 armazenados em temperatura constante de 25° nos tempos de 0, 30, 60 e 90 dias	69

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
2.1. Objetivo Geral.....	16
2.2. Objetivos Específicos.....	16
<b>3. PROBLEMA DE PESQUISA E HIPÓTESE.....</b>	<b>17</b>
<b>4. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
4.1. O umbu.....	18
4.2. Acerola.....	20
4.3. Produtos Mistos.....	20
4.4. Desidratação.....	21
4.5. Microencapsulação.....	24
4.6. Agentes Carreadores.....	25
4.7. Néctar em pó.....	26
4.8. Estabilidade de Produtos em Pó.....	28
4.9. Análise Sensorial.....	29
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>31</b>
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
<b>ARTIGO: Polpa mista de Umbu e Acerola Atomizada e sua Estabilidade</b>	
6.1. Introdução.....	37
6.2. Material e Métodos.....	38
6.2.1. Material.....	38
6.2.1.1. Matéria-prima.....	38
6.2.2. Métodos.....	39
6.2.2.1. Pré-testes para seleção do agente carreador e proporção da polpa de umbu e de acerola.....	39

6.2.2.2. Secagem.....	39
6.2.2.3. Análises Microbiológicas.....	40
6.2.2.4. Análises físico-químicas da polpa mista de umbu e acerola .....	40
6.2.2.5. Análises físico-químicas do pó misto de umbu e acerola...42	
6.2.2.6. Avaliação Sensorial.....	43
6.2.2.6.1. Teste de Aceitação e Intenção de compra.....	43
6.2.2.6.2. Teste de Preferência e Comparação.....	45
6.2.2.7. Estabilidade e Armazenamento.....	46
6.2.2.8. Estatística.....	47
6.3. Resultados e Discussão.....	47
6.3.1. Análises Microbiológicas.....	49
6.3.2. Avaliação Sensorial.....	50
6.3.3. Características Físico-químicas.....	56
6.3.4. Solubilidade.....	59
6.3.5. Capacidade antioxidante.....	60
6.3.6. Estudo da Estabilidade .....	62
6.3.7. Ácido Ascórbico.....	64
6.3.8. Diferença de Cor.....	66
6.3.9. Compostos Fenólicos.....	67
6.4. Conclusão.....	69
6.5. Considerações Finais.....	70
6.3.10. Referências.....	72

## 1. INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro é um grande produtor de frutas tropicais e exportador para outras regiões do país e para fora do Brasil também. Estas frutas são reconhecidamente ricas em nutrientes e compostos bioativos essenciais para a saúde humana. Algumas dessas substâncias são, por exemplo, ácido ascórbico, carotenóides, clorofila, flavonóides, além de compostos fenólicos que contribuem diretamente para uma dieta saudável.

Dentre essas frutas, dois gêneros - o das *Spondias* e das *Malpighia* - se destacam no mercado tanto pela característica nutricional acima citada, quanto pelas suas características sensoriais que agradam bastante o consumidor, não somente o nordestino, mas também o brasileiro e até mesmo consumidores do exterior.

O gênero *Spondias*, pertencente à família Anacardiaceae, possui 18 espécies, dentre elas, destacam-se, no Nordeste brasileiro, as espécies *Spondias mombin* L. (cajazeira), *Spondias purpurea* L. (ciriguela) e *Spondias tuberosa* Arr. Câm. (umbuzeiro), por serem largamente exploradas, por meio do extrativismo. Estas espécies produzem frutos do tipo drupa, de aparência, aroma e sabor agradáveis, bastante apreciados para o consumo como fruta fresca ou na forma processada como polpa, sucos, doces, néctares, picolés e sorvetes, entre outros (DRUMOND *et al.*, 2006; LIRA JÚNIOR *et al.*, 2005).

Em relação ao gênero *Malpighia*, a acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) é uma das mais amplamente conhecidas por apresentar um elevado teor em ácido ascórbico, sendo conhecida como a segunda fruta mais rica neste composto, variando de 750 mg.100<sup>-1</sup>g a 1.678 mg.100<sup>-1</sup>g (MACIEL *et al.*, 2010). O teor de ácido ascórbico em acerolas varia de acordo com o local de plantio, a incidência de luz sobre a planta e a variedade entre espécies (FREITAS; MATTIETTO, 2013). Devido a esta característica, a acerola vem sendo utilizada como um agente enriquecedor de vitamina C, em diversos alimentos processados, tais como sucos, néctares, refrigerantes e geléias (MACIEL *et al.*, 2010; FARAONI *et al.*, 2012; FREITAS; MATTIETTO, 2013).

Os frutos tropicais são altamente perecíveis por apresentarem elevado teor de umidade, textura macia e altas taxas respiratórias. Essas características geram desvantagens quanto ao seu manuseio após a colheita,

resultando em perdas decorrentes da falta de comercialização ou de consumo do produto em tempo hábil, havendo a necessidade de processamento para aumentar a sua vida útil (FERRARI *et al.*, 2012; PHISUT, 2012).

Dentro desse contexto, a secagem surge como alternativa viável quando se busca diminuir perdas do alimento decorrentes do manuseio, transporte ou armazenamento. Técnicas como desidratação e liofilização dos frutos vêm sendo utilizadas em larga escala industrial (PHISUT, 2012). Destaca-se, portanto o processo de secagem por atomização, método esse que consiste na aplicação de energia que age sobre um líquido até provocar seu rompimento e desintegração, criando um *spray* de gotículas, que em contato rápido com o ar quente, resulta na produção de um pó. Aditivos, tais como xaropes de glicose ou maltodextrina têm sido utilizados para produzir alterações físicas no produto e, conseqüentemente, reduzir a deposição e a aderência de alimentos pegajosos durante a atomização. Vale ressaltar que na medida em que esta técnica utiliza altas temperaturas, a evaporação rápida permite um curto tempo de exposição do material ao calor, favorecendo sua aplicação em alimentos sensíveis (SANTHALAKSHMY *et al.*, 2015; PHISUT, 2012).

Este tipo de secagem por atomização geralmente garante estabilidade microbiológica e química. No entanto, os materiais com elevado teor de açúcar e de ácidos orgânicos, como é o caso das frutas, têm sido especialmente difíceis de secar devido à sua viscosidade e pegajosidade. Ao passo que, a técnica de microencapsulação por meio do uso de agentes encapsulantes torna-se fundamental para viabilizar a secagem por atomização dos referidos produtos, reduzindo o fenômeno de aglomeração (CANO-HIGUITA *et al.*, 2015; FERNANDES; BORGES; BOTREL, 2014).

Entre os ingredientes disponíveis, os principais materiais de parede utilizados para aplicações na secagem por atomização são os polissacarídeos incluindo os amidos modificados e hidrolisados, derivados de celulose, gomas, e ciclodextrinas; proteínas do soro do leite, incluindo caseinatos, gelatina e novos biopolímeros emergentes tais como produtos da reação de Maillard. Maltodextrina, goma arábica e quitosana são muito utilizadas como coadjuvante da secagem de sucos de frutas, facilitando o processo (YOUSEFI *et al.*, 2011).

As características dos alimentos em pó que são de grande valor para a indústria alimentícia são a densidade, a distribuição do tamanho da partícula, a fluidez e a solubilidade. O controle dessas características é uma grande vantagem do processo de secagem por atomização, em relação a outros métodos de secagem, especialmente quando se trata de alto desempenho (baixo custo, alto volume) em produtos para consumo (FANG; BHANDARI, 2012)

Diversos estudos têm sido desenvolvidos para avaliar a estabilidade dos compostos biativos e atividade antioxidante em pós atomizados em condições de armazenamento, tais como fenólicos presentes na casca da romã (ÇAM; IÇYER; ERDOĞAN, 2014), polifenóis em groselha (BAKOWSKA-BARCZAK; KOLODZIEJCZYK, 2011), antocianinas na polpa de açaí (TONON; BRABET; HUBINGER, 2010).

Para evitar a degradação destes compostos bioativos, a técnica de microencapsulação, que tem sido utilizada pela indústria há mais de 60 anos, e consiste em um processo no qual o material é envolto por um invólucro ou revestimento que proporciona uma barreira física entre o núcleo do composto e os outros componentes do produto, sendo assim, possibilitando a desidratação ou secagem em produtos que antes eram considerados inviáveis de serem submetidos a tal processo (TONON *et al.*, 2009). A composição do agente carreador é o principal determinante das propriedades funcionais da microcápsula e de como ela pode ser utilizada para melhorar o desempenho de um determinado ingrediente. Para a secagem por atomização em particular, a escolha do agente carreador é crítica uma vez que influenciará as propriedades de emulsão antes da secagem, a manutenção dos materiais voláteis durante o processo e a vida de prateleira do pó após a secagem (PHISUT, 2012; TONON; BRABET; HUBINGER, 2010)

Para a formulação de um novo produto e sua inserção no mercado, se faz necessário uma avaliação sensorial. A avaliação sensorial é definida como a ciência que engloba todos os métodos para medir, analisar e interpretar as respostas humanas às propriedades dos alimentos e de diversos materiais, respostas essas percebidas pelos cinco sentidos: paladar, olfato, tato, visão e audição (STONE; SIDEL, 2004). Ela pode ser dividida em duas categorias: objetiva e subjetiva. Na avaliação objetiva, os atributos sensoriais de um

produto são avaliados por um painel selecionado e treinado (testes descritivos e discriminativos). Enquanto na avaliação subjetiva, as reações dos consumidores às propriedades sensoriais dos produtos são mensuradas.

Para o desenvolvimento de um novo produto é imprescindível otimizar parâmetros, como forma, cor, aparência, odor, sabor, textura e a interação dos diferentes componentes, com a finalidade de alcançar um equilíbrio integral que se traduza em uma qualidade excelente e que seja de boa aceitabilidade (IMM *et al.*, 2011; WICHCHUKIT; MAHONY, 2011; CHAE *et al.*, 2010; ETAIO *et al.*, 2010).

Segundo trabalhos de Souza (2015) e Silva (2014), o pó atomizado de umbu apresentou baixos teores de ácido ascórbico e de compostos antioxidantes. Para que o pó de umbu seja visto não apenas por suas características sensoriais, mas também por sua qualidade nutricional, o desenvolvimento de um produto misto surge como uma alternativa, utilizando a acerola, como agente enriquecedor.

Dessa forma, este projeto tem como objetivo produzir pó misto de umbu com acerola e determinar as melhores condições em relação a tempo e temperatura de armazenamento para se obter a maior retenção dos compostos bioativos e de suas características físico-químicas.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Geral**

Produzir um pó misto de umbu com acerola rico em compostos bioativos e determinar a melhor condição de armazenamento para manter a maior retenção dos compostos bioativos.

### **2.2 Específicos**

▶ Determinar a melhor concentração entre as polpas de umbu e acerola em relação à retenção dos compostos bioativos para formulação da polpa mista;

▶ Caracterizar fisico-quimicamente o pó misto obtido;

▶ Determinar o potencial antioxidante do pó misto de umbu e acerola;

▶ Avaliar sensorialmente o néctar produzido a partir do pó misto de umbu e acerola e a possível intenção de compra do novo produto;

▶ Avaliar a estabilidade do pó misto obtido em diferentes de atividades de água, armazenados na temperatura de 25°C;

### **3. Problema da pesquisa e hipótese**

Qual proporção de acerola e umbu a ser usado para obter um produto com elevado teor de compostos bioativos, com qualidade físico-química; microbiológica e com potencial antioxidante? Quais as melhores condições de armazenamento deste pó misto de umbu e acerola para conservar tais características?

Para responder a estes questionamentos, supõe-se que os dados acerca das características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais sejam suficientes para fornecer as informações necessárias e possibilitar a determinação das condições de armazenamento como umidade e tempo, que possibilitem a estabilidade do pó misto de umbu com acerola a 25°C.

A secagem por atomização é um processo que possibilita estender a vida de prateleira do produto de fruta facilitando seu transporte e comercialização. Sendo assim, supõe-se que ao fim do processamento será obtido um produto de qualidade, com apelo nutricional e de valor agregado.

## 4. Revisão de Literatura

### 4.1. Umbu

Brasil é o maior produtor mundial de frutas tropicais, e é no nordeste do país onde se encontram as condições ideais para o favorecimento da produção de tais frutas (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2015).

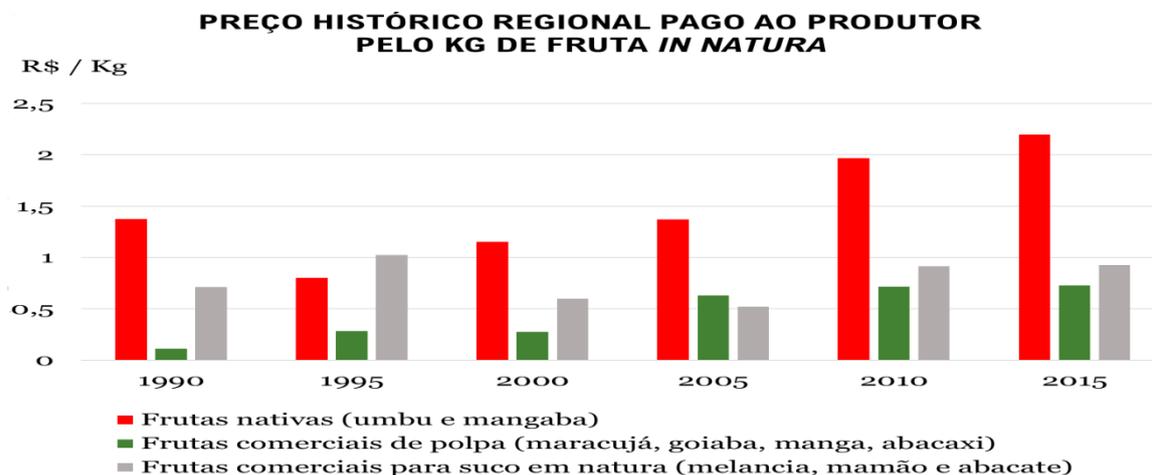
Com o reconhecimento do valor nutricional das frutas tropicais, a busca pelo seu consumo vem aumentando gradativamente. Omena *et al.* (2012) e Almeida *et al.* (2011) relatam a manutenção de diversas atividades metabólicas benéficas ao correto funcionamento do organismo, bem como a diminuição no risco de doenças crônico-degenerativas e prevenção de anomalias fisiológicas, tais como câncer, inflamações, arteriosclerose, diabetes, aceleração do envelhecimento, Parkinson e Alzheimer, que estão associadas ao consumo frequente de frutas.

Os frutos conhecidos como umbu, ou popularmente, imbu ou ambu são drupas glabras ou levemente pilosas, arredondadas, com 5,5 a 130g de massa e superfície lisa ou com 4 a 5 pequenas protuberâncias na porção distal. Possui epicarpo muito ou pouco espesso, de cor amarelo-esverdeada e mesocarpo variando de fino a grosso, de cor branco-esverdeado, textura macia e suculento (BARRETO; CASTRO, 2010). São constituídos por 22% de casca, 68% de polpa e 10% de semente. Geralmente possuem aroma e acidez acentuados, sendo muito apreciados pela qualidade de seu suco (NETO *et al.*, 2012). Os frutos do umbuzeiro podem ser comercializados nos diversos mercados na forma de produtos processados como polpa, doces, sucos, umbuzada, licor, xarope e sorvetes (GALVÃO *et al.*, 2011).

O extrativismo do fruto do umbuzeiro é de grande importância para as comunidades rurais, garantindo fonte de renda extra aos agricultores, assim como outros frutos típicos como representados no gráfico da Figura 1. Apesar de beneficiar milhares de famílias e contribuir para a preservação da biodiversidade, ainda enfrenta grandes desafios. O umbuzeiro é uma das plantas mais preservadas pelas comunidades locais, mas mesmo assim pode

diminuir devido à expansão da agropecuária e da pressão do extrativismo predatório (BARRETO; CASTRO, 2010).

**Figura 1:** Preço pago ao produtor pela fruta nativa cresce no Brasil desde 1995.



(Fonte: Sidra/IBGE 2017).

A época de safra do umbu é bastante delimitada, vai de janeiro a abril. Nessa época há fartura de frutos e, durante a colheita, ocorre perda considerável de umbu maduro por ser bastante perecível. Quando não submetido a processos de conservação, a fruta madura tem uma vida de prateleira muito curta, de dois a três dias, no máximo (GALVÃO *et al.*, 2011).

Com a intenção de solucionar esse problema a busca de inovações é necessária para favorecer o aumento do aproveitamento de alimentos no mercado. Especificamente no caso do umbu, a indústria alimentícia busca a todo momento desenvolver métodos que possam conservar alimentos por um período de tempo maior, mantendo da melhor maneira suas características sensoriais e nutricionais. Tendo em vista que para levar frutos para outras localidades, de maneira segura para o consumo, é necessário o emprego de tecnologias adequadas.

## 4.2. Acerola

A acerola é uma fruta rica nutricionalmente, reconhecida como fonte de vitamina C e traços de pró-vitamina A, ferro, cálcio, vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina e niacina) e possui um sabor agradável, características que garantem ao fruto um reconhecido papel de destaque no consumo da população brasileira. Tal fruto é consumido de várias formas, tanto o produto in natura, como industrializado sob forma de sucos, sorvetes, geleias, licores, doces em caldas e outras (FERREIRA *et al.*, 2009). A acerola é considerada um produto de alta qualidade, destacando-se, no campo dos alimentos funcionais. Outros produtos de acerola que podem ser encontrados no mercado interno são: acerola em pó, acerola com vitamina E, cápsulas medicinais de vitamina C pura (MANICA *et al.*, 2003).

O consumo de frutas e hortaliças, com alto teor de carotenoides, está se destacando mundialmente, uma vez que o consumidor mostra interesse em melhorar sua alimentação (SILVA *et al.*, 2013).

## 4.3. Produtos Mistos

Os produtos mistos surgem como uma alternativa no mercado para incentivar o consumo de produtos que são frequentemente esquecidos quanto à preferência da sociedade, seja por sua aparência visual ou por ter sabor ou odor acentuado.

Exemplos de produtos mistos são diversos, como 20iffere, frutas cristalizadas e estruturadas, sucos em pó e aditivos em compostos alimentícios para crianças e idosos, onde há carência de certos compostos que são muito difíceis de serem obtidos se não a partir do processamento dos mesmos (SILVA *et al.*, 2013).

A acerola é um fruto bastante conhecido da região Nordeste do Brasil, onde sua plantação e colheita geram renda para os trabalhadores do campo devido a sua safra abundante. Porém, o mesmo não acontece com o umbuzeiro, pois sua safra tem períodos curtos e seu fruto alta perecibilidade de modo que torna o seu consumo por parte da população inferior às expectativas dos produtores (NAZARRO *et al.*, 2012; FANG; BHANDARI,

2010). Sendo assim, o processamento do umbu com a acerola se torna viável em busca do aumento do valor de mercado deste fruto, bem como a vazão e geração de renda na agricultura familiar (GALVÃO *et al.*, 2011).

#### **4.4. Desidratação**

Com os avanços tecnológicos relacionados ao processamento de alimentos, a secagem ganhou com a diversificação dos métodos. Dentre tais métodos, a secagem por atomização consiste na transformação de um produto no estado fluído para o estado sólido na forma de pó, numa operação contínua, por meio de um tempo relativamente curto (FERRARI *et al.*, 2012). É uma técnica amplamente utilizada na indústria alimentícia para secar produtos de frutas especialmente em formas de purê ou suco. Uma enorme gama de produtos pode ser seca pela atomização (HUI, 2010). É um processo de conservação, a fim de obter alimentos mais estáveis, de fácil manipulação e armazenamento, abrindo diversas possibilidades para o surgimento de novos tipos de alimentos que visam atender às novas tendências dos consumidores (SANTHALAKSHMY *et al.*, 2015; BHUSARI, MUZAFFAR; KUMAR, 2014).

Os atomizadores são empregados em qualquer produto possível de ser bombeado como emulsões, soluções e suspensões, como por exemplo, cereais e extratos de plantas, lácteos em geral, cafés, leveduras, hidrolisados de proteínas, derivados marinhos, subprodutos de frigoríficos, ovos, sopas, frutas e extratos de frutas (ARAÚJO *et al.*, 2010; CHAVES *et al.*, 2009).

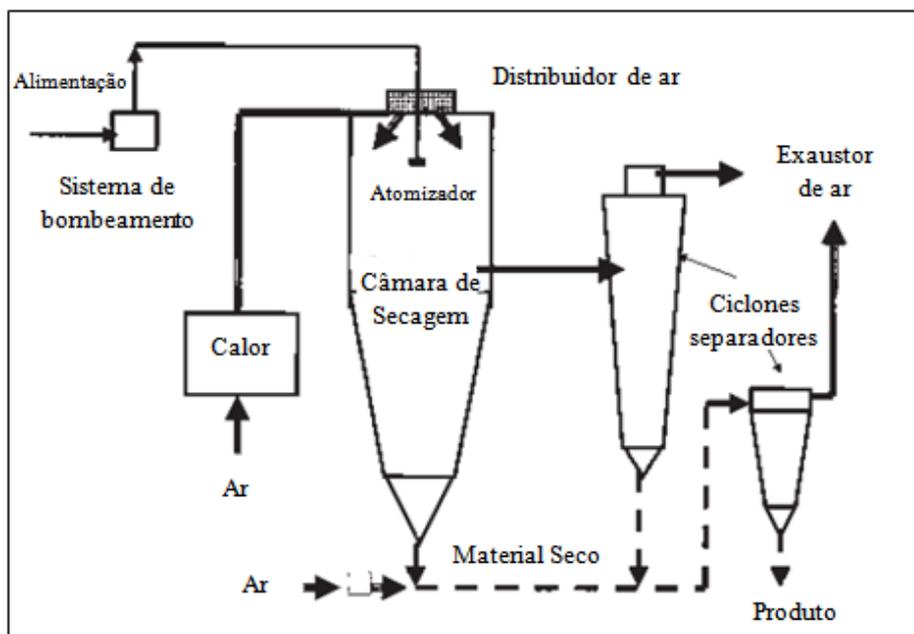
Existem três tipos gerais de atomizadores: o de pressão, o centrifugo e o pneumático de duplo fluído (ar comprimido / alimento líquido). O atomizador comumente utilizado em escala laboratorial é o de pressão, que atomiza líquidos forçando-o através de um bico atomizador que varia de tamanho (entre 0,4 e 4 mm) sob alta pressão, o que impõe elevadas tensões de cisalhamento (AFOAKWAH *et al.*, 2012).

O processo de secagem por atomização vem sendo usado há décadas em diversos processos industriais para obtenção de materiais desidratados. Seu desenvolvimento começou em 1870 e passou a ser utilizado na II Guerra

Mundial, com a intenção de reduzir o peso dos alimentos facilitando o seu transporte (AFOAKWAH *et al.*, 2012).

A operação de secagem por atomização é realizada baseando-se na atomização do líquido, contato do líquido com o ar quente, evaporação da água e separação do produto em pó do ar de secagem. Este processo envolve o bombardeamento de um líquido concentrado por meio de bicos atomizadores ou aspersores que formam pequenas gotas. Essas, por sua vez, são injetadas contra um fluxo de ar quente que força a rápida secagem e produz um fino produto na forma de pó. Geralmente, o alimento é injetado no topo da câmara e escoam para o fundo por gravidade. Em geral, para alimentos, o ar de secagem é injetado no mesmo sentido do produto, de modo que o ar e o produto entram no topo da câmara e vão para o fundo, onde o ar é separado do pó seco e o produto é removido do secador.

**Figura 2:** Esquematização do processo de atomização por Spray Dryer



(Fonte: Silva, 2014)

Entre as vantagens da atomização destaca-se a alta relação entre área de superfície / volume de gotículas, resultando em menor tempo de exposição das partículas a temperatura de secagem. Além disso, a produção de partículas muito pequenas, tornando o produto final bastante solúvel. Em

relação às desvantagens, tem-se que os compostos com baixo ponto de ebulição, responsáveis pelo sabor e aroma, podem ser perdidos. A produção de um produto com propriedades específicas, a flexibilidade de aplicação, redução das reações bioquímicas, redução do tamanho e peso do produto, redução dos custos com armazenagem e transporte, facilidade de manuseio, aplicação em produtos pré-formulados, estabilidade e aumento de vida de prateleira são características de destaque em um produto em pó (SANTHALAKSHMY *et al.*, 2015; FERNANDES; BORGES; BOTREL, 2014; PHISUT, 2012; AFOAKWAH *et al.*, 2012).

Durante a secagem por atomização podem ocorrer diversas mudanças morfológicas. Essas alterações estão relacionadas à umidade e as temperaturas do processo. Em temperaturas mais baixas, as partículas apresentam menor tamanho e uma crosta fina, compacta e irregular. O ajuste da velocidade de alimentação é realizado com a finalidade de que o líquido presente nas gotículas evapore antes que estas entrem em contato com as paredes da câmara de secagem. Velocidades de alimentação excessivas conduzem à diminuição da temperatura de saída e ao acúmulo do material sobre as paredes da câmara (OLIVEIRA; PETROVICK, 2010).

Os primeiros produtos a serem obtidos em larga escala por atomizador foram leite e sabão em pó. A partir de então, seu uso disseminou-se pela indústria de processos em geral, sendo hoje, especialmente, aplicada a secagem de produtos alimentícios e farmacêuticos (TONON; BRABET; HUBINGER, 2010), sendo esta tecnologia então empregada principalmente no encapsulamento de ingredientes alimentares que apresentam sensibilidade ao calor como 23ifferent23es, antocianinas e polifenóis (ROGERS *et al.*, 2012; FANG; BHANDARI, 2011).

Com o intuito de solucionar os problemas de secagem relacionados à aderência do pó, diversos estudos realizam a microencapsulação deste produto por meio da adição de agentes carreadores ao produto antes do mesmo passar pelo processamento de atomização (CANO-HIGUITA *et al.*, 2015; BHUSARI; MUZAFFAR; KUMAR, 2014).

#### 4.5. Microencapsulação

O termo microencapsulação é definido como um processo em que pequenas partículas sólidas, gotículas de líquidos ou compostos gasosos, geralmente definidos como ingredientes ativos (material de núcleo) são envolvidos, aprisionados por um revestimento ou incorporados em uma matriz homogênea ou heterogênea (NAZARRO *et al.*, 2012; ROCHA *et al.*, 2012).

A microencapsulação proporciona uma barreira física entre um núcleo do composto e os outros componentes do produto. Desta forma, muitos produtos que eram considerados tecnicamente inviáveis para a desidratação agora são possíveis. Esta técnica se destaca por permitir um controle sofisticado de certas propriedades do produto e por ser uma tecnologia que envolve processos complexos que permitem incorporar a um material ativo. Novas propriedades funcionais e “inteligentes”, como a liberação ou atuação controlada em um meio específico ou sob condições apropriadas, tornam mais eficaz o produto final do qual esse material fará parte (FANG; BHANDARI, 2010).

Durante décadas, a microencapsulação tem sido utilizada para obtenção de materiais desidratados em forma de pó, sendo difundida na indústria de alimento há mais de 60 anos. Pode proporcionar uma barreira física entre o composto de núcleo e os outros componentes do produto, o núcleo pode ser composto por um ou vários ingredientes, e o material de parede pode ser de única ou dupla camada (NAZARRO *et al.*, 2012; ROCHA *et al.*, 2012).

As microcápsulas podem ter dois tipos principais de estruturas: estrutura mais simples denominada de estrutura de partícula única (núcleo único) e estrutura com vários núcleos (NAZARRO *et al.*, 2012; FANG; BHANDARI, 2010).

A encapsulação de ingredientes alimentares em materiais de revestimento pode ser conseguida por vários métodos. Alguns deles são atomização, extrusão, liofilização, leite fluidizado, coacervação e cocrystalização. Dentre esses métodos, a atomização é a mais usada na

fabricação de gêneros alimentícios (NAZARRO *et al.*, 2012; FANG; BHANDARI, 2010).

As vantagens da microencapsulação por atomização devem-se principalmente ao baixo custo, disponibilidade de equipamentos para secagem, flexibilidade na medida em que oferece variação da matriz de microencapsulação e produção de partículas de boa qualidade (NAZARRO *et al.*, 2012; FANG; BHANDARI, 2010).

A composição do agente carreador é o principal determinante das propriedades funcionais da microcápsula e de como ela pode ser utilizada para melhorar o desempenho de um determinado ingrediente (MISHRA; MISHRA; MAHANTA, 2014).

#### **4.6. Agentes Carreadores**

Sucos de frutas são difíceis de atomizar, por serem ricos em açúcares e ácidos de baixo peso molecular. Como consequência, produzem pós muito higroscópicos, suscetíveis à aglomeração e problemas de fluidez. Em temperaturas geralmente usadas em atomizadores, tais compostos de baixo peso molecular tendem a apresentar os problemas de adesão às paredes da câmara de secagem, além da coesão (adesão de partículas entre si), podendo mesmo produzir um produto pastoso ao invés de um pó. O resultado é considerado negativo, tendo em vista que diminui o rendimento do processo (PHISUT, 2012).

Portanto, torna-se necessário o uso de formulações que contenham os adjuvantes de secagem, denominados agentes carreadores ou material de parede, que podem ser carboidratos (amido, maltodextrinas, xaropes de milho, dextranas, sacarose e ciclodextrinas), celulose (carboximetilcelulose, metilcelulose, etc.), gomas (goma arábica, 25iff, carragena, etc.), lipídeos (ceras, parafina, etc.) e proteínas (glúten, gelatinas, albumina e peptídeos) (YOUSEFI *et al.*, 2011; ADAMAPOULOS, 2010).

#### 4.7. Néctar em Pó

Uma grande quantidade de produtos alimentares têm sido desenvolvida e comercializada na forma de pó. Portanto, a tecnologia utilizada nesse tipo de processamento é cada vez mais importante, tanto para os fabricantes de ingredientes quanto para os produtores de alimentos. Como consequência, um novo ramo da ciência e da engenharia pode ser identificado (MURRIETA-PAZOS *et al.*, 2012). A secagem melhora a estabilidade, por meio da redução da atividade de água, mantendo-os sem deterioração por mais tempo (KOKOROISHI *et al.*, 2009).

Segundo a legislação brasileira, néctar é a bebida não fermentada, obtida da dissolução em água potável da parte comestível do vegetal e açúcares, destinado ao consumo direto, podendo ser adicionado de ácidos (BRASIL, 2003). A utilização de frutas para elaboração de sucos possibilita maior diversificação na oferta dos mesmos e é uma alternativa para a utilização dos excedentes de produção. Logo, o interesse pelo consumo de frutas se estende também aos produtos de frutas processados, tais como néctares e sucos (MURRIETA-PAZOS *et al.*, 2012). As frutas em pó possuem alto potencial de mercado, por se tratar de alimentos naturais, que atendem às tendências atuais (GRANATO *et al.*, 2010). São produtos utilizados extensivamente na elaboração de bebidas de fruta ou incorporados como ingredientes no processo de outros alimentos, com baixa relação massa/volume, maior vida de prateleira, que podem ser armazenadas em temperatura ambiente, permitindo redução do custo com embalagens e despesas inerentes à conservação a frio e transporte (CANO-CHAUCA *et al.*, 2005). Além da diversificação principalmente em função da incorporação de novos sabores de frutas, com destaque às frutas tropicais, como é o caso do umbu e da acerola.

Segundo o Decreto nº 2.314 do MAPA, de 1997, estabelece os Padrões de Identidade e Qualidade de Bebidas, os registros, a classificação, a padronização e a rotulagem, bem como as formas de controle das matérias-primas, das bebidas e dos estabelecimentos. Neste Decreto encontra-se a definição de bebida, como sendo “todo produto industrializado, destinado à

ingestão humana, em estado líquido, sem finalidade medicamentosa ou terapêutica”. As bebidas são classificadas como bebidas não-alcoólicas ou alcoólicas. Os tipos e as definições das bebidas não-alcoólicas são contempladas nos artigos 40 a 60 da Seção I, incluindo suco ou sumo (Art. 40), polpa de fruta (Art. 41) e néctar (Art. 43). Suco ou sumo é definido como: “a bebida não fermentada, não concentrada e não diluída, destinada ao consumo, obtida da fruta sã e madura, ou parte do vegetal de origem, por processo tecnológico adequado, submetida a tratamento que assegure a sua apresentação e conservação até o consumo”. Na mesma Seção I também estão incluídas as definições de suco desidratado, suco misto, suco reconstituído, a designação do termo integral e a denominação *concentrado* para o suco parcialmente desidratado. O Decreto nº 3.510, de 2000, acrescenta ao Art. 40 a definição de suco tropical.

O suco desidratado “é o suco sob o estado sólido, obtido pela desidratação do suco integral, devendo conter a expressão *suco desidratado*”, conforme o Art. 40 do Decreto nº 2.314, que também denomina *suco concentrado* o suco que for parcialmente desidratado, devendo, de acordo com o acima citado Art. 22, ser mencionado no rótulo o percentual de sua concentração.

O suco reconstituído, a designação integral e o suco misto também são definidos no Art. 40 do Decreto nº 2.314. O suco reconstituído é definido como: “o suco obtido pela diluição de suco concentrado ou desidratado, até a concentração original do suco integral ou ao teor de sólidos solúveis mínimo estabelecido nos respectivos padrões de identidade e qualidade para cada tipo de suco integral, sendo obrigatório constar de sua rotulagem a origem do suco utilizado para sua elaboração, se concentrado ou desidratado, sendo opcional o uso da expressão *reconstituído*”.

A crescente demanda de consumidores optando por uma alimentação mais saudável tem resultado no aumento do consumo de fruta em pó, por ser saudável, prático, de fácil reconstituição e apresentar efeitos terapêuticos. A procura pela praticidade e saúde tem gerado um crescimento constante deste

novo mercado, travando uma nova batalha mercadológica contra bebidas similares.

#### **4.8 Estabilidade de Produtos em Pó**

Os pós alimentícios são estruturas amorfas que se caracterizam por apresentarem uma forte reatividade físico-química e enzimática; fazendo-se necessário o controle da formulação e das condições ambientais a fim de manter estabilidade destes produtos ao armazenamento. Suas estruturas complexas contribuem com o comportamento de adsorção das micropartículas, tais como a aglomeração, solubilização e dispersão (CANO-HIGUITA *et al.*, 2015; CUQ; RONDET; ABECASSIS, 2011).

Muitas pesquisas têm se dedicado ao estudo da estabilidade físico-química das frutas atomizadas. Daza *et al.* (2016), avaliando a estabilidade do extrato de cagaita atomizado, reportam uma perda maior de 25% no teor de compostos fenólicos ao final do armazenamento a 30°C, em 32,8% de umidade relativa por 120 dias. Moraga *et al.* (2012), estudando a estabilidade de compostos bioativos presentes em toranja atomizada, relatam perdas significativas destes compostos a partir do sexto mês de armazenamento em umidade relativa de 23%. Fang; Bhandari (2011), analisando a estabilidade de compostos fenólicos e antocianinas em suco de amora atomizado, concluíram que o pó de amora deve ser armazenado a uma temperatura abaixo de 25°C e atividade de água de 0,33 para obter maior estabilidade dos compostos bioativos.

Apesar de serem considerados estáveis ao armazenamento, e demonstrar benefícios ao manuseio e transporte, por causa de sua natureza química, estudos demonstram que os pós alimentícios são sensíveis as variações de umidade, pressão, conteúdo de água e temperatura (FERNANDES; BORGES; BOTREL, 2014; FERRARI *et al.*, 2013; CUQ; RONDET; ABECASSIS, 2011).

#### 4.9 Análise Sensorial

A avaliação sensorial é definida como a ciência que engloba todos os métodos para medir, analisar e interpretar as respostas humanas às propriedades dos alimentos e de diversos materiais, respostas essas percebidas pelos cinco sentidos: paladar, olfato, tato, visão e audição (CIVILLE; OFTEDAL, 2012).

A avaliação subjetiva compreende a classe de testes sensoriais denominados de testes afetivos, que quantificam o grau de aceitação ou de preferência do consumidor em relação a determinado produto. Este tipo de avaliação é influenciada pela mente e por um conjunto de sentimentos subjetivos do indivíduo, tem caráter quantitativo e costuma ser realizada com um número grande de indivíduos, entre 60 e 120 possíveis consumidores do produto (LAWLESS; HAYMANN, 2010; STONE; SIDEL, 2004).

A preferência e a aceitação dos indivíduos, com relação a um produto, são efeitos relacionados, mas não equivalentes. Assim, o teste de preferência implica em estabelecer uma forma de hierarquia, mas não quer dizer necessariamente que o consumidor gosta do produto, ao passo que os testes de aceitação dão uma indicação da magnitude do nível de aceitação do produto. Por outro lado, a intenção de compra configura o desejo de adquirir ou não o produto analisado. Nem sempre um produto aceito ou apontado como preferido se torna um produto que o consumidor pretenda adquirir (KEMP; HOLLOWOOD; HORT, 2009; WICHCHUKIT; MAHONY 2011).

Os dados gerados a partir de uma escala de aceitabilidade incluem uma série de declarações verbais que tornam possível mensurar quanto o consumidor gosta de determinado produto, ou mesmo fazer comparações entre as pontuações atribuídas aos produtos. Desta forma, para a avaliação sensorial, o uso de escala hedônica é bastante informativo. No entanto, os pesquisadores determinam as médias hedônicas para cada produto e, em seguida, avaliam se existem diferenças significativas entre os produtos. As informações adicionais sobre diferenças entre os produtos analisados são

obtidas a partir da análise de variância (ANOVA) e de testes de média para cada atributo avaliado (STONE; SIDEL, 2004; KEMP; HOLLOWOOD; HORT, 2009).

Sendo assim, a satisfação ou não do consumidor pode interferir nas decisões de compra. A utilização da análise sensorial é de suma importância para a indústria alimentícia, não apenas pelo fato de avaliar um novo produto junto ao consumidor, mas também porque permite a caracterização de diferenças e semelhanças entre produtos, a otimização de atributos como aparência, cor, aroma, sabor e textura, bem como avaliar possíveis alterações sensoriais que podem ocorrer durante o armazenamento de um alimento.

Diante do exposto e levando em consideração a perecibilidade dos compostos bioativos dos frutos em questão e como eles podem interferir na avaliação do consumidor e, conseqüentemente, na inserção ou não de um novo produto alimentício no mercado, é de suma importância a realização de análises físico-químicas, microbiológicas e sensorial, visando viabilizar a produção e oferecer alternativas para uma alimentação saudável.

## 5. Referências Bibliográficas

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

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

ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA 2015. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2015. 104 p.

AFOAKWAH, A. N.; ADOMAKO, C.; OWUSU, J.; ENGMAN, N. F.; HANNAH, A.; *Spray drying* as an appropriate technology for the food and pharmaceutical industries – A review. **Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology**, v. 1, p. 467-476, 2012.

BARRETO, L. S.; CASTRO, M. S. Boas Práticas de manejo para o extrativismo sustentável do umbu. **EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia**, 2010.

BHUSARI, S. N.; MUZAFFAR, K.; KUMAR, P. Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder. **Powder Technology**, v. 266, p. 354-364, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 12**, de 4 de setembro de 2003. Estabelece o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade gerais para o suco tropical e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, n. 174, p. 1-25, 2003.

CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C. Effect of the 31ifferen on the microestructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 6, p. 420-428, 2005.

CANO-HIGUITA, D. M.; VILLA-VÉLEZ, H. A.; TELIS-ROMERO, J.; VÁQUIRO, H. A.; TELIS, V R.N. Influence of alternative drying aids on water sorption of spray dried mango mix powders: A thermodynamic approach. **Food and Bioproducts Processing**. V. 93, p.19–28, 2015.

ÇAM, M.; İÇYER, N. C.; ERDOĞAN, F. Pomegranate peel phenolics: Microencapsulation, storage stability and potential ingredient for functional food development. **Food Science and Technology**. V. 55, p. 117-123, 2014.,

DRUMOND, M. A.; NASCIMENTO, C. E. S.; OLIVEIRA, V. R. Comportamento de procedências de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) no semi-árido baiano. **EMBRAPA Semi-Árido**, 2006.

ETAIO, I.; ALBISU, M.; OJEDA, M.; GIL, P. F.; SALMERÓN, J.; ELORTONDO, F. J. P. Sensory quality control for food certification: A case study on wine. Method development. **Food Control**, v.21, p.533–541, 2010.

FANG, Z.; BHANDARI, B. Encapsulation of polyphenols: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 20, p. 1-14, 2010.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; GUEDES, D. B.; OLIVEIRA A. Do N.; DE LIMA, T. H. S. F.; SOUSA, P. H. M. Development of a mixed juice of mango, guava and acerola using mixture design. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 5, p.911-917, 2012.

FERNANDES, V. B.; BORGES, S. V.; BOTREL, D. A. Gum 32iffer/starch/maltodextrin/inulin as wall materials on the microencapsulation of rosemary essential oil. **Carbohydrate Polymers**. V. 101, p. 524–532, 2014.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. *Spray Drying* of blackberry pulp using maltodextrin as carrier agent. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.15, p.157-165, 2012.

FREITAS, D, De G. C.; MATTIETTO, R. De A.; Ideal sweetness of mixed juices from Amazon fruits. **Food Science and Technolgy**, Campinas, 33 (Supl. 1): 148-154, 2013.

GALVÃO, M.S.; NARAIN, N.; SANTOS, M.S.P.; NUNES, M.L. Volatile compounds and descriptive odor attributes in umbu (*Spondias 32ifferen*) fruits during maturation. **Food Research International**, v.44, p. 1919–1926, 2011.

GRANATO, D.; BRANCO, G. F.; NAZARRO, F.; CRUZ, A. G.; FARIA, J. A. F. Functional foods and nondairy probiotic food development: Trends, concepts and products. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 9, p. 292-302, 2010.

IMM, B.; LEE, J. H.; LEE, S. H. Sensory quality index (SQI) for commercial food products. **Food Quality and Preference**, v.22, p.748–752, 2011.

LIRA JÚNIOR, J. S.; MUSSER, R. S.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. Caracterização física e físico-química de

frutos de cajá-umbu (*Spondias spp*). **Food Science and Technology**, v.25, p.757-761, 2005.

MURRIETA-PAZOS, A. I.; GAIANIA, C.; GALETB, L.; CALVETB, R.; CUQC, B.; SCHERA, J. Food Powders: Surface and form characterization revisited. **Journal of Food Engineering**. V. 112, p. 1-21, 2012.

NAZARRO, F.; ORLANDO, P.; FRATIANNI, F.; COPPOLA, R.; Microencapsulation in Food Science and Biotechnology. **Current Opinion in Biotechnology**, v.23, p. 82-186, 2012.

NETO, E. M. D. F. I.; PERONI, N.; MARANHÃO, C. M. C.; MACIEL, M. I. S.; ALBUQUERQUE, U. P. D. Physical and Chemical Characterization of *Spondias tuberos* e Arruda Fruit from different Caatinga Landscapes in Altinho-PE. **The Natural Products Journal**, v. 2, p. 1-5, 2012.

OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, O. R. Secagem por aspersão (spray drying) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Revista Brasileira de Farmacologia**, v. 20, p. 40-48, 2010.

OMENA, C. M. B.; VALENTIM, I. B.; GUEDES, G. S.; RABELO, L. A.; MANO, C. M.; BECHARA, E. J. H.; SAWAYA, A. C. H. F.; TREVISAN, M. T. S.; COSTA, J. G.; FERREIRA, R. C. S.; SANT'ANA, A. E. G.; GOULART, M. O. F. Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits. **Food Research International**, v. 49, p. 334–344, 2012.

PHISUT, N. Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. **International Food Research Journal**, v.19, p.1297-1306, 2012.

ROCHA, G. A.; FÁVARO-TRINDADE, C. S.; GROSSO, C. R. F. Microencapsulation of lycopene by spray drying: Characterization, stability and application of microcapsules. **Food and Bioproducts Processing**. V. 90, p. 37-42, 2012.

SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S., SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**. V. 274, p. 37–43, 2015.

SILVA, A. S.; MACIEL, M. I. S.; MOURA, N. P.; JUNIOR, M. E. S.; MELO, J. V.; AZOUBEL, P. M.; MELO, E. A. Influence of process conditions on drying by atomization umbu pulp. **Journal Bioprocessing Biotechniques**, v.4, p.2-9, 2014.

SILVA, M.L.S.; MENEZES, C.C.; PORTELA, J.V.F.; ALENCAR, P.E.B.S.; CARNEIRO, T.B. Teor de carotenoides em polpas de acerola congeladas. **Revista Verde. Mossoró** – RN – Brasil, v. 8, n. 1, p. 170 – 173 , 2013.

STONE, H.; SIDEL, J. L. Sensory evaluation practices. 3<sup>ed</sup>. **Academic Press is an imprint of Elsevier**. P.408, 2004.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; BRABET, C.; GIBERT, O.; PALLET, D.; HUBINGER, M. D. Water sorption and glass transition temperature of spray dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice. **Journal of Food Engineering**. V.94, p. 215–221, 2009.

TONON, R.V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with 34 different carrier agents. **Food Research International**, v.43, p.907-914, 2010.

YOUSEFI, S.; EMAM-DJOMEH, Z.; MOUSAVI, S. M.; Effect of carrier type and spray drying on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*Punica Granatum* L.). **Journal Food Science Technology**, v.48, p.677–684, 2011.

WICHCHUKIT, S.; O'MAHONY, M. 'Liking', 'Buying', 'Choosing' and 'Take Away' preference tests for varying degrees of hedonic disparity. **Food Quality and Preference**, v. 22, p.60–65, 2011.

## 6. Resultados

### ARTIGO

#### Obtenção de pó misto de umbu e acerola por atomização e estudo de sua estabilidade

### RESUMO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) é uma árvore típica do nordeste brasileiro e bastante utilizado na agricultura familiar. Representa emprego e fonte de renda aos pequenos agricultores, porém em curta duração devido a safra do umbu ser apenas entre os meses de dezembro e março. A acerola (*Malpighia emarginata*) é outro fruto facilmente encontrado na região nordeste, apesar de ser originário da região das Antilhas, e rico nutricionalmente. Sua safra é mais longa e seu sabor característico bastante apreciado permite uma grande variedade de aplicação de seus produtos em novas formulações. Como alternativa para aumentar o tempo de vida de prateleira de produtos *in natura*, desenvolver um novo produto enriquecido nutricionalmente com polpa de acerola e conseqüentemente agregar valor ao fruto objetivou-se no presente estudo desenvolver um produto misto de umbu e acerola atomizado, avaliar físico-quimicamente e sensorialmente o produto obtido. O pó misto de umbu e acerola foi avaliado físico-quimicamente, bem como a sua estabilidade em temperatura 25° C em diferentes atividades de água (0,1; 0,2 e 0,3) por 30, 60 e 90 dias. E sua aceitação, intenção de compra e a preferência por comparação múltipla do néctar obtido de pó misto de umbu e acerola. O pó misto atomizado que melhor apresentou atividade antioxidante e retenção dos compostos bioativos (ácido ascórbico, compostos fenólicos) foi aquele que estava armazenado em Aw 0,1 em todos os tempos estudados. Houve retenção acima de 50% dos compostos fenólicos e do teor de ácido ascórbico no pó em relação a polpa *in natura*. O produto em pó reconstituído para a análise sensorial obteve aceitação acima de 50%, resultado que corroborou a intenção de compra de maioria dos provadores (47,8% comprariam o produto e apenas 28,3% não o fariam). Sendo assim, é obtido como resultado um produto obtido apresenta qualidade para ser inserido no mercado, tanto pelo seu apelo funcional como por suas característica nutricionais.

Palavras-chave: *Spondias tuberosa* Arr. Câm; armazenamento; estabilidade; análise sensorial; produtos mistos e funcionais

## ABSTRACT

The umbuziero (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) is a typical tree from the Northeast region of Brazil and very used in family agriculture. It represents a income source of rentable activity to small farmers, though the harvesting period is only from december to march. The acerola (*Malpighia emarginata*) is another fruit easily found in the northeast region, even though it comes from the Antille region, it is nutritionally rich. It's harvesting period is longer and its natural flavour greatly appreciated permits a variety of applications for its products in novel formulations. As an alternative to enhance the shelf-life of *in natura* products, develop a novel product nutritionally enriched with acerola pulp and consequently add value to the umbu fruit the objective of this study is to produce a new product of mixed powder using umbu and acerola pulp, physico-chemically and sensory evaluate the obtained product. The physico-chemical evaluation of the mixed powder of umbu and acerola at 25°C in different Water Activity wA (0,1; 0,2 e 0,3) and its stability for 30, 60 and 90 days was also performed to evaluate the stability during storage. Finally, to evaluate the acceptance, the purchase intention and preference, by multiple comparison, of nectar obtained from mixed powder of umbu and acerola. The atomized powder that best presented antioxidant activity and retention of bioactive compounds (ascorbic acid, phenolic compounds) was the one stored at wA 0,1 in all the studied storage times. The retention of phenolic compounds and ascorbic acid were higher than 50% in the mixed powder, compared to the mixed *in natura* pulp. The reconstituted powder product for the sensory evaluation obtained an acceptance rate above 50%, result that confirms the purchase intention rate of the majority of the evaluators (47,8% would buy the product and 28,3% would not buy). Therefore, the obtained result is a high quality product to be inserted in the market, for its functional appeal and for its nutritional characteristics.

Keywords: *Spondias tuberosa* Arr. Câm; storage and stability; sensory analysis; mixed and functional products.

## 6.1 Introdução

O cultivo de frutas no Brasil é cada vez mais intensificado pela sua variedade e poder econômico para produtores e exportadores. A geração de emprego e fonte de renda movimentam o mercado e representam forte papel econômico. Para o consumidor também é essencial, pois do ponto de vista da saúde, as frutas representam uma fonte de nutrientes e compostos bioativos que ajudam na manutenção do bem-estar e na prevenção de doenças.

Em particular, a região nordeste do Brasil, em função das condições climáticas, é conhecida pela produção em larga escala de diversas frutas tropicais e subtropicais. Entre as frutas exóticas produzidas na Região, o gênero *Spondias* se destaca. Dentre os frutos desse gênero encontra-se o umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara), fruto bastante apreciado na região (DRUMOND *et al.*, 2006). A acerola (*Malpighia emarginata*), por sua vez, fruto conhecidamente rico em compostos bioativos, dentre eles o ácido ascórbico (Vitamina C), também é bastante característica da região nordeste do Brasil (FREITAS; MATTIETTO, 2013; MACIEL *et al.*, 2010).

A acerola é típica da região das Antilhas, no mar do caribe, mas logo se tornou uma fruta bastante conhecida do Brasil, facilmente adaptada as características climáticas das regiões brasileiras. A adição de polpa de acerola a mistura confere maiores valores nutricionais, especialmente em relação ao ácido ascórbico, composto no qual a acerola é tradicionalmente reconhecida como uma das mais ricas. Produtos mistos já são bastante frequentes no mercado e possuem o apelo tanto nutricional quanto sensorial, por conferir novos sabores aos alimentos aumentando também a oferta de mercado. Geléias, compotas, e sucos de frutas estão entre o mais consumidos produtos mistos. A acerola possui sabor único e bastante apreciado tornando viável e bastante atrativo para agregar valor ao umbu.

Os frutos possuem, em geral, alta perecibilidade, o que acarreta na perda de nutrientes gradativamente com o passar do tempo. Na época da safra pequenos agricultores familiares aproveitam a disponibilidade do umbu tornando-o uma fonte de renda na entressafra de outras culturas tradicionais. No entanto, sua safra não é de todo aproveitada uma vez que o fruto apresenta

alta perecibilidade e o escoamento da produção é falho. Alguns dos compostos mais afetados pelo tempo de armazenamento são os compostos de alto interesse do mercado como o ácido ascórbico, compostos fenólicos e os compostos que conferem ao alimento a atividade antioxidante.

Tendo em vista as tendências atuais dos consumidores que buscam por praticidade e por alimentos mais nutritivos e benéficos à saúde, o processamento do umbu *in natura* com a adição da acerola *in natura* para a obtenção do pó misto das frutas por meio da desidratação por atomização surge como uma alternativa viável. O produto obtido com a aplicação dessa tecnologia é natural, estável e versátil. Além disso, contribui para reduzir as perdas pós-colheita e agregar valor ao produto final. Entretanto, torna-se relevante avaliar a aceitação deste novo produto pelos consumidores, pois a satisfação ou não do consumidor pode interferir nas decisões de compra (PHISUT, 2012).

As características sensoriais dos alimentos podem ser influenciadas pelas características físico-químicas dos alimentos bem como o tempo em que o alimento permanece armazenado. O conhecimento das características sensoriais e das propriedades físico-químicas de um novo produto é necessário para otimizar processos, reduzir custos e ofertar um produto apto a competir com os produtos já existentes no mercado. Desta forma, o presente estudo objetivou desenvolver e caracterizar as propriedades físico-químicas do pó misto de umbu e acerola durante o período de armazenamento de 30, 60 e 90 dias em diferentes condições de atividade de água e umidade relativa em temperatura ambiente (25°C) e avaliar a aceitação, a intenção de compra e a preferência do néctar misto de umbu acerola atomizado.

## **6.2. Material e Métodos**

### **6.2.1. Material**

#### **6.2.1.1. Matéria-prima**

Os frutos do umbuzeiro e da aceroleira maduros foram obtidos no Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco – CEASA/PE. Estes foram transportados para o Laboratório de Processamento de Alimentos, onde foram selecionados quanto ao estágio de maturação e apropriação para

consumo, higienizados, sanitizados com solução de cloro ativo (2,35%) por 15min, despulpados em despulpadeira (Bonina Compacta – Itabauna/BA). A polpa foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e imediatamente congelada, armazenada a -18°C e descongelada de acordo com as quantidades necessárias para cada ensaio.

## **6.2.2. Métodos**

### **6.2.2.1. Pré-testes para seleção do agente carreador e proporção da polpa de umbu e de acerola**

Foram realizados pré-testes utilizando diferentes agentes carreadores (Maltodextrina Globe, Maltodextrina 10DE e Amido Modificado Capsum) e diferentes concentrações de umbu e acerola na mistura de alimentação do atomizador (50:50; 60:40 e 70:30 v/v respectivamente).

### **6.2.2.2. Secagem**

Inicialmente, a polpa foi descongelada em temperatura de refrigeração e peneirada. Este procedimento foi realizado com a finalidade de eliminar os sólidos em suspensão (facilitando a passagem pelo bico atomizador). A concentração da maltodextrina 10 DE foi de 10% de acordo com Souza, (2015). Posteriormente, foi adicionada a água destilada em uma proporção de 1:1 em relação à polpa, sendo esta mistura mantida sob agitação em homogenizador (Tecnal TE-102) até a completa dissolução. Após a secagem pelo atomizador, o produto em pó foi acondicionado em vidros (250 mL) fechados hermeticamente e armazenados em ambiente seco e sem a incidência de raios solares.

Para a secagem em escala de laboratório foi utilizado um mini spray dryer – LM, modelo MSD 1.0 (LABMAQ do Brasil LTDA), disponível no Laboratório de Processamento de Alimentos do Departamento de Ciências Domésticas / UFRPE. As condições de processamento indicadas por Souza, (2015), como condições ótimas de secagem – vazão de líquido de 0,84 L/h, com bico injetor de 1,2 mm de diâmetro, fluxo de ar de 30 m<sup>3</sup>/h, pressão do ar de 0,6 bar e temperatura de 110°C. Todo o processamento, desde a seleção

dos frutos até a obtenção do pó atomizado, foi como descrito na Figura 3, abaixo.

**Figura 3:** Fluxograma de processamento



Fonte: o autor

### 6.2.2.3. Análises Microbiológicas

As análises microbiológicas do pó misto de umbu e acerola atomizado foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Tecnologia Rural (DTR – UFRPE). Foram investigados Coliformes a 45°C (NMP/g), de acordo com a AOAC (2005; Método: 966.24), e Salmonella SSP/25g (AOAC, 2005; Método: 967.26), de acordo com o estabelecido na Resolução - CNNPA nº 12 (BRASIL, 1978) e na Resolução - RDC nº 12 (BRASIL, 2001).

### 6.2.2.4. Análises físico-químicas da polpa mista de umbu e acerola

#### Atividade de água

A análise de atividade de água foi realizada com o auxílio do equipamento analisador de atividade de água (Decagon, AQUA LAB - 4TE). O material (polpa ou pó) foi colocado em cápsulas e o equipamento determinou sua atividade de água.

## Cor

A cor do pó misto de umbu e acerola foi determinada usando colorímetro (Minolta CR-400, Konica Minolta, Sensing Inc), calibrado com azulejo padrão branco, operando em sistema CIELAB ( $L^*a^*b^*$ ), onde  $L^*$  indica variação entre claro e escuro,  $a^*$  indica variação de cor entre vermelho e verde,  $b^*$  indica variação de cor entre amarelo e azul. A diferença de cor ( $\Delta E$ ) entre as amostras foi calculada por meio da seguinte fórmula (KHA et al., 2015):

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2}$$

onde,  $L_0^*$ ,  $a_0^*$  e  $b_0^*$  são os valores da amostra no tempo zero, e  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  os valores de cada amostra medidos com o tempo de armazenamento.

## pH

Foi analisado por meio de medidas diretas utilizando pHmetro com eletrodo de vidro (TECNAL TEC-5 - Piracicaba/SP). O eletrodo do equipamento em contato direto com o material (polposo ou reconstituído) determinou seu potencial hidrogeniônico (pH).

## Umidade

Umidade foi determinada em balança infravermelho (MARTE - IDSO – Piracicaba/SP) a 105 °C durante 45 minutos. Os resultados foram expressos em (%).

## Ácido Ascórbico

O teor de ácido ascórbico (AA) foi estudado tanto na polpa mista, antes de ser atomizada, e no produto final em pó imediatamente após a produção. Sendo assim determinado por método titulométrico, utilizando 2,6 diclorofenol indofenol (AOAC, 2006). Os resultados foram expressos em miligrama de ácido ascórbico por 100 gramas de amostra em base seca (mg AA/100g massa seca)

## Fenólicos Totais

A determinação do teor de fenólicos totais foi realizada por método espectrofotométrico, onde a absorvância foi quantificada a 725 nm, utilizando reagente de Folin Ciocalteau (Merck), segundo metodologia descrita por Wettasinghe e Shahidi (1999). Os resultados são expressos em mg em equivalente de ácido gálico por 100 gramas massa seca.

### **6.2.2.5. Análises físico-químicas do pó misto de umbu e acerola**

Com a finalidade de caracterizar o pó misto de umbu e acerola as determinações físico-químicas foram realizadas, de acordo com os procedimentos descritos abaixo e todas as análises foram realizadas em triplicata. O pó misto de umbu e acerola foi submetido às seguintes análises: atividade de água, cor, umidade, ácido ascórbico, compostos fenólicos totais e pH (conforme descrito anteriormente); Além dessas, o produto também foi avaliado em relação à:

#### **Higroscopicidade**

Conforme metodologia proposta por Cai e Corke (2000), modificada. As amostras, com aproximadamente 1g cada, foram colocadas em um recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,29%) a 25 °C e, após uma semana foram pesadas, sendo a higroscopicidade expressa como g de umidade adsorvida por 100 g de massa seca da amostra ( $\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ).

#### **Ensaio da Atividade Antioxidante**

A atividade antioxidante do pó reconstituído em água e filtrado foi determinada, a saber: A) Capacidade de sequestrar o radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH), segundo método descrito por Brand-Williams et al. (1995), modificado por Sanchez-Moreno et al. (1998). A capacidade de sequestrar o radical DPPH<sup>•</sup> foi então expressa em percentual, calculada em relação ao controle (sem antioxidante), segundo a expressão matemática descrita por Miliauskas et al. (2004). B) Capacidade de sequestrar o Radical ABTS (2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-ácido sulfônico), segundo o método descrito por RE et al (1999). A capacidade antioxidante da amostra calculada em  $\mu\text{Mol TEAC} \cdot \text{g}^{-1}$  do pó reconstituído (atividade antioxidante equivalente ao Trolox, 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico) (NENADIS et al., 2004).

#### **Densidade aparente**

A densidade aparente ( $P_b$ ) foi medida seguindo o procedimento descrito em estudos anteriores com algumas modificações (BARBOSA-CANOVAS et al., 2005; CAPARINO *et al.*, 2012). Em seguida, 2g de pó misto de umbu e acerola atomizado foram transferidos para uma proveta graduada de 10ml. O

pó foi compactado batendo-se a proveta 50 vezes sobre a bancada. A densidade foi calculada de acordo com a Equação (1):

$$\rho_b = \frac{m_s}{V_t}$$

[Equação 1]

Onde:  $m_s$  é a massa do pó e  $v_t$  é o volume total que o pó ocupou na proveta.

### **Densidade de partícula**

A densidade de partícula ( $P_p$ ) das amostras foi determinada a 25°C em um picnômetro com termômetro.

### **Solubilidade**

A análise de solubilidade foi feita de acordo com a metodologia descrita por Cano-Chauca et al. (2005): 1g da amostra foi adicionado a 100mL de água destilada e submetido a agitação em agitador magnético Fisatom, modelo 752 (São Paulo/SP) durante 5 minutos, formando uma solução aquosa, que em seguida foi centrifugada a 3000rpm por 5 min em centrífuga Cientec, modelo CT-6000R (Charqueada/SP). Uma alíquota de 25mL do sobrenadante foi retirada e colocada em placa de Petri, esterilizada e previamente pesada, a solução aquosa foi então levada para estufa com circulação e renovação de ar Marconi, modelo MA-035 (Piracicaba/SP) a 105°C por 5h. Ao término do processo a placa foi pesada em balança analítica e a solubilidade obtida através da diferença de peso.

#### **6.2.2.6. Avaliação Sensorial do néctar obtido a partir do pó misto de umbu e acerola atomizado**

A formulação do néctar obtido a partir do pó misto de umbu e acerola foi submetido conjuntamente com a formulação de néctar obtido a partir da polpa mista de umbu e acerola *in natura* submetidas aos testes de aceitação, intenção de compra e preferência de comparação múltipla e aceitação e intenção de compra. Participaram da avaliação sensorial 67 possíveis consumidores, sendo 19 homens e 48 mulheres, na faixa etária entre 19 a 61

anos de idade. Para a avaliação sensorial utilizou-se a polpa de umbu e de acerola *in natura* e o pó misto de umbu e acerola (Ensaio A e B, respectivamente) O néctar obtido a partir da polpa de umbu e acerola *in natura* foi preparado diluindo-se a polpa na proporção de 1:4 (polpa:água mineral). Para o néctar obtido a partir do pó misto de umbu e acerola foram utilizados 32g de pó (equivalente a 500g de polpa) para 2 litros de água mineral. Todos os néctares foram adoçados com 8% de sacarose, preparados com uma hora de antecedência e mantidos a  $9 \pm 2^{\circ}\text{C}$  até o momento de serem servidos aos provadores. Este projeto foi submetido ao comitê de Ética da Universidade Católica de Pernambuco e tem como número de comprovante 063612/2014.

#### **6.2.2.6.1. Teste de aceitação e intenção de compra**

O teste de aceitação foi realizado utilizando-se escala hedônica de sete pontos, em que os possíveis consumidores do néctar avaliaram o quanto gostaram ou não dos seguintes atributos: cor, aroma, sabor e aparência. A intenção de compra foi investigada empregando escala estruturada de cinco pontos, variando de “certamente não compraria” a “certamente eu compraria” (Figura 4).

**Figura 4:** Ficha de respostas para o teste de aceitação e intenção de compra

### Teste de aceitação do néctar misto feito com umbu e acerola atomizado

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Avalie a amostra de néctar de umbu codificada e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou da amostra.

**Código da amostra:** \_\_\_\_\_

- 7 – Gostei extremamente
- 6 – Gostei moderadamente
- 5 – Gostei ligeiramente
- 4 – Indiferente
- 3 – Desgostei ligeiramente
- 2 – Desgostei moderadamente
- 1 – Desgostei extremamente

Por favor, indique na escala abaixo se você **compraria** ou **não compraria** este produto. **Marque com um X.**

- Certamente eu compraria
- Provavelmente eu compraria
- Talvez eu compraria / Talvez eu não compraria
- Provavelmente eu não compraria
- Certamente eu não compraria

Comentários: \_\_\_\_\_

#### 6.2.2.6.2. Teste de Preferência de Comparação Múltipla

O teste de preferência de comparação múltipla foi aplicado para avaliar os atributos, aroma e sabor dos dois néctares, sendo eles o néctar reconstituído a partir do pó misto de umbu e acerola e o néctar obtido a partir da polpa mista de umbu e acerola (sendo o último utilizado como padrão para comparação). Foi utilizada uma escala de sete pontos variando de extremamente menos preferido que o padrão (1) para extremamente mais preferido que o padrão (7), sendo o 4 igual ao padrão (Figura 5). Considerando-se como amostra Padrão o néctar obtido a partir da polpa mista de umbu e acerola *in natura*.

**Figura 5:** Ficha de respostas para o teste de preferência e comparação múltipla

**Teste de preferência de comparação múltipla entre néctar misto feito com umbu e acerola atomizado e néctar misto de umbu e acerola natural**

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Você recebeu uma amostra-padrão (P) e 2 amostras codificadas. Compare cada amostra com o padrão (se é MELHOR, IGUAL OU PIOR que o PADRÃO) em relação a sua preferência, avaliando o grau de preferência de acordo com a ESCALA abaixo.

**7 Extremamente MAIS PREFERIDO** que o padrão  
**6 Regularmente MAIS PREFERIDO** que o padrão  
**5 Ligeiramente MAIS PREFERIDO** que o padrão  
**4 IGUAL** ao padrão  
**3 Ligeiramente MENOS PREFERIDO** que o padrão  
**2 Regularmente MENOS PREFERIDO** que o padrão  
**1 Extremamente MENOS PREFERIDO** que o padrão

Código da amostra	AROMA	SABOR
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Comentários: \_\_\_\_\_

#### 6.2.2.7. Estabilidade ao armazenamento

Três diferentes repetições de amostras pó misto de umbu e acerola atomizado recém-preparado foram colocadas em vidros herméticos com diferentes atividades de água de 0,1, 0,2 e 0,3, as quais foram preparadas usando soluções saturadas de cloreto de lítio, acetato de potássio e cloreto de magnésio, respectivamente (GREENSPAN, 1977). Os vidros herméticos foram

armazenados a 25°C  $\pm$ 1 °C. As amostras foram periodicamente analisadas (atividade de água, umidade, teor de ácido ascórbico, carotenóides totais, compostos fenólicos totais, determinação de cor, atividade antioxidante e transição vítrea) no tempo inicial (0) e após 30, 60 e 90 dias.

#### **6.2.2.8. Análise Estatística**

A Análise de Variância (ANOVA), os testes de Tukey e de diferença significativa foram realizados utilizando o Statistica 10 (StatSoft, Tulsa, EUA) ao nível de 5% de significância.

### **6.3. Resultados e Discussão**

Os resultados obtidos estão nas Tabelas 1 e 2 e justificam a escolha do agente carreador e da proporção utilizados na pesquisa.

Destaca-se a solução de alimentação do atomizador (a polpa antes de ser inserida no equipamento spray dryer) na proporção 60%-40% de umbu para acerola respectivamente, utilizando a Maltodextrina 10DE como agente carreador na Tabela 1.

**Tabela 1.** Resultados dos pré-testes realizados com polpa mista de umbu e acerola em diferentes proporções e com diferentes agentes carreadores

Formulações/ Agentes Carreadores	Maltodextrina Globe	Maltodextrina 10DE	Amido Modificado Capsum
50% umbu e 50% acerola	Ácido ascórbico: 8053,49 mg/100g Fenólicos Totais: 72,590 mg EAG/100g	Ácido ascórbico: 8567,33 mg/100g Fenólicos Totais: 74,245 mg EAG/100g	Ácido ascórbico: 6275,52 mg/100g Fenólicos Totais: 75,62 mg EAG/100g
60% umbu e 40% acerola	Ácido ascórbico: 8730,41 mg/100g Fenólicos Totais: 92,457 mg EAG/100g	Ácido ascórbico: 9351,67 mg/100g Fenólicos Totais: 91,735 mg EAG/100g	Ácido ascórbico: 6892,96 mg/100g Fenólicos Totais: 84,579 mg EAG/100g
70% umbu e 30% acerola	Ácido ascórbico: 6250,28 mg/100g Fenólicos Totais: 72,264 mg EAG/100g	Ácido ascórbico: 6078,25 mg/100g Fenólicos Totais: 75,965 mg EAG/100g	Ácido ascórbico: 5142,56 mg/100g Fenólicos Totais: 66,442 mg EAG/100g

Comportamento que permaneceu no pó produzido, assim como pode ser visto na Tabela 2, pode-se observar que a proporção 60%-40% obteve a melhor porcentagem de retenção do teor de ácido ascórbico.

**Tabela 2.** Resultados dos pré-testes realizados com o pó misto de umbu e acerola atomizados nas diferentes proporções e com diferentes agentes carreadores.

Formulações/ Agentes Carreadores	Maltodextrina Globe	Maltodextrina 10DE	Amido Modificado Capsum
--	------------------------	-----------------------	----------------------------

50% umbu e 50% acerola em pó	Ácido Ascórbico: 4228,39mg/100g	Ácido Ascórbico: 5586,4mg/100g	Ácido Ascórbico: 3148mg/100g
60% umbu e 40% acerola em pó	Ácido Ascórbico: 4938,26mg/100g	Ácido Ascórbico: 5709,9mg/100g	Ácido Ascórbico: 3042,56mg/100g
70% umbu e 30% acerola em pó	Ácido Ascórbico: 4176,96mg/100g	Ácido Ascórbico: 5493,85mg/100g	Ácido Ascórbico: 2993,82mg/100g

Desta forma a proporção 60%-40% de umbu e acerola foi a escolhida para os seguintes experimentos.

Após a escolha da melhor proporção de acerola a ser adicionada à polpa de umbu, fez-se o estudo para escolher o melhor agente carreador no sentido de manter os compostos bioativos durante o processamento. Foram estudados três diferentes tipos de agentes carreadores Maltodextrina 10DE, Maltodextrina Globe e Amido Modificado Capsum. A Maltodextrina 10DE foi então escolhida por apresentar os melhores resultados nos pré-testes como podem ser observados nas Tabelas 1 e 2

### 6.3.1. Análises microbiológicas

As análises microbiológicas comprovaram (Tabela 3) que o pó de umbu e a acerola atomizado utilizado como matéria-prima para a obtenção do néctar misto de umbu e acerola atende ao item 1c da RDC 12/2001 – ANVISA, quanto aos parâmetros obrigatórios para a amostra. A ausência de *Salmonella* e Coliformes confirmam que os procedimentos sanitários e higiênicos foram corretamente seguidos no desenvolvimento do suco em pó misto.

**Tabela 3.** Resultados das análises microbiológicas nas amostras de pó misto de umbu e acerola atomizado.

Análises	Pó misto de umbu e acerola
<i>Salmonella spp/25g</i>	Ausência

**Coliformes a 45 °C (NMP/g)**

< 3,0

---

NMP – número mais provável.

A contaminação microbiana ainda é considerada o fator de risco mais crítico para a água e para os alimentos. De acordo com Zhao et al. (2003), a contaminação por *Salmonella* pode ocorrer em várias etapas ao longo da cadeia alimentar, incluindo a manipulação/preparação, produção, transformação, distribuição e comercialização.

Coliformes, por sua vez, estão amplamente dispersos no solo, plantas, águas superficiais e intestino de animais de sangue quente. A presença de bactérias do grupo dos coliformes pode influenciar a segurança e preservação alimentar, pois são microrganismos indicadores de contaminação fecal (LEE; PARK; HA, 2007).

### **6.3.2. Avaliação sensorial do néctar feito com umbu e acerola atomizado**

De acordo com Silva *et al.* (2013<sup>a</sup>) a função básica da análise sensorial é avaliar as características sensoriais dos alimentos, tais como a aparência, o aroma, o sabor e a textura e como estes atributos são percebidos pelos seres humanos. Desta forma, o teste afetivo de aceitação foi aplicado com o propósito de avaliar sensorialmente os atributos cor, aroma, sabor e aparência do néctar obtido a partir do pó misto de umbu e acerola.

O teste de preferência entre o néctar obtido a partir do pó misto de umbu e acerola e o néctar obtido a partir da polpa mista de umbu e acerola *in natura* foi realizado aplicando-se o teste de comparação múltipla, avaliando os atributos aroma e sabor. Os resultados encontram-se na Tabela 4.

**Tabela 4.** Teste de preferência – comparação múltipla para as formulações de néctar obtido a partir pó misto de umbu e acerola atomizado.

	Médias*	
	Aroma	Sabor
Néctar obtido a partir de pó misto de umbu e acerola	2,57 <sup>b</sup> ± 1,73	3,63 <sup>a</sup> ± 2,20
Néctar obtido a partir de polpa mista de umbu e acerola	3,4 <sup>a</sup> ± 1,80	3,91 <sup>a</sup> ± 2,14

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste T de Student.

Ao comparar as médias dos valores obtidos observa-se que para o atributo aroma, o néctar obtido a partir da polpa mista de umbu e acerola e o néctar obtido a partir do pó misto de umbu e acerola reconstituído apresentaram médias entre os termos hedônicos “igual ao padrão” e “ligeiramente menos preferido que o padrão” respectivamente. Quanto ao atributo sabor, o néctar reconstituído obteve médias que no termo hedônico o classifica como “ligeiramente menos preferido que o padrão”, enquanto o néctar de polpa obteve médias que o classificam como “ligeiramente mais preferido que o padrão”.

Contudo, nessa avaliação sensorial, foi possível verificar que os atributos sabor e aroma foram afetados pelo processamento da polpa, uma vez que os resultados indicam que os prováveis consumidores preferiram o néctar de umbu e acerola *in natura* aos néctares feitos com umbu e acerola atomizados. Essa preferência possivelmente se deve a alterações ocorridas no produto em consequência da perda de componentes com características termossensíveis, como por exemplo, as substâncias voláteis do aroma que podem ser perdidas com aquecimento em corrente de ar. Além disso, a adição do agente carreador durante o processo de desidratação também pode estar associada a modificações, tanto no aroma quanto no sabor.

As médias das notas atribuídas pelos prováveis consumidores, para cada atributo, estão apresentadas na Tabela 5.

**Tabela 5.** Médias de notas atribuídas pelos prováveis consumidores para os atributos de aroma e sabor.

	Aroma	Sabor
Néctar obtido a partir de pó misto de umbu e acerola	4,32	3,17
Néctar obtido a partir de polpa mista de umbu e acerola	4,53	3,52

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste T.

O IR (Índice de rejeição) médio das amostras foi inferior a 50% (Tabela 5). O néctar produzido a partir da polpa mista de umbu e acerola mostrou maior média (4,53) e, conseqüentemente, maior aceitabilidade, sem, contudo diferir significativamente do suco de umbu e acerola atomizado nas condições de secagem acima apresentadas para os parâmetros analisados (Tabela 5).

A análise dos dados revela que não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os atributos do néctar de umbu e acerola reconstituído obtido a partir do pó misto atomizado. Entretanto, as médias foram um pouco superiores para o néctar obtido da polpa mista de umbu e acerola *in natura*. O pó misto de umbu e acerola poderia também ser avaliado como ingrediente em outros produtos alimentícios como sorvete, bebida láctea, iogurte ou até mesmo como matéria-prima da umbuzada. Contudo, o néctar foi escolhido, por ser a opção que menos mascararia as características inerentes ao umbu e a acerola, uma vez que além das frutas utilizou-se água e açúcar.

Para um melhor entendimento dos resultados realizou-se a análise do índice de aceitação (IA) e rejeição (IR) para cada um dos atributos avaliados (Tabela 6), bem como para as amostras de forma geral (Tabela 7).

**Tabela 6.** Índice de aceitação dos atributos do néctar reconstituído a partir do pó misto de umbu e acerola atomizado.

	Aroma	Sabor
Néctar reconstituído a partir		
do pó misto de umbu e acerola	79	52
Néctar obtido a partir da		
polpa mista de umbu e acerola	89	54

Para que um produto seja considerado aceito pelo consumidor, o mesmo deve receber percentual de aceitação igual ou superior a 70% e percentual de rejeição inferior a 50%. Sendo assim, observa-se que para o atributo aroma, o índice de aceitação para o néctar obtido a partir do pó misto de umbu e acerola reconstituído foi superior a 70%, mesmo com as prováveis perdas dos compostos voláteis ocorridas durante o processo de desidratação por atomização.

**Tabela 7.** Índice de aceitação e rejeição para o néctar reconstituído obtido a partir do pó misto de umbu e acerola.

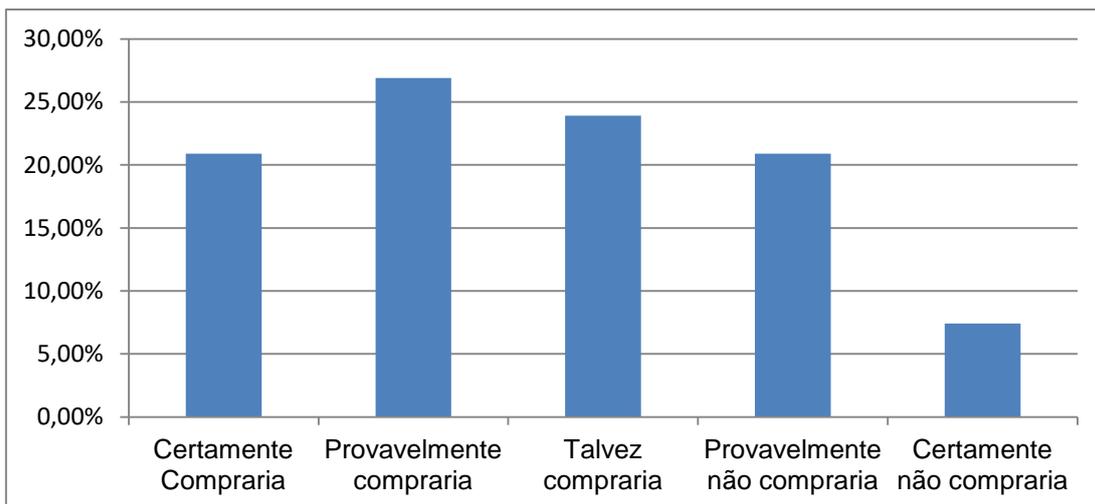
<b>Formulações</b>	<b>Média</b>	<b>Índice de aceitação (%)*</b>	<b>Índice de rejeição (%)**</b>
Néctar obtido a partir do pó misto de umbu e acerola Reconstituído	4,13	63.25	7,25

\* Notas superiores a 4,0. \*\* Notas inferiores a 4,0.

DIB TAXI *et al*,(2001) ao estudarem o suco de camu-camu atomizado verificaram que entre os sucos de camu-camu avaliados sensorialmente (integral, liofilizado, atomizado com maltodextrina e atomizado com goma arábica), àqueles atomizados apresentaram as maiores porcentagens de aceitação, 62 e 57%, respectivamente. No presente estudo os índices de aceitação foram ainda maiores, 63,25% (Tabela 6). Indicando um forte potencial de comercialização para o produto.

Quanto à intenção de compra para o néctar reconstituído a partir do pó misto de umbu e acerola, observa-se nas Figuras 6 e 7 que a maioria dos prováveis consumidores certamente e provavelmente compraria o produto, demonstrando preferência pelo néctar misto de umbu e acerola atomizado.

**Figura 6:** Intenção de compra dos provadores para a formulação de néctar de umbu e acerola atomizado reconstituído segundo metodologia acima descrita.

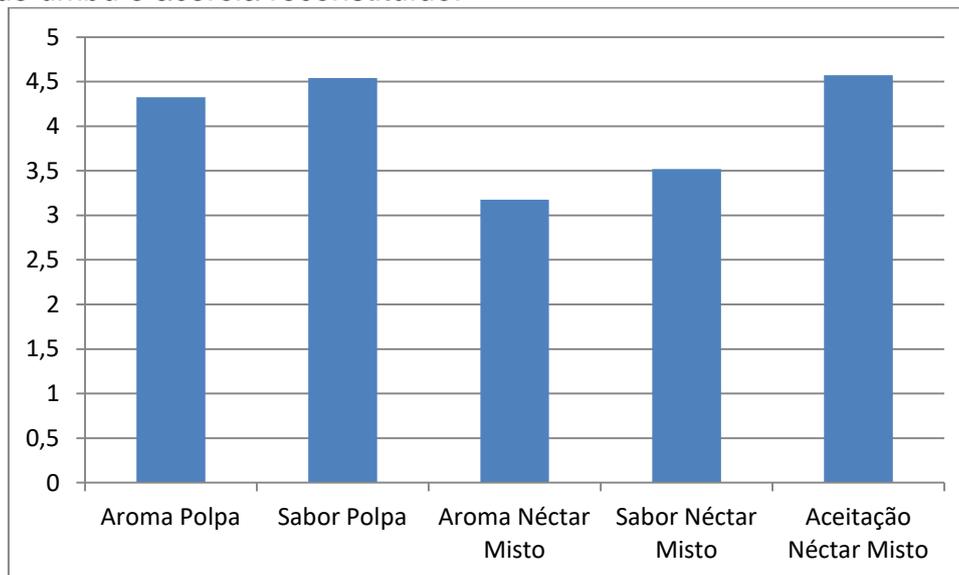


A análise da Figura 6 permite afirmar que o néctar de umbu e acerola atomizado obteve índice de intenção de compra positivo, pois obteve resultado de 20,90% e 26,90% para “certamente compraria” e “provavelmente compraria” respectivamente. No tocante às atitudes que indicam indecisão, “talvez compraria/talvez não compraria”, os valores apresentados foram de 23,90%. E, por fim, os resultados para “provavelmente não compraria” e “certamente não compraria” foram de 20,90% e 7,4% respectivamente.

Na Figura 7 são observadas as médias das notas atribuídas pelos avaliadores para os atributos de aroma e sabor da polpa e do pó misto de umbu e acerola, assim como a aceitação do néctar misto obtido a partir da reconstituição do pó atomizado. Apesar dos atributos de aroma do néctar reconstituído a partir do pó misto atomizado ter sido avaliado abaixo quando comparados com a polpa mista, apresentou um resultado satisfatório para o Índice de Aceitação/Rejeição, fazendo referência às Tabelas 4 e 5 e corroborando seus dados.

**Figura 7:** Média das notas atribuídas pelos avaliadores para os parâmetros de Aroma e Sabor, tanto para o néctar obtido a partir de polpa mista de umbu e

acerola, quanto para o néctar reconstituído a partir do pó misto de umbu e acerola. Média da aceitação do consumidor para o Néctar obtido a partir do pó misto de umbu e acerola reconstituído.



### 6.3.3. Características físico-químicas do pó misto de umbu e acerola

Segundo Barbosa-Cánovas e Juliano (2005), a densidade é fundamental para o estudo de propriedades de um material atomizado, em processos industriais, no ajuste das condições de estocagem, durante o processamento, na embalagem e na distribuição. A densidade é definida como a unidade de massa por unidade de volume, mensurada em g/ml. Os autores diferenciam ainda densidade aparente e densidade de partícula. A densidade aparente de pós alimentares é determinada pela densidade da partícula sólida, por sua porosidade interna, e também pelo arranjo das partículas no recipiente. Desta forma, a densidade aparente inclui o volume de materiais sólidos e líquidos, e de todos os poros fechados ou abertos presentes na atmosfera circundante. Enquanto a densidade de partícula, realizada em picnômetro, inclui apenas a densidade da partícula sólida e os poros internos sem conexão com a atmosfera.

A porosidade intergranular mensura a quantidade de espaços interpartículas e é uma propriedade importante no caso das microcápsulas em que o material encapsulado é susceptível à oxidação. O maior número de espaços entre as partículas implica em maior quantidade de oxigênio

disponível para as reações de degradação, levando a uma perda rápida do composto a ser protegido (TONON, BRABET; HUBINGER, 2010).

A Tabela 8 apresenta os resultados de densidade aparente, densidade de partícula e porosidade intragranular do pó misto de umbu e acerola e de algumas matérias-primas atomizadas encontradas na literatura.

**Tabela 8:** Densidade aparente, densidade de partícula e porosidade intragranular do pó misto de umbu e acerola atomizado, e de estudos reportados na literatura sobre umbu, manga, açaí, fruto gac e abacaxi e ciriguela atomizados.

Frutas	Densidade aparente (g/ml)	Densidade de partícula (g/ml)	Porosidade (%)	Fonte de informação
Pó Misto de Umbu e Acerola	0,8	1,09	18,34	Próprio autor
Umbu	0,61	1,67	63,41	SILVA, J. A. (2014)
Manga	0,40 – 0,80	--	47,00	Caparino et al. (2012)
Açaí	0,37 – 0,48	1,49 – 1,53	68,33 – 75,49	Tonon; Brabet; Hubinger, (2010)
Fruto gac ( <i>Momordica cochinchinensis</i> )	0,66 – 0,78	---	---	Kha; Nguyen; Roach, 2010
Abacaxi	0.59	1.52	---	Abadio et al. (2004)

De acordo com a Tabela 8, a densidade aparente do pó misto de umbu acerola foi de 0,8g/ml, valor próximo à apresentada por Kha, Nguyen e Roach

(2010) em seus estudos com fruto gac (*Momordica cochinchinensis*). No entanto, valores menores de densidade aparente foram apresentados por Caparino et al. (2012) ao estudarem manga atomizada e por Tonon, Brabet e Hubinger (2010) ao estudarem o açaí atomizado e Silva (2014) com o próprio umbu atomizado. No tocante à densidade de partícula Tonon, Brabet e Hubinger (2010) e Abadio *et al.* (2004) apresentaram valores inferiores ao valor apresentado no presente estudo.

O volume de ar presente nos alimentos em pó apresenta uma relação inversamente proporcional à densidade. Desta forma, segundo Goula e Adamopoulos (2008b), normalmente, uma diminuição no volume de ar causa aumento da densidade da partícula, que, por sua vez, leva ao aumento da densidade aparente. Portanto, um fato que explica a variação entre as densidades apresentadas na Tabela 8 é que cada matéria possui um determinado volume de ar inerente a suas partículas.

Além disso, diferenças nas condições de secagem também podem exercer influência sobre a densidade das partículas de pós alimentares. Fazaeli *et al.* (2012), por exemplo, citam variações de densidade devido a mudanças na temperatura de secagem aplicada durante a atomização de amora e Abadio *et al.* (2004) afirmam que um aumento na concentração de maltodextrina ocasionou um decréscimo na densidade do abacaxi atomizado.

Goula e Adamopoulos (2008) afirmam que o caráter pegajoso de um pó pode estar associado a uma elevada densidade aparente, tendo em vista que, as partículas que tendem a formar aglomerados apresentam espaços intragranulares menores, resultando numa maior densidade. Barbosa-Cánovas e Juliano (2005) explicam que a porosidade da massa pode variar significativamente devido ao mecanismo de compactação, aos diferentes tamanhos de partícula, à umidade e à temperatura. Além disso, a porosidade pode ser afetada pela natureza química de cada constituinte do pó bem como pelas condições de processo pelas quais as partículas foram originadas. Contudo, os referidos autores afirmam que a porosidade intragranular de pós alimentares costuma oscilar em torno de 40 a 80%. De acordo com a Tabela 8, os pós mistos de umbu com acerola, o pó de umbu, manga atomizada e açaí

atomizado encontram-se dentro desta faixa, confirmando a afirmação dos autores.

#### **6.3.4. Solubilidade**

A solubilidade se refere à taxa e extensão à qual os componentes das partículas do pó se dissolvem na água. Isto depende principalmente da composição química do pó e do seu estado físico (BARBOSA-CÁNOVAS; JULIANO, 2005). De acordo com Cano-Chauca *et al.* (2005), problemas de solubilidade podem ocorrer quando alimentos são submetidos a altas temperaturas, especialmente em produtos com alta concentração de sólidos, como é o caso da atomização de frutas.

A solubilidade do pó misto de umbu e acerola foi de 80,28%. Resultados semelhantes foram apresentados por Fazaeli *et al.* (2012) e por Abadio *et al.* (2004). Valores de solubilidade bastante inferiores ao apresentado pelo pó misto de umbu e acerola foram encontrados por Kha *et al.* (2010), uma média de 37%. No entanto, Cano-Chauca *et al.* (2005), em seu trabalho sobre secagem por atomização de manga, observaram valores de solubilidade em torno de 95%.

Características próprias da matéria, condições de secagem utilizadas durante o processo de atomização e o tipo de agente carreador adicionado ao produto atomizado influenciam diretamente na solubilidade dos pós alimentares. De acordo com Cano-Chauca *et al.* (2005), dentre os agentes carreadores presentes no mercado, a maltodextrina é o mais utilizado em processos de secagem por atomização, devido a suas propriedades físicas, dentre as quais está sua elevada solubilidade em água. Desta forma, é comum que alimentos atomizados com maltodextrina apresentem uma solubilidade satisfatória. No entanto, as condições de secagem devem atuar em conjunto para a obtenção de bons resultados. Abadio *et al.* (2004) afirmaram que velocidades de atomização mais baixas foram suficientes para a obtenção de produtos com boa solubilidade.

Enquanto Teunou e Fitzpatrick (1999) e Goula e Adamopoulos (2008) destacam que o aumento da temperatura do ar de secagem tende a aumentar

a solubilidade do alimento atomizado, de acordo com Goula e Adamopoulos (2008) isto ocorre devido ao efeito que a temperatura do ar exerce sobre o teor de umidade residual do pó, quanto menor o teor de umidade, maior será a sua solubilidade.

### 6.3.5. Capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante do pó misto de umbu e acerola atomizado foi medida pelos métodos DPPH, cujos resultados foram expressos em EC<sub>50</sub> e percentual de sequestro do radical, e ABTS, com resultados expressos em µmol TE/g de produto (TEAC).

A capacidade antioxidante de polifenóis é decorrente do grupo hidroxil fenólico das moléculas que podem doar hidrogênio e/ou elétron para a estabilização do radical livre e, assim, impedir a oxidação dos lipídeos, proteínas e DNA, e, por conseguinte, reduzir os efeitos adversos da oxidação (RICE-EVANS; MILLER; PAGANGA, 1996). A capacidade de sequestro da amostra expressa em EC<sub>50</sub> indica a concentração da amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do DPPH da solução. Ressalta-se que quanto menor o valor de EC<sub>50</sub>, melhor é a capacidade de sequestro do antioxidante (BRAND-WILLIAMS *et al.*, 1995; SANCHEZ-MORENO *et al.*, 1998).

A capacidade do pó misto de umbu e acerola atomizado de sequestrar o radical DPPH (EC<sub>50</sub>) foi de 567,81±2,12 g de amostra/g DPPH•, capacidade inferior a do suco misto *in natura* (847 g de amostra/g DPPH•), que por sua vez foi inferior a relatada por Rufino *et al.* (2010), de 933 g de amostra/g de DPPH• em massa seca de umbu. Porém, a presente pesquisa apresentou maior capacidade antioxidante que o umbu atomizado estudado por Silva (2014), muito provavelmente pela adição da acerola, que apresenta uma elevada capacidade antioxidante. No entanto, ao comparar o valor de EC<sub>50</sub> do pó misto de umbu e acerola atomizado com o de outros produtos atomizados relatados na literatura, evidencia-se que o pó misto de umbu e acerola não apresenta capacidade antirradical expressiva. Fang e Bhandari (2011) relatam valor de 0,013 g de amostra/g DPPH•, ao estudar o efeito da secagem por atomização e

do armazenamento sobre a estabilidade dos polifenóis de *bayberry*. Couto *et al.* (2012), relatam o valor de 0,0176 a 0,0219 g de amostra/g DPPH• para extratos de alecrim atomizados.

A capacidade de sequestro do DPPH•, expressa em percentual de sequestro aos 10 minutos de reação, foi de aproximadamente 18%. Este valor foi inferior ao apresentado por Silva *et al.* (2013b) para própolis atomizado (entre 61 e 74%). Segundo a classificação estabelecida por Melo *et al.* (2008), que consideram a capacidade de sequestro do DPPH• forte, moderada e fraca quando o percentual de sequestro atinge, respectivamente, valores acima de 70%, entre 70 e 50% e abaixo de 50%, a capacidade de sequestro apresentada pelo pó misto de umbu e acerola foi considerada fraca.

Em relação à capacidade de sequestrar o radical ABTS, elevados valores de TEAC demonstram elevada capacidade antioxidante, uma vez que a ação antirradical está diretamente relacionada ao valor de TEAC. Desta forma, ao comparar a ação antioxidante do pó misto de umbu e acerola ( $24,01 \pm 0,329$   $\mu\text{mol trolox/g}$  de amostra) com os resultados apresentados por Silva *et al.* (2013c) para casca de jabuticaba atomizada utilizando maltodextrina como agente carreador ( $9470$   $\mu\text{mol trolox/g}$  de amostra), é possível afirmar que o pó misto de umbu e acerola não apresentou uma ação antioxidante satisfatória frente a este radical.

A análise do teor de compostos fenólicos do pó misto de umbu e acerola atomizado apresenta um resultado significativamente baixo ( $79,1$  EAG/100g da amostra na solução de alimentação do atomizador). Dessa forma, esta pode ser uma possível razão para a baixa ação antioxidante apresentada pela amostra, tendo em vista que o teor de compostos fenólicos geralmente está intimamente ligado à capacidade antioxidante apresentada por frutas e vegetais (RICE-EVANS; MILLER; PAGANGA, 1997).

Objetivando o esclarecimento da relação teor de compostos fenólicos/ação antioxidante, Krishnaiah, Sarbatly e Nithyanandam (2012) evidenciaram um coeficiente de correlação positivo entre a atividade de sequestro e o teor de fenólicos totais das micropartículas de *M. citrifolia* L. Aproximadamente, 85% da capacidade antioxidante da amostra analisada

pelos referidos autores pode ser atribuída aos compostos fenólicos, enquanto que os outros 25% ficam a cargo de outros compostos fitoquímicos bioativos presentes no fruto.

### 6.3.6. Estudo da estabilidade do pó misto de umbu e acerola

A atividade de água e a umidade são parâmetros de grande importância no que diz respeito à qualidade e estabilidade de alimentos em pó (WANG; ZHOU, 2013; TONON *et al.*, 2009). Neste estudo foram avaliados os comportamentos da atividade de água e da umidade em função do tempo e condição de armazenamento em  $A_w$  0,1, 0,2 e 0,3 na temperatura de 25°C (Tabela 9). A atividade de água inicial do pó misto de umbu e acerola atomizado foi de  $0,14 \pm 0,01$  e diferiu ( $p < 0,05$ ) entre os tempos de 30, 60 e 90 dias quando armazenados em  $a_w$  0,2 e 0,3 a 25°C. A umidade inicial do pó misto de umbu e acerola atomizado foi de  $3,77\% \pm 0,15$  e diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) entre os tempos de 30, 60 e 90 dias para as três condições de  $a_w$  na temperatura de 25°C.

Os valores da atividade de água e umidade do pó misto de umbu e acerola atomizado diferiram significativamente entre si, como podem ser observados na Tabela 9 e na Tabela 10. O aumento da  $a_w$  de armazenamento provocou um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) na atividade de água e na umidade dos pós de umbu e acerola atomizados. No entanto, os maiores valores encontrados para a atividade de água e umidade do pó misto de umbu e acerola atomizado não ultrapassaram  $0,35 \pm 0,05$  e  $5,89\% \pm 0,40$ , respectivamente; valores considerados estáveis e seguros para alimentos secos.

**Tabela 9:** Efeito do tempo de armazenamento (30, 60, 90 dias) na atividade de água ( $a_w$ ) do pó misto de umbu e acerola atomizado armazenado a 25°C

Tempo/Aw	Tempo 0	Tempo 30	Tempo 60	Tempo 90
Aw 0,1	0,14 <sup>bA</sup> ± 0,00	0,17 <sup>aC</sup> ± 0,01	0,22 <sup>cC</sup> ± 0,07	0,17 <sup>aC</sup> ± 0,10
Aw 0,2	0,14 <sup>bA</sup> ± 0,00	0,25 <sup>aB</sup> ± 0,04	0,26 <sup>aB</sup> ± 0,02	0,24 <sup>aB</sup> ± 0,04
Aw 0,3	0,14 <sup>bA</sup> ± 0,00	0,35 <sup>aA</sup> ± 0,05	0,35 <sup>cA</sup> ± 0,05	0,35 <sup>cA</sup> ± 0,05

Média das amostras em diferentes atividades de água, umidade relativa, diferentes tempos de armazenamento e mesma temperatura (25°C) e que diferem entre si segundo a análise estatística e teste de Tukey. Letras minúsculas diferentes nas linhas e as letras maiúsculas diferentes nas colunas estatisticamente ( $p < 0,05$ ).

O aumento da atividade de água e umidade de sucos atomizados durante o seu armazenamento provocam alterações em suas propriedades físicas, tais como mudanças na coloração, aumento da densidade aparente, da coesividade, da fluidez e da viscosidade (MUZAFFAR; KUMAR, 2016; LEE; WU; SLOW, 2013; MORAGA *et al.*, 2012). Além disso, estudos indicam que reações de degradação de compostos fitoquímicos também são aceleradas pelo aumento da atividade de água e umidade destes produtos (MORAGA *et al.*, 2012; FANG; BHANDARI, 2011).

O aumento da umidade e da atividade de água em função do tempo de armazenamento e da aw foi reportado em estudos de estabilidade de suco de tamarindo atomizado (MUZAFFAR; KUMAR, 2016), suco de maracujá atomizado (COSTA *et al.*, 2013) e morango chinês (*bayberry*) atomizado (FANG; BHANDARI, 2011). O aumento da umidade e da atividade de água também foi reportado em estudo sobre a estabilidade do suco de ciriguela atomizado armazenado em embalagens plásticas por 90 dias de armazenamento (TODISCO *et al.*, 2013).

**Tabela 10.** Efeito do tempo de armazenamento (30, 60, 90 dias) e da atividade de água (0,1, 0,2, 0,3) na umidade do pó misto de umbu e acerola atomizado armazenado a 25°C

Tempo / Umidade	Tempo 0	Tempo 30	Tempo 60	Tempo 90
Umidade (%) em Aw 0,1	3,77 <sup>aA</sup> ± 0,61	4,39 <sup>aA</sup> ± 0,78	2,95 <sup>aA</sup> ± 1,13	4,50 <sup>aA</sup> ± 1,40
Umidade (%) em Aw 0,2	3,77 <sup>aA</sup> ± 0,61	5,89 <sup>aA</sup> ± 0,78	5,05 <sup>aA</sup> ± 1,13	4,78 <sup>aA</sup> ± 1,40
Umidade em (%) Aw 0,3	3,77 <sup>aA</sup> ± 0,61	5,52 <sup>aA</sup> ± 0,78	3,25 <sup>aA</sup> ± 1,13	7,06 <sup>aA</sup> ± 1,40

Média das amostras em diferentes umidades relativas, em diferentes tempos de armazenamento e mesma temperatura (25°C) e e que diferem entre si segundo a análise estatística e teste de Tukey. Letras minúsculas diferentes nas linhas e as letras maiúsculas diferentes nas colunas estatisticamente ( $p < 0,05$ ).

### 6.3.7. Ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico (AA) é bastante quantificado em pesquisas científicas por ser considerado um importante antioxidante natural. O teor de ácido ascórbico na solução de alimentação (polpa mista de umbu e acerola *in natura*) do atomizador e do suco misto de umbu e acerola atomizado no tempo inicial foi de  $9567 \pm 0,99$  e  $4447,9 \pm 0,87$  mg AA/100 g na polpa e no pó (ambos os valores calculados para massa seca para se obter uma comparação fidedigna com o resultado do produto em pó), respectivamente. Apesar de ser considerado um composto altamente sensível ao calor, a técnica de secagem por atomização provocou uma grande redução no teor de ácido ascórbico do suco misto de umbu e acerola atomizado no tempo inicial, mesmo assim, amenizada pela presença do agente carreador.

Este comportamento deve-se ao uso da maltodextrina como eficaz agente carreador no processo de secagem por atomização, e pela inativação de algumas enzimas oxidativas sensíveis ao calor, tais como a ácido ascórbico oxidase (CANO-HIGUITA et al., 2015; WAWIRE et al., 2011).

A estabilidade do ácido ascórbico durante armazenamento do pó misto de umbu e acerola atomizado foi avaliada em função do tempo e da aw (Tabela 11). O teor de ácido ascórbico do pó misto de umbu e acerola atomizado diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) entre os tempos de 30, 60 e 90 dias para as três condições de aw de armazenamento a 25°C.

Além disso, ao final do tempo de armazenamento a maior retenção deste composto foi obtida quando o pó misto de umbu e acerola atomizado foi

armazenado em aw 0,1 após 60 dias de armazenamento, chegando até 80%, quando comparado com o teor do ácido ascórbico no tempo inicial.

**Tabela 11:** Efeito do tempo de armazenamento (30, 60, 90 dias) e da atividade de água (0,1, 0,2, 0,3) no teor de ácido ascórbico (mg AA/100 g massa seca).

Tempo/AA	Tempo 0	Tempo 30	Tempo 60	Tempo 90
AA em mg/100g em Aw 0,1	4447,9 <sup>aA</sup> ± 425,46	3611,1 <sup>bA</sup> ± 111,28	3703,7 <sup>bA</sup> ± 216,05	3477,4 <sup>bA</sup> ± 128,49
AA em mg/100g em Aw 0,2	4447,9 <sup>aA</sup> ± 425,46	3528,8 <sup>bA</sup> ± 77,67	3225,3 <sup>cB</sup> ± 138,89	3220,2 <sup>cB</sup> ± 64,25
AA em mg/100g em Aw 0,3	4447,9 <sup>aA</sup> ± 425,46	3055,6 <sup>bB</sup> ± 0,00	2860,1 <sup>cC</sup> ± 94,29	2849,8 <sup>cC</sup> ± 64,25

Média do teor de ácido ascórbico em função do tempo de armazenamento, da umidade e atividade de água em temperatura constante (25°C) e que diferem entre si segundo a análise estatística ANOVA. Letras minúsculas diferentes nas linhas e as letras maiúsculas diferentes nas colunas estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

O aumento da umidade, além da presença de oxigênio, favorecem a oxidação do ácido ascórbico à ácido dehidroascórbico. Além disso, as reações de degradação do ácido ascórbico são geralmente acompanhadas de mudanças na coloração do alimento, devido à formação de compostos intermediários instáveis (PAVLOVSKA; TANEVSKA, 2013; HIATT; TAYLOR, MAUER, 2010).

A redução no teor de ácido ascórbico em função do aumento do tempo de armazenamento também foi reportada em estudos de estabilidade de suco de maracujá atomizado (COSTA *et al.*, 2013) e tomate atomizado (LIU *et al.*, 2010). Todisco, Costa e Clemente (2015) observaram um comportamento não linear do teor de ácido ascórbico com suco de ciriguela atomizado armazenado por 120 dias em embalagens plásticas e laminadas.

### 6.3.8. Diferença de cor

A cor dos alimentos é um atributo muito importante que tem impacto relevante na aceitabilidade pelos consumidores (MUZAFFAR; KUMAR, 2016;

KHA et al., 2015). A Tabela 12 mostra a variação dos parâmetros de cor, luminosidade ( $L^*$ ), intensidade de vermelho/verde ( $a^*$ ) e intensidade de amarelo/azul ( $b^*$ ), durante o período de armazenamento de 90 dias nas condições de  $a_w$  0,1, 0,2 e 0,3 para pó misto de umbu e acerola. O tempo de armazenamento provocou uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) no parâmetro  $L^*$  e  $b^*$  do pó misto de umbu e acerola para todas as condições de armazenamento ( $a_w$  0,1,  $a_w$  0,2,  $a_w$  0,3). No entanto, ao final do tempo de armazenamento (90 dias) o pó misto de umbu e acerola armazenado em  $a_w$  0,2 apresentou os valores de  $L^*$  e  $b^*$  mais próximos do tempo inicial. A redução do valor de  $L^*$  reflete um escurecimento da superfície pó misto de umbu e acerola. Enquanto a redução do parâmetro  $b^*$  indica uma perda da coloração amarela da amostra, que pode ser associada às alterações ocorridas nos pigmentos carotenóides. Para o parâmetro  $a^*$ , a perda da coloração foi observada a partir dos 30 dias de armazenamento em todas as condições de  $a_w$  armazenadas.

**Tabela 12:** Parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) do suco misto de umbu e acerola atomizado armazenado por até 90 dias a 25°C

Parâmetros de Colorimetria	Tempo 0	Tempo 30	Tempo 60	Tempo 90
$L^*$	77.15 <sup>A</sup>	77.51 <sup>A</sup>	80.84 <sup>A</sup>	82,28
$a^*$	26.59 <sup>A</sup>	19.76 <sup>B</sup>	17.06 <sup>B</sup>	19,68
$b^*$	13.23 <sup>A</sup>	18.34 <sup>B</sup>	18.09 <sup>B</sup>	12,29

. Luminosidade ( $L^*$ ), intensidade de vermelho/verde ( $a^*$ ) e intensidade de amarelo/azul ( $b^*$ ). A estatística foi calculada separadamente para cada parâmetro. Letras minúsculas diferentes nas linhas e as letras maiúsculas diferentes nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Segundo a análise de variância (ANOVA), não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as três condições de armazenamento ( $a_w$  0,1,  $a_w$  0,2,  $a_w$  0,3) até os 90 dias de armazenamento. Ao final do período de armazenamento (90 dias), o pó misto de umbu e acerola armazenado em  $a_w$  0,2 apresentou menor diferença de cor quando comparada as demais condições. O aumento na diferença de cor em decorrência do tempo pode ser

atribuído à reação de Maillard, à absorção de umidade, à degradação do ácido ascórbico e degradação dos carotenóides (MUZAFFAR; KUMAR, 2016; KHA *et al.*, 2015). Um comportamento similar ao encontrado neste estudo, como a redução nos parâmetros  $L^*$  e  $b^*$  e aumento do  $a^*$ , também foi observado por Muzaffar e Kumar (2016) estudando a estabilidade de suco de tamarindo atomizado. A redução nos parâmetros  $L^*$  e  $b^*$ , além de um aumento do  $\Delta E$ , também foram observadas com o aumento no tempo de armazenamento em estudo de estabilidade de tomate atomizado (LIU *et al.*, 2010). Kha *et al.* (2015) também observaram um aumento do  $\Delta E$  provocado pelo tempo de armazenamento no estudo da estabilidade de óleo de gac encapsulado com goma arábica e proteína do soro do leite por atomizador. Uma redução no parâmetro  $L^*$  no pó misto de umbu e acerola e armazenado por 90 dias em  $a_w$  0,85 foi observada por Todisco, Costa e Clemente (2013).

### 6.3.9. Compostos fenólicos

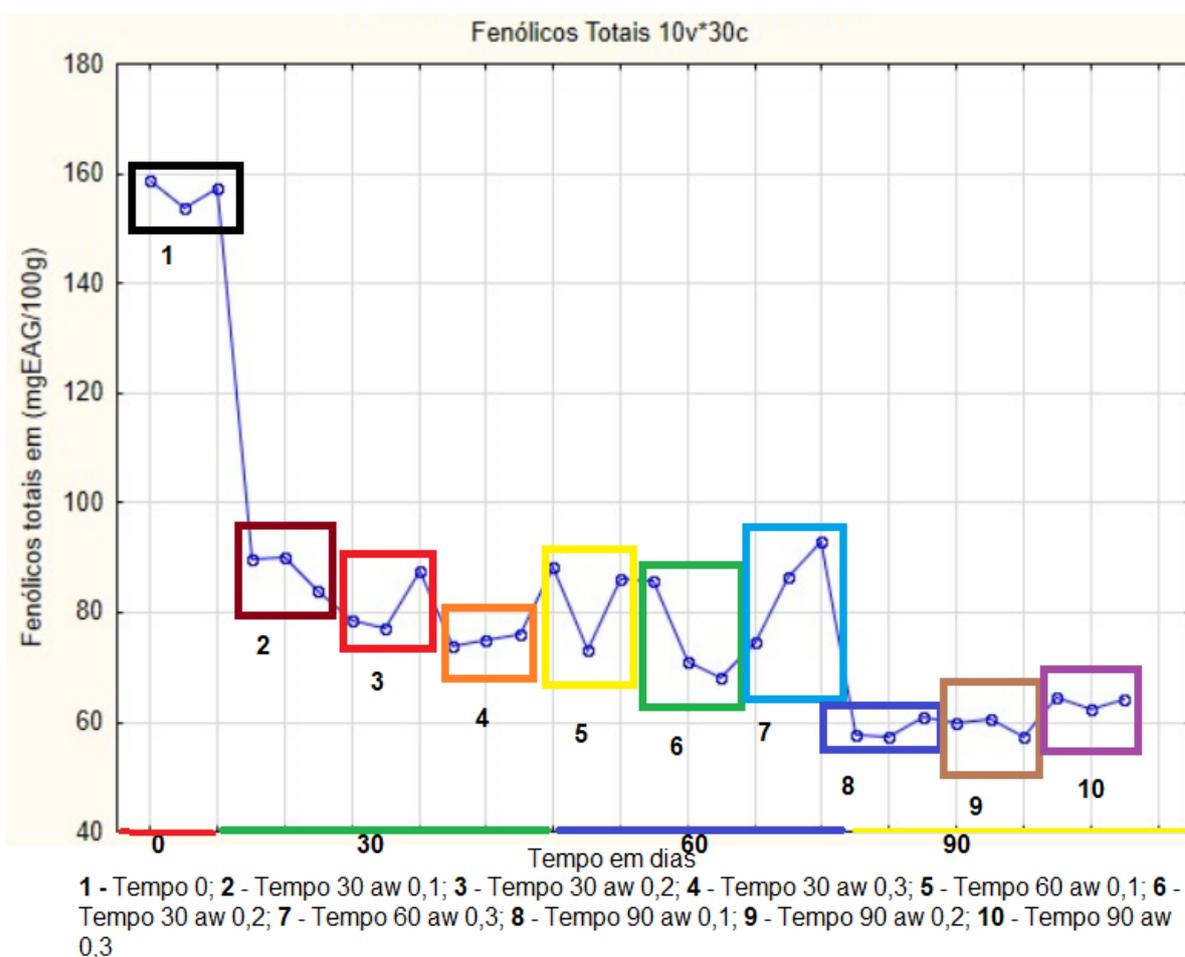
Por pertencerem a uma classe de metabólitos secundários que apresentam um alto poder antioxidante, os compostos fenólicos tem sido foco de muitas pesquisas (DAZA *et al.*, 2016; FANG; BHANDARI, 2011). O teor dos compostos fenólicos na solução de alimentação (polpa mista de umbu e acerola *in natura*) do atomizador e do suco misto de umbu e acerola atomizado foi de  $187,4 \pm 18,5$  e  $79,1 \pm 2,80$  mg EAG/100 g massa seca, respectivamente. A secagem por atomização provocou uma redução significativa ( $p < 0,05$ ), porém satisfatória quando o teor de compostos fenólicos é comparado com outros resultados da literatura. Sendo assim, as condições operacionais e o agente carreador escolhidos foram adequados para manutenção destes fitoquímicos.

A estabilidade dos compostos fenólicos no suco misto de umbu e acerola atomizado foi avaliada em função do tempo e da  $a_w$  de armazenamento (Figura 8). Em geral, observa-se uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) no teor de compostos fenólicos do suco misto de umbu e acerola atomizado com o aumento do tempo de armazenamento. O maior valor para o teor de fenólicos totais durante o armazenamento foi encontrado no tempo de

30 dias em atividade de água 0,1 ( $44,02 \pm 1,69$ ). O menor teor de compostos fenólicos foi de  $24,34^{aA} \pm 0,95$  no tempo de 90 dias em atividade de água 0,1.

A redução no teor de compostos fenólicos reportada neste estudo deve-se a sua instabilidade e sensibilidade às condições ambientais, tais como temperatura, umidade e oxigênio, durante o processamento e armazenamento como pode ser observado na Tabela 13. A redução no teor deste fitoquímico durante o armazenamento pode ser relacionada principalmente às reações de oxidação destes compostos (VOLF *et al.*, 2014; FANG; BHANDARI, 2011).

**Figura 8** – Efeito do tempo de armazenamento (30, 60, 90 dias) e da atividade de água (0,1, 0,2, 0,3) no teor de compostos fenólicos (mg EAG/100g massa seca) do suco misto de umbu e acerola atomizado armazenado a 25 °C



**Tabela 13:** Teor de compostos fenólicos de suco misto de umbu e acerola em atividade de água 0,1; 0,2 e 0,3 armazenados em temperatura constante de 25°C nos tempos 0, 30, 60 e 90 dias.

Tempo/ Fenólicos Totais em mg EAG/100g	Tempo 0	Tempo 30	Tempo 60	Tempo 90
Fenólicos Totais em mg EAG/100g em Aw 0,1	79,1 <sup>aA</sup> ± 0,00	44,02 <sup>bA</sup> ± 1,69	41,28 <sup>bA</sup> ± 4,09	24,34 <sup>cA</sup> ± 0,95
Fenólicos Totais em mg EAG/100g em Aw 0,2	79,1 <sup>aA</sup> ± 0,00	40,55 <sup>bA</sup> ± 2,86	37,53 <sup>bA</sup> ± 4,62	29,58 <sup>cA</sup> ± 0,85
Fenólicos Totais em mg EAG/100g em Aw 0,3	79,1 <sup>aA</sup> ± 0,00	37,52 <sup>bA</sup> ± 0,54	42,39 <sup>bA</sup> ± 4,66	31,81 <sup>bA</sup> ± 0,54

Média do teor de compostos fenólicos das amostras em diferentes atividades de água, umidade relativa, diferentes tempos de armazenamento e mesma temperatura (25°C) e que diferem entre si segundo a análise estatística ANOVA. Letras minúsculas diferentes nas linhas e as letras maiúsculas diferentes nas colunas estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

O tempo de armazenamento também provocou uma redução no teor de compostos fenólicos em estudos de estabilidade de produtos obtidos por atomização, tais como extrato de cagaita (DAZA *et al.*, 2016); suco de mirtilo (TURAN *et al.*, 2016); extrato de mirtilo (JIMÉNEZ-AGUILAR *et al.*, 2011) e morango chinês (*bayberry*) (FANG; BHANDARI, 2011). Todisco, Costa e Clemente (2015) relatam um comportamento não linear no teor de compostos fenólicos durante o armazenamento do suco de ciriguela atomizado por 120 dias a 25°C em embalagens plásticas e laminadas.

#### 6.4. Conclusão

O néctar obtido a partir do pó misto de umbu e acerola apresentaram características sensoriais aceitáveis. As condições de processo produziram um produto de características condizentes com as existentes no mercado bem como as encontradas na literatura para condições de processamento semelhantes, pois apresentou densidade, porosidade e solubilidade familiares a de produtos atomizados. A melhor concentração de relação entre umbu e acerola foi de 60% umbu e 40% acerola por melhor reter os compostos bioativos de interesse da pesquisa. Quanto à capacidade antioxidante, a polpa

mista de umbu e acerola exibiu fraca capacidade de sequestro dos radicais DPPH e ABTS, assim como o seu produto final em pó.

No estudo de estabilidade o pó misto de umbu e acerola foi analisado em três diferentes tempos (30, 60 e 90 dias) e comparado com o tempo inicial em temperatura de 25°C em Aw estável de 0,1; 0,2 e 0,3. Verificou-se que houveram diferenças significativas entre os tempos nas atividades de água determinadas, porém, dentro da Instrução Normativa da Legislação Brasileira para alimentos secos em pó, pois não ultrapassaram o valor máximo permitido para alimentos dessa natureza.

Portanto, este estudo sugere que o suco misto de umbu e acerola atomizado, quando em temperatura ambiente (25°C ± 1), seja armazenado por até 90 dias, preferencialmente em aw 0,1 para que as alterações físico-químicas sejam minimizadas, segundo os resultados da pesquisa.

### **6.5. Considerações Finais**

O presente estudo fornece informações importantes que podem ser utilizadas no desenvolvimento e seleção de embalagens e na determinação da vida de prateleira do suco misto de umbu e acerola atomizado.

O néctar misto de umbu e acerola reconstituído oriundo deste experimento teve aceitação de 47,8% dos prováveis consumidores e apresentou resultados satisfatórios no que se refere às características físico-químicas esperadas para um alimento em pó. Sua ação antioxidante também apresentou resultados satisfatórios quando comparado a outros experimentos, isso se deve a adição da acerola, rica em compostos fenólicos que permanecerem em teor satisfatório mesmo após o processamento.

Após a realização da análise sensorial pode-se verificar que houve preferência ao produto *in natura* em detrimento do produto reconstituído a partir do pó misto de umbu e acerola no teste de preferência por comparação múltipla. Mesmo assim, ao se realizar o teste de aceitação e intenção de compra, o produto formulado a partir da reconstituição do pó misto de umbu e acerola observou-se bons resultados, essenciais para a inserção deste novo produto no mercado.

## 6.6. Referências

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

AFOAKWA, A. N.; ADOMAKO, C.; OWUSU, J.; ENGMAN, N. F.; HANNAH, A.; *Spray drying* as an appropriate technology for the food and pharmaceutical industries – A review. **Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology**, v. 1, p. 467-476, 2012.

BARRETO, L. S.; CASTRO, M. S. Boas Práticas de manejo para o extrativismo sustentável do umbu. **EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia**, 2010.

BHUSARI, S. N.; MUZAFFAR, K.; KUMAR, P. Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder. **Powder Technology**, v. 266, p. 354-364, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa n. 12**, de 4 de setembro de 2003. Estabelece o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade gerais para o suco tropical e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, n. 174, p. 1-25, 2003.

CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 6, p. 420-428, 2005.

CANO-HIGUITA, D. M.; VILLA-VÉLEZ, H. A.; TELIS-ROMERO, J.; VÁQUIRO, H. A.; TELIS, V R.N. Influence of alternative drying aids on water sorption of spray dried mango mix powders: A thermodynamic approach. **Food and Bioproducts Processing**, v. 93, p.19–28, 2015.

ÇAM, M.; İÇYER, N. C.; ERDOĞAN, F. Pomegranate peel phenolics: Microencapsulation, storage stability and potential ingredient for functional food development. **Food Science and Technology**, v. 55, p. 117-123, 2014.,

CHAE, J. E.; LEE, Y. M.; LEE, H. S. Affective same-different discrimination tests for assessing consumer discriminability between milks with subtle differences. **Food Quality and Preference**, v.21, p.427–438, 2010.

CIVILLE, G. V.; OFTEDAL, K. N.; Sensory Evaluation Techniques – Make “good for you” taste “good”. **Physiology & Behavior**, v. 107, p. 598-605, 2012.

DAZA, L. D.; FUJITA, A.; FÁVARO-TRINDADE, C. S.; RODRIGUES-RACT, J. N.; GRANATO, D.; GENOVESE, M. I. Effect of spray drying conditions on the

physical properties of Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruit extracts. **Food and Bioproducts Processing**, v. 97, p. 20-29, 2016.

DIB TAXI, C. M.; MENEZES, H. C.; SANTOS, A. B.; GROSSO, C. R. Study of the microencapsulation of camu-camu (*Myrciariadubia*) juice. **Journal of Microencapsulation**, v. 20, p. 443-448, 2003.

DRUMOND, M. A.; NASCIMENTO, C. E. S.; OLIVEIRA, V. R. Comportamento de procedências de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) no semi-árido baiano. **EMBRAPA Semi-Árido**, 2006.

ETAIO, I.; ALBISU, M.; OJEDA, M.; GIL, P. F.; SALMERÓN, J.; ELORTONDO, F. J. P. Sensory quality control for food certification: A case study on wine. Method development. **Food Control**, v.21, p.533–541, 2010.

FANG, Z.; BHANDARI, B. Encapsulation of polyphenols: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 20, p. 1-14, 2010.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; GUEDES, D. B.; OLIVEIRA A. Do N.; DE LIMA, T. H. S. F.; SOUSA, P. H. M. Development of a mixed juice of mango, guava and acerola using mixture design. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 5, p.911-917, mai, 2012.

FERNANDES, V. B.; BORGES, S. V.; BOTREL, D. A. Gum arabic/starch/maltodextrin/inulin as wall materials on the microencapsulation of rosemary essential oil. **Carbohydrate Polymers**. v. 101, p. 524–532, 2014.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. *Spray Drying* of blackberry pulp using maltodextrin as carrier agent. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.15, p.157-165, 2012.

FREITAS, D, De G. C.; MATTIETTO, R. De A.; Ideal sweetness of mixed juices from Amazon fruits. **Food Science and Technolgy**, Campinas, 33 (Supl. 1): 148-154, fev. 2013.

GRANATO, D.; BRANCO, G. F.; NAZARRO, F.; CRUZ, A. G.; FARIA, J. A. F. Functional foods and nondairy probiotic food development: Trends, concepts and products. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 9, p. 292-302, 2010.

IMM, B.; LEE, J. H.; LEE, S. H. Sensory quality index (SQI) for commercial food products. **Food Quality and Preference**, v.22, p.748–752, 2011.

JIMÉNEZ-AGUILAR, D. M.; ORTEGA-REGULES, A. E.; LOZADA-RAMÍREZ, J. D.; PÉREZ-PÉREZ, M. C. I.; VERNON-CARTER, E. J.; WELTI-CHANES, J. Color and chemical stability of spray-dried blueberry extract using mesquite gum as wall material. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, p. 889-894, 2011.

KEMP, S. E.; HOLLYWOOD, T.; HORT, J.; **Sensory Evaluation: A practical Handbook**. p. 630, 2003

LABMAQ DO BRASIL LTDA (2003). **Manual de Operações do Mini-SprayDryer MSD1.0**. Departamento de Engenharia.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices**. 2<sup>o</sup> Ed. Springer. P. 596, 2010.

LIRA JÚNIOR, J. S.; MUSSER, R. S.; MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. Caracterização física e físico-química de frutos de cajá-umbu (*Spondias spp*). **Food Science and Technology**, v.25, p.757-761, 2005.

MORAGA, G. A.; IGUAL, M. A.; GARCÍA-MARTÍNEZ, E.; MOSQUERA, L. H.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Effect of relative humidity and storage time on the bioactive compounds and functional properties of grapefruit powder. **Journal of Food Engineering**, v. 112, p. 322-327, 2016.

MURRIETA-PAZOS, A. I.; GAIANIA, C.; GALETB, L.; CALVETB, R.; CUQC, B.; SCHERA, J. Food Powders: Surface and form characterization revisited. **Journal of Food Engineering**. v. 112, p. 1-21, 2012.

NAZARRO, F.; ORLANDO, P.; FRATIANNI, F.; COPPOLA, R.; Microencapsulation in Food Science and Biotechnology. **Current Opinion in Biotechnology**, v.23, p. 82-186, 2012.

NETO, E. M. D. F. I.; PERONI, N.; MARANHÃO, C. M. C.; MACIEL, M. I. S.; AÇBUQUERQUE, U. P. D. Physical and Chemical Characterization of *Spondias tuberosa* Arruda Fruit from different Caatinga Landscapes in Altinho-PE. **The Natural Products Journal**, v. 2, p. 1-5, 2012.

OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, O. R. Secagem por aspersão (spray drying) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Revista Brasileira de Farmacologia**, v. 20, p. 40-48, 2010.

PHISUT, N. Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. **International Food Research Journal**, v.19, p.1297-1306, 2012.

ROCHA, G. A.; FÁVARO-TRINDADE, C. S.; GROSSO, C. R. F. Microencapsulation of lycopene by spray drying: Characterization, stability and application of microcapsules. **Food and Bioproducts Processing**. v. 90, p. 37-42, 2012.

ROGERS, S.; FANG, Y.; LIN, S. X. Q.; SELOMULYA, C.; CHEN, X. D. A monodisperse *spray dryer* for milk powder: Modeling the formation of insoluble material. **Chemical Engineering Science**, v. 71, p. 75-84, 2012.

SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S., SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**. v. 274, p. 37–43, 2015.

SILVA, A. S.; MACIEL, M. I. S.; MOURA, N. P.; JUNIOR, M. E. S.; MELO, J. V.; AZOUBEL, P. M.; MELO, E. A. Influence of process conditions on drying by atomization umbu pulp. **Journal Bioprocessing Biotechniques**, v.4, p.2-9, 2014.

SILVA, A.N.; SILVA, R.C.S.N.; FERREIRA, M.A.M.; MINIM, V.P.R.; COSTA, T.M.T.; PEREZ, R. Performance of hedonic scales in sensory acceptability of strawberry yogurt. **Food Quality and Preference**, v. 30, p. 9–21, 2013a.

SILVA, F.C.; FONSECA, C.R.; ALENCAR, S.M.; THOMAZINI, M.; BALIEIRO, J.C.C.; PITTIA, P.; FAVARO-TRINDADE, C.S. Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried propolis, a natural food additive, using gum Arabic and OSA starch-based carrier systems. **Food and Bioproducts Processing**, v. 91, p. 28–36, 2013b.

SILVA, P.I.; STRINGHETA, P.C.; TEÓFILO, R.F.; OLIVEIRA, I.R.N. Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. **Journal of Food Engineering**, v. 117, p. 538–544, 2013c.

SOUZA, M. M. B., Secagem por atomização do umbu utilizando maltodextrina 10 DE: Influência das variáveis de processo e sua qualidade. 2015. 120 f. **Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos)** -

Departamento de Ciências Domésticas, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015.

STONE, H.; SIDEL, J. L. Sensory evaluation practices. 3<sup>ed</sup>. **Academic Press is an imprint of Elsevier**. p.408, 2004.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; BRABET, C.; GIBERT, O.; PALLET, D.; HUBINGER, M. D. Water sorption and glass transition temperature of spray dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice. **Journal of Food Engineering**. v.94, p. 215–221, 2009.

TONON, R.V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with differentt carrier agents. **Food Research International**, v.43, p.907-914, 2010.

TURAN, F. T.; CENGIZ, A.; SANDIKÇI, D.; DERVISOGLU, M.; KAHYAOGU, T. Influence of ultrasonic nozzle in spray-drying and storage on the properties of blueberry powder and microcapsule. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 43, p. 907-914, 2010.

YOUSEFI, S.; EMAM-DJOMEH, Z.; MOUSAVI, S. M.; Effect of carrier type and spray drying on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*PunicaGranatum* L.). **Journal Food Science Technology**, v.48, p.677–684, 2011.

WICHCHUKIT, S.; O'MAHONY, M. 'Liking', 'Buying', 'Choosing' and 'Take Away' preference tests for varying degrees of hedonic disparity. **Food Quality and Preference**, v. 22, p.60–65, 2011.