



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO



DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO DO UMBU UTILIZANDO MALTODEXTRINA 10
DE: INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO E SUA QUALIDADE**

MICHELLE MARIA BARRETO DE SOUZA

RECIFE/PE

2015

MICHELLE MARIA BARRETO DE SOUZA

**SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO DO UMBU UTILIZANDO MALTODEXTRINA 10
DE: INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO E SUA QUALIDADE**

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: Prof^ª. Dr^ª. Maria Inês Sucupira Maciel

Departamento de Ciências Domésticas / UFRPE

RECIFE/PE

2015

Ficha Catalográfica

S729s Souza, Michelle Maria Barreto de
Secagem por atomização do umbu utilizando maltodextrina
10 DE: Influência das variáveis de processo e sua qualidade /
Michelle Maria Barreto de Souza. -- Recife, 2015.
117 f.: il.

Orientador (a): Maria Inês Sucupira Maciel.
Dissertação (Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de
Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Ciências Domésticas, Recife, 2015.
Referências.

1. *Spondias Tuberosa* Arr. Cam. 2. Atomização
3. Planejamento experimental I. Maciel, Maria Inês Sucupira,
orientadora II. Título

CDD 664

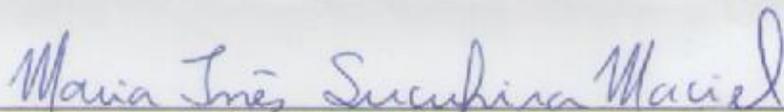
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DOMÉSTICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO DO UMBU UTILIZANDO MALTODEXTRINA 10
DE: INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO E SUA QUALIDADE

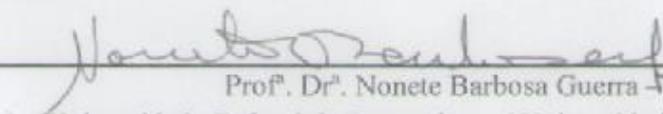
Por: Michelle Maria Barreto de Souza

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

Banca Examinadora



Prof. Dr. Maria Inês Sucupira Maciel – Presidenta da Banca
Universidade Federal Rural de Pernambuco



Prof. Dr. Nonete Barbosa Guerra – Membro Interno
Universidade Federal de Pernambuco / Universidade Federal Rural de Pernambuco



Prof. Dr. Patricia Moreira Azoubel – Membro Externo
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho aos meus pais, meu irmão e meu noivo, por serem os responsáveis pela minha trajetória até aqui.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Roseane Barreto de Souza, meu pai Marcos Batista Nogueira de Souza e meu irmão Wagner Barreto de Souza, pelo incentivo, confiança, apoio, conselhos, educação e amor. Sem dúvidas, vocês são as pessoas mais importantes na minha vida, foram vocês que me fizeram compreender o real valor do conhecimento e o grande prazer de se estudar. Também agradeço à minha vó Helena (*in memoriam*) que lembrarei sempre das suas palavras, gestos e ensinamentos. E a toda família Barreto pelo carinho.

Ao meu noivo Marcio Paixão, obrigada pelo incentivo, compreensão, amor, horas de estudo e torcida em cada etapa da minha vida. Sou eternamente grata por toda sua ajuda.

À professora Maria Inês Sucupira Maciel, muito obrigada pela sua orientação desde a época da iniciação científica e por todo aprendizado que suas aulas proporcionaram. Com certeza, esse período foi um dos mais valiosos para minha formação acadêmica.

À professora Enayde de Almeida Melo e a Lia Pinheiro pela ajuda e pelas explicações da estatística do trabalho.

À banca examinadora por todas as contribuições e por terem aceitado participar.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela dedicação e ensinamentos disponibilizados nas aulas, cada um de forma especial contribuiu para minha formação.

Às minhas amigas Ana Paula, Karine Lima, Eliana Bezerra, Lidiana Ferreira e Marli Maria, obrigada a todas pela amizade sincera e pelo carinho.

Agradeço a todos os colegas de sala pela troca de conhecimentos, em especial à minha amiga Rafaela Bastos, pelo carinho e por todos os trabalhos que sempre fizemos juntas desde o primeiro semestre do mestrado.

Também agradeço ao Marcony Edson e a Nathalia Cavalcanti pela amizade, divertimento e companheirismo no laboratório.

À técnica do laboratório Jaqueline pela disponibilidade e a Rosy por ser sempre prestativa.

Ao CETENE, especialmente à Janaína e a Fábio do Ageu Magalhães pela realização das análises de morfologia e tamanho de partículas.

Por fim, agradeço a CAPES pelo apoio financeiro e a Universidade Federal Rural de Pernambuco por ter concedido a oportunidade de obter o título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

RESUMO

Os frutos do umbuzeiro apresentam apelo exótico para mercados de algumas regiões do Brasil, como Sudeste e Sul, e para o mercado externo, o que vem estimulando o aumento de sua produção. Ainda não devidamente caracterizado, no que se refere ao seu potencial para industrialização, o umbu é uma fruta que demanda pesquisas. Entre estas, ressalta-se o desenvolvimento de novas tecnologias para o processamento dessa fruta, de forma a promover um aproveitamento mais rentável, mediante a agregação de valor. Assim, este trabalho tem como objetivo obter umbu em pó através do processo de secagem por atomização e selecionar as melhores condições por meio de um delineamento composto central rotacional 2^3 completo. Este planejamento tem como objetivo avaliar a influência das variáveis: temperatura do ar de secagem (90 a 190 °C), vazão mássica da mistura (0,20 a 1,0 L/h) e concentração de maltodextrina 10 DE (10 a 30%) sobre a atividade de água, umidade, higroscopicidade e retenção de compostos fenólicos. Com os resultados, foram selecionadas as melhores condições de secagem, o ensaio 3 (110 °C, 0,84 L/h e 10%) e ensaio 16 (140 °C, 0,60 L/h e 10%), denominados de ensaios A e B, respectivamente. Seus produtos foram submetidos a análises microbiológicas e sensoriais. As maiores médias nos testes de aceitação, intenção de compra e preferência, foram apresentados pelo ensaio A, sendo selecionado para dar continuidade à pesquisa. Os resultados da caracterização físico-química, química e física demonstraram pós com densidade aparente, absoluta, solubilidade, diâmetro médio e morfologia semelhantes à de produtos atomizados relatados na literatura. Evidencia-se que o umbu em pó apresenta boas características para sua produção, principalmente devido sua aceitação junto aos prováveis consumidores, apresentando boas perspectivas para diversificar o mercado de alimentos de frutas cultivadas tradicionalmente na região.

Palavras-chave: *Spondias Tuberosa* Arr. Cam., atomização, planejamento experimental, análise sensorial, características física, físico-química e química.

ABSTRACT

The fruits of umbuzeiro feature exotic appeal to markets in other regions of Brazil, as Southeast and South, and for the export market, which demand an increase in its production. Although not well characterized in relation to their potential for industrialization, umbu is a fruit that demand studies. Among these, we emphasize the development of new technologies for the processing of that fruit, in order to promote a more profitable use, by adding value. This study aims to get umbu powder through spray drying process and select the best conditions through a central rotational 23 full composite design. This plan aims to evaluate the influence of the variables: drying air temperature (90 to 190 ° C), mass flow rate of the mixture (0.20 to 1.0 L h) and concentration of maltodextrin DE 10 (10 to 30 %) on water activity, moisture, hygroscopicity and retention of phenolic compounds. From the results, the best drying conditions were selected, test 3 (110 ° C, 0.84 L/h 10%) and Test 16 (140 ° C, 0.60 L/h, 10%), called assays A and B, respectively. Its products have been subjected to microbiological and sensory analysis. The highest average in acceptance testing, purchase intent and preference, were presented at the trial, being selected to continue the search. The results of physical-chemical, chemical and physical demonstrated powders with bulk density, absolute, solubility, diameter and morphology similar to the reported atomized products in the literature. It is evident that the umbu powder has good characteristics for its production, mainly because of its acceptance by the likely consumers, with good prospects for diversifying the market fruit grown food traditionally in the region.

Keywords: *Spondias tuberosa* Arr Cam, atomization, experimental design, sensory analysis, physical characteristics, physical chemistry and chemistry.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. Geral	15
2.2. Específicos	15
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1. UMBU	16
3.2. SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO	19
3.3 MICROENCAPSULAÇÃO	23
3.4 AGENTES CARREADORES	24
3.4.1 MALTODEXTRINA	26
3.5 ATIVIDADE DE ÁGUA E ALIMENTOS EM PÓ	27
3.6 CARACTERÍSTICAS DOS ALIMENTOS EM PÓ	29
3.7 NÉCTAR DE FRUTA EM PÓ	31
3.8. ANÁLISE SENSORIAL	32
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
5. ARTIGO 1 – INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NA SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO DO UMBU UTILIZANDO MALTODEXTRINA 10 DE.....	42
RESUMO	42
ABSTRACT	43
5.1 INTRODUÇÃO	44
5.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	45
5.2.1. Material.....	45
5.2.1.1. Matéria-Prima	45
5.2.1.2. Agente Carreador	46
5.2.2. Métodos	46

5.2.2.1. Obtenção das Amostras	46
5.2.2.2. Planejamento Experimental	47
5.2.3. Análise Estatística	49
5.2.4. Análises Físico-Químicas	50
5.2.4.1. Análises Físico-Químicas da Polpa de Umbu.....	50
5.2.4.1.1. Atividade de Água.....	50
5.2.4.1.2. Cor.....	50
5.2.4.1.3. pH.....	50
5.2.4.1.4.Sólidos Solúveis	50
5.2.4.1.5. Acidez Titulável.....	50
5.2.4.1.6. Razão Sólidos Solúveis / Acidez Titulável.....	51
5.2.4.2. Composição Química	51
5.2.4.3. Compostos Fenólicos.....	51
5.2.4.3.1. Obtenção dos Extratos	51
5.2.4.3.2. Fenólicos Totais	52
5.2.4.4. Análises Físico-Químicas do Umbu em Pó.....	52
5.2.4.4.1. Atividade de Água.....	52
5.2.4.4.2. Umidade.....	52
5.2.4.4.3. Higroscopicidade.....	52
5.2.4.5. Compostos Fenólicos.....	53
5.2.4.5.1. Obtenção dos Extratos	53
5.2.4.5.2 Fenólicos Totais	53
5.2.4.5.3 Retenção de Compostos Fenólicos.....	53
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
5.3.1. Caracterização da Polpa de Umbu	54
5.3.2. Análise das Variáveis de Processo do Umbu em Pó.....	57
5.3.3. Seleção das Melhores Condições de Secagem.....	68

5.4. CONCLUSÃO	70
5.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
6. ARTIGO 2 – AVALIAÇÃO SENSORIAL, CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E QUÍMICA DO UMBU EM PÓ.....	75
RESUMO	75
ABSTRACT	76
6.1. INTRODUÇÃO	77
6.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	78
6.2.1. Material.....	78
6.2.1.1. Matéria-Prima	78
6.2.1.2. Agente Carreador	79
6.2.2. Métodos	79
6.2.2.1. Obtenção das Amostras	79
6.2.2.2. Análise Microbiológica	80
6.2.3. Preparo dos Néctares.....	80
6.2.4. Análise Sensorial.....	81
6.2.4.1. Teste de Aceitação e Intenção de Compra.....	81
6.2.4.2. Teste de Preferência	82
6.2.5. Aprovação do Comitê de Ética	83
6.2.6. Caracterização Física, Físico-Química e Química do Umbu em Pó.....	84
6.2.6.1. Caracterização Física.....	84
6.2.6.1.1. Densidade Aparente.....	84
6.2.6.1.2. Densidade Absoluta.....	85
6.2.6.1.3. Porosidade Intragranular	85
6.2.6.1.4. Solubilidade	85
6.2.6.1.5 Distribuição do Tamanho de Partículas	85
6.2.6.1.6 Morfologia das Partículas	86

6.2.7. Caracterização Físico-Química	86
6.2.8. Caracterização Química	88
6.2.9 . Análise Estatística	88
6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	88
6.3.1. Análises Microbiológicas	88
6.3.2. Análise Sensorial.....	90
6.3.2.1 Perfil dos Provedores.....	90
6.3.2.2. Teste de Aceitação dos Néctar de Umbu	91
6.3.2.3. Teste de Intenção de Compra.....	94
6.3.2.4. Teste de Preferência	95
6.3.3. Caracterização Física do Umbu em Pó.....	97
6.3.4. Caracterização Físico-Química e Química do Umbu em Pó	101
6.4. CONCLUSÃO	104
6.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
ANEXOS.....	110
Anexo 1 – Parecer do Comitê de Ética	111
Anexo 2 –Ficha de Concorância e Voluntariedade para Participação da Avaliação Sensorial	111
Anexo 3 – Coeficientes de Regressão e ANOVA para Atividade de Água.....	114
Anexo 4 – Coeficientes de Regressão e ANOVA para Umidade.....	115
Anexo 5 – Coeficientes de Regressão e ANOVA para Higroscopicidade.....	116
Anexo 6 – Coeficientes de Regressão e ANOVA para Retenção de Compostos Fenólicos	117

1. INTRODUÇÃO

De todo território nacional, a região Nordeste se destaca pela produção em larga escala de diversas frutas tropicais, nativas e exóticas, devido suas condições edafoclimáticas. Neste cenário destaca-se o umbu, fruta nativa da região semi-árida que possui geralmente, aroma e acidez acentuados, sendo muito apreciado pela qualidade de seu suco (NARENDRA *et al.*, 2007; POLICARPO *et al.*, 2003).

Na época de safra, que vai de janeiro a abril, há fartura de frutos e, durante a colheita, ocorre perda considerável de umbu maduro por ser bastante perecível (USHIKUBO *et al.*, 2007; POLICARPO *et al.*, 2003). As condições climáticas do Brasil e as distâncias entre os centros de produção e consumo são fatores relevantes que justificam o uso de métodos de conservação para estender a vida de prateleira dos alimentos perecíveis, tais como as frutas. Portanto, o mercado tem empregado diferentes tecnologias para preservação dos frutos de modo a minimizar perdas pós-colheita (FERRARI *et al.*, 2012; PHISUT, 2012; CANO-CHAUCA *et al.*, 2005).

Entre as técnicas de processamento, a secagem por atomização é uma alternativa viável, que consiste na transformação de uma suspensão ou solução em um produto seco na forma de pó (AFOAKWAH *et al.*, 2012; PHISUT, 2012). Técnica amplamente utilizada na indústria de alimentos, e sob condições ótimas de transformação foi provado ser um método eficaz para obterem-se muitos produtos que podem apresentar diversas formas, dependendo das propriedades físicas e químicas do material inicial, do projeto do secador e da operação em si (CANO-CHAUCA *et al.*, 2005).

Entre os produtos obtidos por atomização, destacam-se os sucos de diversas frutas usando maltodextrina (10 DE, 15 DE e 20 DE), como sucos de amora-preta, umbu, romã, açaí, abacaxi e manga (FERRARI *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2014; YOUSEFI *et al.*, 2011;

TONON *et al.*, 2010; JITTANIT *et al.*, 2010; CANO-CHAUCA *et al.*, 2005). Os diferentes valores de dextrose equivalente das maltodextrinas implicam em diferentes propriedades como solubilidade, viscosidade, porosidade intragranular, morfologia, tamanho da partícula entre outros. O aumento da DE resulta no aumento da higroscopicidade, implicando em menor estabilidade do produto (ROWE *et al.*, 2009). Segundo Silva *et al.* (2014), o emprego da maltodextrina 15 DE resultou em pós de umbu com menor retenção de sabor, higroscópicos e com baixa solubilidade. Visando obter partículas de umbu em pó com maior qualidade sensorial e nutricional objetivou-se dar continuidade ao estudo desenvolvido por Silva *et al.* (2014), visando avaliar a influência da maltodextrina 10 DE nas propriedades do produto.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

- Obter umbu em pó com maior retenção de compostos fenólicos, por meio do processo de secagem por atomização utilizando maltodextrina 10 DE.

2.2 Específicos

- Estudar a influência das variáveis de processo sobre a atividade de água, umidade, higroscopicidade e retenção de compostos fenólicos;
- Selecionar as melhores condições de secagem, visando principalmente à obtenção de produto com boa retenção de compostos fenólicos;
- Avaliar sensorialmente o néctar obtido de umbu em pó;
- Determinar as características físicas, físico-químicas e químicas do umbu em pó obtido pela melhor condição de processamento.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Umbu

O umbuzeiro (*Spondias Tuberosa* Arr. Cam.) (Figura 1) é uma árvore de pequeno porte, copa em forma de guarda-chuva, esparramada, tronco curto, galhos retorcidos e muito ramificados. Desenvolve-se em regiões que apresentam pluviosidade entre 400 a 800 mm, de clima quente, com temperaturas entre 12 °C e 38 °C, umidade relativa do ar entre 30% e 90% (BARRETO; CASTRO, 2010; MENDES, 1990).

Figura 1. Umbuzeiro (*Spondias Tuberosa* Arr. Cam.)



Fonte: Barreto; Castro, 2010.

Pode ser encontrado nas regiões do Agreste (Piauí), Cariris (Paraíba), Caatinga (Pernambuco e Bahia) e Norte e Nordeste de Minas Gerais. Pela importância de suas raízes foi chamada "árvore sagrada do Sertão" pelo famoso escritor Euclides da Cunha (BARRETO; CASTRO, 2010).

O gênero *Spondias* pertence à família *Anacardiaceae* e possui dezoito espécies distribuídas nos neotrópicos, Ásia e Oceania. No Nordeste brasileiro, destacam-se as espécies: *Spondias mombin* L. (cajazeira), *Spondias purpurea* L. (cirigueleira), *Spondias cytherea*

Sonn. (cajaraneira), *Spondias tuberosa* Arr. Cam. (umbuzeiro) e *Spondias spp.* (umbucajazeira e umbugueleira). Todas são árvores frutíferas tropicais largamente exploradas, através do extrativismo (DRUMOND *et al.*, 2006; LIRA JÚNIOR *et al.*, 2005).

Os frutos, conhecidos como umbu, imbu ou ambu (Figura 2) são drupas glabras ou levemente pilosas, arredondadas, com 10 g a 20 g 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, é branco-esverdeado, mole e succulento (BARRETO; CASTRO, 2010; SILVA *et al.*, 2007). São constituídos por 22% de casca, 68% de polpa e 10% de semente. Geralmente, possuem aroma e acidez acentuados, sendo muito apreciado pela qualidade de seu suco (NETO *et al.*, 2012; MENDES, 1990). Sob o ponto de vista nutricional, a Tabela 1 apresenta a composição média de 100g da polpa de umbu.

Tabela 1. Composição química da polpa de umbu

Constituintes	Quantidade em 100 g polpa
Energia (kcal)	37,0
Umidade (%)	89,3
Proteína (g)	0,8
Lipídeos (g)	Tr
Carboidrato (g)	9,4
Fibra Alimentar (g)	2,0
Cinzas (g)	0,5
Cálcio (mg)	12,0
Magnésio (mg)	11,0
Colesterol (mg)	NA

Fonte: Tabela brasileira de composição de alimentos - TACO (2011).

Figura 2. Frutos de umbu



Fonte: Souza, 2014.

Os frutos do umbuzeiro podem ser comercializados nos diversos mercados juntamente com produtos processados como polpa, doces, sucos, umbuzada, licor, xarope e sorvetes (GALVÃO *et al.*, 2011; COSTA *et al.*, 2001; CAVALCANTI *et al.*, 2000). Ações voltadas para o aproveitamento industrial ampliariam o potencial de consumo e contribuiriam para um maior aproveitamento da disponibilidade sazonal dessa fruta. Essas ações podem ajudar no sentido de transformar a atividade de extrativista para uma exploração agrícola comercial.

O extrativismo do fruto do umbuzeiro é de grande importância para as populações rurais, garantindo fonte de renda extra aos agricultores. Apesar de beneficiar milhares de famílias e contribuir para conservação da biodiversidade, ainda enfrenta grandes desafios. O umbuzeiro é uma das plantas mais preservadas pelas comunidades locais, mas mesmo assim suas populações podem diminuir devido à expansão da agropecuária e da pressão do extrativismo predatório (BARRETO; CASTRO, 2010).

No Brasil, notadamente no Nordeste, no sertão da Bahia no norte do estado, o fruto umbu tem considerável importância social e econômica. A Coopercuc – Cooperativa Agropecuária Familiar de Canudos, Uauá e Curaçá na Bahia está beneficiando e

comercializando os produtos que podem ser encontrados em vários estabelecimentos comerciais e também esta sendo utilizado na merenda escolar de vários municípios da região, contemplando 300 pessoas, a maioria mulheres, atuando em 16 comunidades possuindo uma produção de 200 toneladas de produtos (CONAB, 2010).

A época de safra do umbu é bastante delimitada, que 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, o umbu maduro tem uma vida de prateleira muito curta, dura no máximo dois ou três dias (GALVÃO *et al.*, 2011; POLICARPO *et al.*, 2003).

Portanto, buscando inovações que possam favorecer o aumento e aproveitamento de alimentos dentro do mercado, como é o caso do umbu, a indústria de alimentos busca a todo o momento desenvolver métodos que possam conservar alimentos por um período de tempo maior, mantendo da melhor maneira suas características sensoriais e nutricionais, visto que, para levar os frutos para outras localidades, de maneira segura para o consumo, é necessário o emprego de tecnologias adequadas. Assim, dentre as alternativas tecnológicas destaca-se a secagem por atomização.

3.2 Secagem por Atomização

A secagem por atomização consiste na transformação de um produto no estado fluido para o estado sólido na forma de pó, numa operação contínua, por meio de um tempo relativamente curto (FERRARI *et al.*, 2012; KAJIYAMA; PARK, 2008; HELDMAN; LUND, 2007). Técnica amplamente utilizada na indústria alimentícia para secar produtos de frutas, especialmente em formas de purê ou suco. No entanto uma enorme gama de produtos pode ser seca por atomização (HUI, 2010).

Os atomizadores são empregados a 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; MOURITZINOS *et al.*, 2008).

Existem três tipos gerais de atomizadores: o de pressão, o centrífugo e o pneumático de duplo fluido (ar comprimido / alimento líquido). O atomizador comumente utilizado em escala laboratorial é o de pressão (Figura 3), que atomiza líquidos forçando-os através de um bico atomizador (0,4 a 4 mm) sob alta pressão, o que impõe elevadas tensões de cisalhamento (HELDMAN; LUND, 2007; HUI, 2006; KAREL; LUND, 2003).

Figura 3. Atomizador de pressão de escala laboratorial

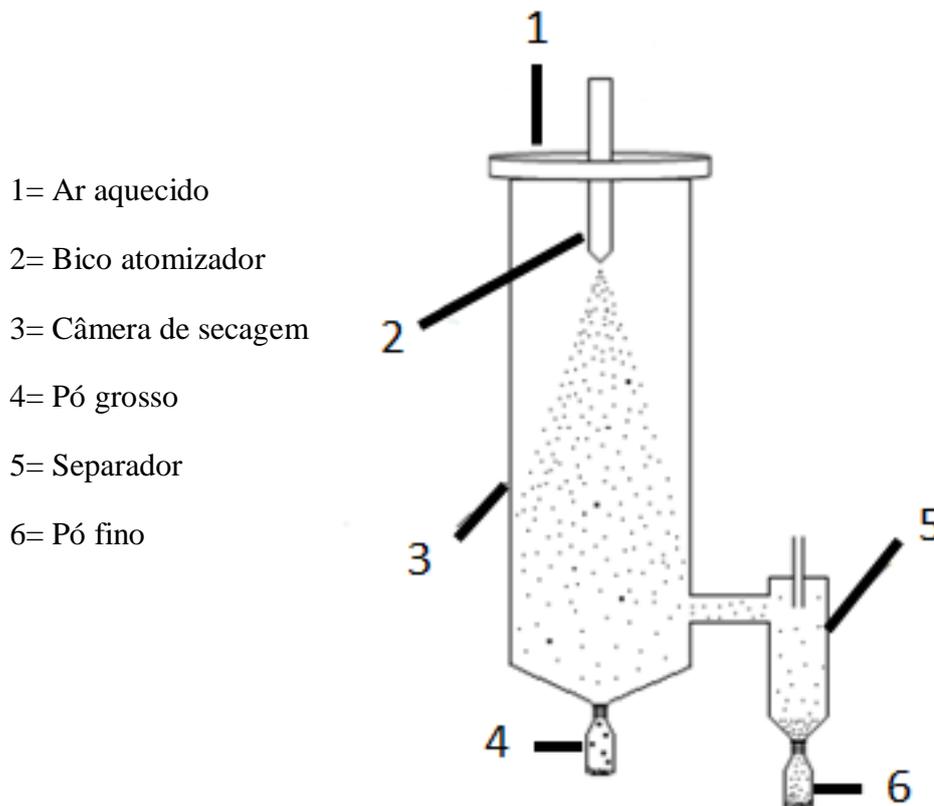


Fonte: Souza, 2014.

A operação da 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 (GHARSALLAOUI *et al.*, 2007). Esse processo (Figura 4) envolve o

bombeamento 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 (OLIVEIRA; PETROVICK, 2010).

Figura 4. Esquema de um sistema de *Spray Dryer*



Fonte: Labmaq do Brasil LTDA (2003).

Entre as vantagens da atomização destaca-se a alta relação entre a 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, temos que os compostos com baixo ponto de

ebulição responsáveis pelo sabor e aroma podem ser perdidos (PHISUT, 2012; AFOAKWAH *et al.*, 2012; FITZPATRICK; AHRNÉ, 2005).

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).

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 transporte (AFOAKWAH *et al.*, 2012).

Os primeiros produtos de que se tem notícia como obtidos em larga escala por atomizador foram o leite e o 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 *et al.*, 2008). Utilizada principalmente no encapsulamento de ingredientes alimentares que apresentam sensibilidade ao calor como carotenóides, antocianinas e polifenóis (ROGERS *et al.*, 2012; FANG; BHANDARI, 2011; CANO-CHAUCA *et al.*, 2005).

3.3 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 (NAZZARO *et al.*, 2012; ROCHA *et al.*, 2012).

A microencapsulação proporciona uma barreira física entre o núcleo do composto e os outros componentes do produto. Desta forma, muitos produtos que eram considerados tecnicamente inviáveis para a desidratação agora são possíveis (GHARSALLAOUI *et al.*, 2007; DESAI; PARK, 2005). 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, tornando 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 na forma de pó, sendo difundida na indústria de alimentos 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 (NAZZARO *et al.*, 2012; ROCHA *et al.*, 2012; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007; DESAI; PARK, 2005).

As microcápsulas podem ter dois tipos principais de estruturas (Figura 5): estrutura mais simples denominada de estrutura de partícula única (núcleo único) e estrutura com vários núcleos (NAZZARO *et al.*, 2012; FANG; BHANDARI, 2010).

Figura 5. Diferentes estruturas de microcápsulas



Fonte: Fang; Bhandari, 2010.

A encapsulação de ingredientes alimentares em materiais de revestimento pode ser conseguida por vários métodos. Alguns deles são a atomização, extrusão, liofilização, leite fluidizado, coacervação e cocrystalização. Dentre esses métodos, a atomização é a mais usada na fabricação de gêneros alimentícios (NAZZARO *et al.*, 2012; FANG; BHANDARI, 2010; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007; DESAI; PARK, 2005).

As vantagens da microencapsulação por atomização devem-se principalmente ao baixo custo, disponibilidade de equipamentos para a secagem, flexibilidade na medida em que oferece variação da matriz de microencapsulação e produção de partículas de boa qualidade (NAZZARO *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 (DESAI; PARK, 2005).

3.4 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 das 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; TURCHIULI *et al.*, 2011; WANG; LANGRISH, 2009).

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 (amidos, maltodextrinas, xaropes de milho, dextranas, sacarose, e ciclodextrinas), celulose (carboximetilcelulose, metilcelulose, etc.), gomas (goma arábica, agar, carragena, etc.), lipídeos (ceras, parafina, etc.) e proteínas (glúten, gelatinas, albumina e peptídeos) (YOUSEFI *et al.*, 2011; GOULA; ADAMAPOULOS, 2010; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007).

A seleção do agente carreador depende das propriedades físico-químicas do material a ser seco, do processo utilizado para formar a partícula e das propriedades finais desejadas (PHISUT, 2012). Um material de cobertura ideal deve ser insolúvel e não-reativo com o material de recheio, ser de fácil manipulação (apresentar uma baixa viscosidade a altas concentrações), ter habilidade para dispersar ou emulsificar o material ativo e estabilizar a emulsão produzida, aprisionar e manter o material ativo dentro da sua estrutura durante o processamento e estocagem. Além disso, deve liberar completamente o solvente ou outro material que será usado durante o processo de encapsulação, proporcionar a máxima proteção ao material ativo contra condições ambientes, ser solúvel em solventes utilizados na indústria de alimentos, apresentar boa disponibilidade no mercado e baixo custo (GOULA; ADAMAPOLUS, 2010; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007; DESAI; PARK, 2005).

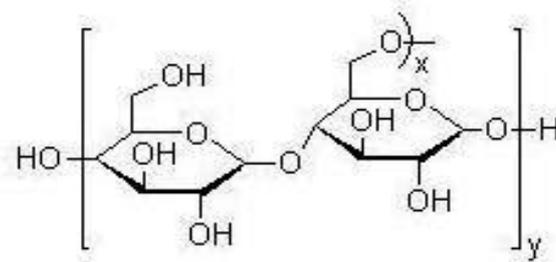
Dentre os principais agentes carreadores utilizados em alimentos, as maltodextrinas têm sido comumente utilizadas em sucos de frutas. Na literatura vários trabalhos apresentam a maltodextrina como agente carreador utilizado na secagem de sucos de frutas, como por

exemplo, suco de camu camu (DIB TAXI *et al.*, 2003), manga (CANO-CHAUCA *et al.*, 2005) e abacaxi (GABAS *et al.*, 2007).

3.4.1 Maltodextrina

A maltodextrina (Figura 6) é um carboidrato de alto peso molecular, capaz de reduzir a higroscopicidade dos pós e facilitar a secagem. É um derivado do amido com uma ampla gama de aplicações. O amido de milho tem sido amplamente utilizado como matéria-prima na produção da maltodextrina (MOORE *et al.*, 2005; BHANDARI; HARTEL, 2005).

Figura 6. Representação da estrutura molecular da maltodextrina



Na secagem por atomização é comum o uso da maltodextrina com baixa dextrose equivalente, xaropes de glicose, frutose, goma arábica, pectina, lactose, proteínas, agentes antiemectantes, entre outros, para aumentar a temperatura de transição vítrea e possibilitar a utilização de temperaturas mais altas para obtenção de produtos com menor umidade e mais estáveis (ADHIKARI *et al.*, 2004; DIBI TÁXI *et al.*, 2003).

A maltodextrina é atualmente a mais utilizada para a obtenção de frutas em pó, por satisfazer tais exigências, ter um preço acessível e apresentar boa retenção de compostos voláteis. Além de propiciar baixa higroscopicidade e viscosidade, elevada solubilidade em água, baixo custo, sabor suave, ausência de odor, ser facilmente digerível e bem tolerada (FANG; BHANDARI, 2010; TONON *et al.*, 2010; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007; QUEK *et al.*, 2007).

A maltodextrina foi definida pela “Food and Drug Administration” (FDA) como um polímero de sacarídeo nutritivo não doce, o qual consiste de unidades D-glicose ligadas principalmente à cadeia alfa 1-4 e que tem dextrose equivalente (DE) menor que 20. De acordo com a United States Food and Drug Administration (USFDA), maltodextrinas representam uma dextrose equivalente (DE) menor que 20, enquanto que polímeros com DE maiores que 20 são considerados xarope de glicose. As maltodextrinas são classificadas pelo seu DE, que se relaciona com o grau de polimerização (GP) da molécula do amido, de acordo com $DE = 100/GP$. O GP corresponde ao número de unidades monoméricas ou monossacarídeos. Como a maltodextrina consiste de uma mistura de polímeros de vários tamanhos (glicose, maltose, oligossacarídeos e polissacarídeos), o DE é um valor médio (OBON *et al.*, 2009; DOKIC-BAUCAL *et al.*, 2004).

As propriedades físico-químicas, como doçura, compressibilidade e viscosidade variam de acordo com a extensão de hidrólise do amido, a qual é caracterizada por determinação da DE. Maltodextrinas com a mesmo DE podem ter propriedades diferentes dependendo do procedimento de hidrólise, fonte botânica do amido (milho, batata, arroz), relação amilose / amilopectina, entre outros (MOORE *et al.*, 2005; DOKIC-BAUCAL *et al.*, 2004). O aumento da DE resulta no aumento da higroscopicidade, resultando em pós menos estáveis. Desta forma, as maltodextrinas de menor DE são as mais indicadas para o processo de atomização. A eficácia de maltodextrinas de baixa DE como carreadores de secagem é devido à propriedade encapsulante e à baixa difusividade de umidade (ROWE *et al.*, 2009; ADHIKARI *et al.*, 2004).

3.5 Atividade de Água e Alimentos Pó

Propriedades como atividade de água e umidade são essenciais no que diz respeito à estabilidade e estocagem de alimentos em pó (BARBOSA-CÁNOVAS; JULIANO, 2005).

A secagem de alimentos é muitas vezes um processo indispensável para controlar e manter a qualidade dos produtos em pó. O principal objetivo da secagem é a redução da atividade de água e do teor de umidade a certos níveis, uma vez que estas propriedades são fatores chave da qualidade, propiciando considerável prolongamento da vida útil desses alimentos, além de facilitar o manuseio, o transporte, a estocagem e o preparo pelo consumidor final (OLIVEIRA *et al.*, 2010; AGUIRRE; GASPARINO, 2000).

A água é um dos mais importantes componentes dos alimentos, afetando todas as suas propriedades físicas. A forma como a água afeta a natureza física e as propriedades dos alimentos é complicada devido à interação entre a água e o meio, o que envolve a estrutura física, bem como a composição química dos diversos solutos, incluindo polímeros e colóides ou partículas dispersas (DESAI; PARK, 2005).

A secagem é um processo complexo, que envolve transferência de calor e massa, sendo que o transporte de umidade do interior para a superfície do material pode ocorrer na forma de líquido e / ou vapor, dependendo do tipo de produto e do percentual de umidade presente. O processo de secagem deve ser de forma controlada, para que possa ocorrer de maneira uniforme, evitando elevados gradientes de umidade e temperatura no interior do material, passíveis de provocar a perda da qualidade do produto (FARIAS *et al.*, 2002).

A avaliação do teor de umidade do material durante a desidratação pode ajudar a propor ligações entre o design do secador e a qualidade do produto, além de estabelecer analogias entre a secagem das partículas macroscópicas e as operações reais de secagem (ALAMILLA-BELTRÁN *et al.*, 2005).

Os alimentos em pó são feitos de moléculas complexas quimicamente elevadas, com vários tipos de organizações moleculares e estruturais, formadas principalmente por átomos de C, H, O e N, que podem ter tamanhos muito diferentes, desde pequenas moléculas até

macromoléculas (CUQ *et al.*, 2011). Em geral, as moléculas dos alimentos têm a capacidade de estabelecer, entre si e com as moléculas vizinhas, diferentes interações de energia: interação de energia fraca (ligações de hidrogênio, interações hidrofóbicas, interações iônicas) e interação de energia forte (ligações disulfeto). A força das interações entre as partículas (ou friabilidade) é importante em termos do manuseio do pó. Por exemplo, durante o transporte, armazenamento e após tratamentos complementares, tais como a aglomeração, o reumedecimento ou a instantaneização (CUQ *et al.*, 2011; WALTON; MUMFORD, 1999).

3.6 Características dos Alimentos em Pó

As características do pó produzido em secadores dependem principalmente das variáveis operacionais do secador (temperaturas de entrada e saída do ar), da composição do suco de frutas, da concentração de sólidos e também do tipo de agente carreador utilizado na formulação (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

A maneira de atomizar e as propriedades do líquido atomizado influenciam o tamanho da partícula sólida, sua densidade, aparência e umidade. O tipo de contato líquido – ar quente e a evaporação influenciam não só essas características, como também a capacidade de retenção de aroma e sabor, enquanto a técnica de separação do pó do ar seco influencia a granulométrica do produto desejado (TONON *et al.*, 2008).

Várias mudanças podem ocorrer durante a secagem de um alimento, incluindo mudanças na solubilidade, reidratação, encolhimento, alterações na forma, tamanho, porosidade e redução, que podem influenciar na capacidade de adsorção dos produtos secos. Para realizar corretamente as operações de secagem e armazenamento, é necessário conhecer a relação entre a temperatura do ar, atividade de água e a umidade relativa (PEDRO *et al.*, 2010; CORRÊA *et al.*, 2010).

Durante o processo de atomização, algumas propriedades, como cor, e sabor, podem ser afetadas não só pelas propriedades do material inicial (composição, concentração, viscosidade etc), como também pelas condições de processo (temperatura de entrada do ar, vazão de alimentação, velocidade de atomização etc), além de outros fatores (CAI; CORKE, 2000).

De acordo com Souza *et al.* (2009) na obtenção de polpa de tomate em pó, as variáveis de processo (temperatura de entrada do ar, vazão de alimentação e velocidade do atomizador), influenciaram significativamente o conteúdo de umidade, densidade aparente e tamanho da partícula. No entanto, a porosidade e a densidade absoluta não foram afetadas.

Geralmente, o conteúdo das soluções líquidas a serem secas possui baixas porcentagens de sólidos, conduzindo o processo a custos altos por unidade de peso e baixa recuperação do produto. Para levar a uma zona de secagem econômica, cerca de 25% de sólidos são adicionados na solução antes do processo de secagem. Esses sólidos protegem o aroma do produto durante a secagem, aumentam a retenção do produto seco e também ditam à natureza do produto em termos de suas propriedades físico-químicas após a secagem, como o tamanho das partículas, sua distribuição, densidade, compressibilidade, solubilidade, coesão, conteúdo de umidade e higroscopicidade. Além disso, os aditivos aumentam a temperatura de transição vítrea (T_g) do produto (TONON *et al.*, 2010; TONON *et al.*, 2008; ERSUS; YURDAGEL, 2007).

A higroscopicidade é uma característica essencial nos alimentos em pó, sendo influenciada pelo conteúdo de umidade do próprio produto. No caso de pós de frutas, os açúcares (sacarose, glicose e frutose) são responsáveis por fortes interações com a molécula de água em razão dos terminais polares presentes nessas moléculas (JAYA; DAS, 2004).

A separação do produto seco do ar da secagem tem grande influência sobre as características do pó final, devido ao manuseio mecânico usado nesta etapa. O excessivo manuseio mecânico resulta em pó mais fino (DAIUTO; CEREDA, 2003).

Quando bem conduzido, o método de atomização gera um produto de maior valor nutritivo, estável e também versátil em sua utilização, podendo ser utilizado como aromatizante, corante em formulações alimentícias, leite em pó, café solúvel e sucos em pó (DOMINGUES *et al.*, 2002).

3.7 Néctar de Fruta em Pó

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).

Os sucos e néctares se destacam dentre os produtos industrializados a partir de frutas por proporcionarem a manutenção de características próximas às da matéria-prima, comparativamente à outras formas de processamento (ROSA *et al.*, 2006).

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 utilização de frutas para elaboração de sucos possibilita maior diversificação na oferta das mesmas 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; ROSA *et al.*, 2006). Uma

alternativa para solucionar problemas relacionados com a estabilidade de sucos e néctares líquidos é o armazenamento e transporte na forma de pó. A secagem melhora a estabilidade, por meio da redução da atividade de água, mantendo-os sem deterioração por mais tempo (KOROISHI *et al.*, 2009).

A crescente demanda de consumidores optando por uma alimentação mais saudável tem resultado no aumento do consumo de néctares de fruta em pó, por serem saudáveis, apresentar efeitos terapêuticos, refrescantes, práticos e de fácil reconstituição. A procura pela praticidade e saúde tem gerado um crescimento constante deste novo mercado, travando uma nova batalha mercadológica contra bebidas similares.

As frutas em pó possuem alto potencial de mercado, por se tratar de alimentos naturais, que atendem às tendências atuais (GRANATO *et al.*, 2010; CANO-CHAUCA *et al.*, 2005). 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 armazenados em temperatura ambiente, permitindo redução de 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 o umbu.

3.8 Análise Sensorial

A análise sensorial abrange todos os métodos para evocar, medir, analisar e interpretar respostas humanas sobre as propriedades de alimentos e materiais, tais como sabor, aroma, aparência, consistência, textura e *flavor*, que são percebidas através dos cinco sentidos, visão, olfato, paladar, tato e audição (CIVILLE; OFTEDAL, 2012; STONE *et al.*, 2012; MEILGAARD *et al.*, 2006).

Desde meados do século XX, as indústrias e as universidades adotaram a avaliação sensorial como uma ferramenta de valor inestimável para a criação de produtos de sucesso e para entender as propriedades sensoriais dos materiais. No início do século XXI, a avaliação sensorial tornou-se ainda mais importante, o mercado é dirigido pelos consumidores e estudar os alimentos usando apenas equipamentos e reações químicas não é mais suficiente (CIVILLE; OFTEDAL, 2012; LAWLESS; HAYMANN, 2010; LOPETCHARAT; McDANIEL, 2005).

A avaliação sensorial é dividida em duas categorias: objetiva e subjetiva. Na avaliação objetiva, os atributos sensoriais de um produto são avaliados por um painel treinado e os testes se subdividem em descritivos e discriminativos. A avaliação subjetiva ou teste afetivo, as reações dos consumidores às propriedades sensoriais dos produtos são mensuradas, sendo mais comuns os testes de aceitação e preferência (STONE *et al.*, 2012; KEMP *et al.*, 2009).

Os testes afetivos utilizam metodologias qualitativas e quantitativas, permitindo aos pesquisadores obter uma visão global sobre as preferências dos consumidores, atitudes, opiniões e comportamentos em relação ao produto. Portanto, é uma etapa relevante no processo de desenvolvimento de novos produtos. Os testes incluem: teste pareado-preferência, ordenação-preferência, escala hedônica, escala do ideal e intenção de compra (KEMP *et al.*, 2009; MEILGAARD *et al.*, 2006; STONE; SIDEL, 2004).

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 (WICHCHUKIT; MAHONY, 2011; KEMP *et al.*, 2009).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADHIKARI, B.; HOWES, T.; BHANDARI, B. R.; TROUNG, V. Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying: experiments and modelling. **Journal of Food Engineering**, v.62, p.53-68, 2004.

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.

AGUIRRE, J. M.; GASPARINO FILHO, J. Diagnóstico sobre a industrialização de produtos de origem vegetal desidratados. **Informativo Centro de Tecnologia de Hortifrutícolas**, v.6, p.2-3, 2000.

ALAMILLA-BELTRÁN, L.; CHANONA-PÉREZ, J. J.; JIMÉNEZ-APARICIO, A. R.; GUTIÉRREZ-LÓPEZ, G. F. Description of morphological changes of particles along spray drying. **Journal of Food Engineering**, v.67, p.179–184, 2005.

ARAÚJO, R. R.; TEIXEIRA, C. C. C.; FREITAS, L. A. P. The Preparation of Ternary Solid Dispersion of an Herbal Drug via Spray Drying of Liquid Feed. **Drying Technology**, v.28, p.26-31, 2010.

BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; JULIANO, P. Physical and chemical properties of food powders. In: ONWULATA, C. **Encapsulated and powdered foods**. Boca Raton: Taylor & Francis, p.39-71, 2005.

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

BHANDARI, B. R.; HARTEL, R. W. Phase transitions during food production and powder stability. In: ONWULATA, C. **Encapsulated and powdered foods**. Boca Raton: Taylor & Francis, p.261-292, 2005.

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.

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

COSTA, N.P.; BRUNO, R.L.A.; SOUZA, F.X.; LIMA, E.D.P.A. Efeito do estágio de maturação do fruto e do tempo de Pré-embebição de endocarpos na germinação de sementes de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, p. 738-741, 2001.

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 e Emerging Technologies**, v.6, p.420-428, 2005.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. Processamento do fruto do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) **Ciência Agrotecnológica**, v.24, p.252-259, 2000.

CHAVES, J. S.; COSTA, F. B.; FREITAS, L. A. P. Development of Enteric Coated Tablets from Spray Dried Extract of Feverfew (*Tanacetum parthenium* L.). **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.45, p.573-584, 2009.

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

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Umbu (fruto)**, 2010.

CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; JÚNIOR, P. C. A.; OLIVEIRA, G. H. H.; VALENTE, D. S. M. Moisture sorption isotherms and isosteric heat of sorption of coffee in different processing levels. **International Journal of Food Science and Technology**, v.45, p.2016–2022, 2010.

CUQ, B.; RONDET, E.; ABECASSIS, J. Food powders engineering, between knowhow and science: Constraints, stakes and opportunities. **Powder Technology**, v.208, p.244–251, 2011.

DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P. Amido como suporte na desidratação por atomização e em microencapsulação. **Tecnologia, usos e potencialidade de tuberosas amiláceas latino americanas**, v.3, p.449–54, 2003.

DESAI, K. G. H.; PARK, H. J. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. **Drying Technology**, v.23, p.1361-1394, 2005.

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

DOKIC-BAUCAL, L.; DOKIC, P.; JAKOVLJEVIC, J. Influence of different maltodextrins on properties of O/W emulsions. **Food Hydrocolloids**, v.18, p.233-239, 2004.

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.

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

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

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

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.

FITZPATRICK, J. J.; AHRNÉ, L.; Food powder handling and processing: Industry problems, knowledge barriers and research opportunities. **Chemical Engineering and Processing**, v.44, p.209–214, 2005.

GABAS, A. L. *et al.* Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. **Journal of Food Engineering**, v.82, p.246-252, 2007.

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

GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of spray drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, v.40, p.1107-1121, 2007.

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

GRANATO, D.; BRANCO, G. F.; NAZZARO, 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.

HELDMAN, D. R.; LUND, D. B. **Handbook of food engineering**. 2.nd Edition. CRC Press, 2007.

HUI, Y. H.; **Handbook of food science, technology, and engineering**. CRC Press, p.3 - 8, 2006.

HUI, Y. H. **Handbook of fruit and vegetable flavors**. Wiley, p.1095, 2010.

JAYA, S.; DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powders properties. **Journal of Food Engineering**, v.63, p.125-134, 2004.

JITTANIT, W.; NITI-ATT, S.; TECHANUNTACHAIKUL, O. Study of *spray drying* of pineapple juice using maltodextrin as an adjunct. **Chiang Mai Journal Science**. v.37, p.498-506, 2010.

KAJIYAMA, T.; PARK, K. J. Influência da umidade inicial da alimentação no tempo de secagem em secador atomizador. **Produção Agroindustrial**, v.10, p.1-8, 2008.

KAREL, M.; LUND, D. B. **Physical principles preservation of food**. 2^aed. Marcel Dekker, p.630, 2003.

KEMP, S. E.; HOLLOWOOD, T.; HORT, J.; **Sensory evaluation: A practical handbook**. Wley Blackwell, 1^oed, p.211, 2009.

KOROISHI, E. T.; BOSS, E. A.; MACIEL, R. M. W.; MACIEL FILHO, R. Process development and optimization for freeze-drying of natural orange juice. **Journal of Food Process Engineering**, v.32, p.425–441, 2009.

LABMAQ DO BRASIL LTDA (2003). **Manual de Operações do Mini-Spray Dryer MSD 1.0**. Departamento de Engenharia.

LAWLESS, H.T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: Principles and practices**. 2^a 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*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, p.757-761, 2005.

LOPETCHARAT, K.; McDANIEL, M. Sensory Analysis of Foods. In: **Methods of Analysis of Food Components and Additives**. Taylor & Francis Group, LLC, 2005.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation Techniques**. 4th ed, p.1-7, 2006.

MENDES, B. V. **Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**: importante fruteira do semi-árido. (ESAM. Coleção Mossoreense, série C), v.564, p.63, 1990.

MOORE, G. P.; CANTO, L. R.; AMANTE, E. R.; SOLDI, V. Cassava and corn starch in maltodextrin production. **New Chemical**, v.28, p.596-600, 2005.

MOURITZINOS, I.; KALOGERAPOULOS, N.; PAPADAKIS, S. E.; KONSTANTINOU, K.; KARATHANOS, V. T. Encapsulation of Nutraceutical Monoterpenes in b-Cyclodextrin and Modified Starch. **Journal of Food Science**, v.1, p.89-94, 2008.

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.

NARENDRA, N.; GALVÃO, M. S.; MADRUGA, M. S. Volatile compounds captured through purge and trap technique in caja-umbu (*Spondias sp.*) fruits during maturation. **Food Chemistry**, v.102, p.726-731, 2007.

NAZZARO, 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.L.; PERONI, N.; MARANHÃO, C. M. C.; MACIEL, M. I. S.; ALBUQUERQUE, 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.

OBON, J. M. *et al.*, Production of a red-purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model system. **Journal of Food Engineering**, v.90, p.471-479, 2009.

OLIVEIRA, G. H. H.; CORRÊA, P. C.; ARAÚJO, E. F.; VALENTE, D. S. M.; BOTELHO, F. M. Desorption isotherms and thermodynamic properties of sweet corn cultivars (*Zea mays* L.). **International Journal of Food Science and Technology**, v.45, p.546–554, 2010.

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

PEDRO, M. A. M.; TELIS-ROMERO, J.; TELIS, V. R. N. Effect of drying method on the adsorption isotherms and isosteric heat of passion fruit pulp powder. **Science and Food Technology**, v.30, p.993-1000, 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.

POLICARPO, V. M. N.; RESENDE, J.; ENDO, E.; MARCUSSI, B.; CASTRO, F. T.; JORGE, E. C.; BORGES, S. V.; CAVALCANTE, N.B. Aprovechamiento de la pulpa de "umbu" (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam.) verde como alternativa para la producción de dulces en masa. **Alimentaria**, v.344, p.75-78, 2003.

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of *spray-dried* watermelon powders. **Chemical Engineering and Processing**. v.46, p.386-392, 2007.

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: Modelling the formation of insoluble material. **Chemical Engineering Science**, v.71, p.75–84, 2012.

- ROSA, S. E. S.; COSENZA, J. P.; LEÃO, L. T. S. **Overview of the beverage industry in Brazil**. BNDES Sector, v.23, p.101-150, 2006.
- ROWE, R. C.; SHESKEY, P. J.; QUINN, M. E.; **Handbook of pharmaceutical excipients**. 6st edition - Pharmaceutical Press and American Pharmacists. p.222-418, 2009.
- SAÉNZ, C.; TAPIA, S.; CHÁVEZ, J.; ROBERT, P.; Microencapsulation by *spray drying* of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). **Food Chemistry**, v.114, p.616–622, 2009.
- 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 pulp umbu. **Journal Bioprocessing Biotechniques**, v.4, p.2-9, 2014.
- SILVA, C. M. M. S.; PIRES, I. E.; SILVA, H. D. **Caracterização dos frutos do umbuzeiro**. Petrolina, Boletim de pesquisa, n°34, 2007.
- SOUZA, A. S.; BORGES, S. V.; MAGALHAES, N. F.; RICARDO, H.V.; CEREDA, M.P.; DAIUTO, É.R. Influence of spray drying conditions on the physical properties of dried pulp tomato. **Science and Food Technology**, v.29, p.291-294, 2009.
- STONE, H.; BLEIBAUM, R.; THOMAS, H. A.; **Sensory Evaluation Practices**. 4th edition, p.1-78, 2012.
- STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3^aed. Academic Press is an imprint of Elsevier. p.408, 2004.
- TACO - **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4^aed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, p.161, 2011.
- TONON, R. V. *et al.*, Water sorption and glass transition temperature of spray dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) Juice. **Journal of Food Engineering**, v.94, p.215-221, 2008.
- 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.

TURCHIULI, C.; GIANFRANCESCO, A.; PALZER, S.; DUMOULIN, E. Evolution of particle properties during spray drying in relation with stickiness and agglomeration control. **Powder Technology**, v.208, p.433–440, 2011.

USHIKUBO, F. Y.; WATANABE, A. P.; VIOTTO, L. A. Microfiltration of umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) juice. **Journal of Membrane Science**, v.288, p.61–66, 2007.

VIDIGAL, M. C. T. R.; MINIM, V. P. R.; CARVALHO, N. B.; MILAGRES, M. P.; GONÇALVES, A. C. A. Effect of a health claim on consumer acceptance of exotic Brazilian fruit juices: Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), Camu-camu (*Myrciaria dubia*), Cajá (*Spondias lutea* L.) and Umbu (*Spondias tuberosa* Arr.). **Food Research International**, v.40, p.1988-1996, 2010.

WALTON, D. E.; MUMFORD, C. J. Spray dried products - Characterization of particle morphology. **Institution of Chemical Engineers**, v.77, p.21-38, 1999.

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

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.

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.

5. ARTIGO 1 – INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NA SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO DO UMBU UTILIZANDO MALTODEXTRINA 10 DE

RESUMO

Os frutos do umbuzeiro (*Spondias Tuberosa* Arr. Cam.) são muito apreciados e consumidos na forma *in natura*. Devido sua elevada perecibilidade se faz necessário o uso de métodos para prolongar a vida de prateleira. A secagem por atomização é uma alternativa viável e vem sendo utilizada na produção de frutas em pó. Porém, é necessário estabelecer as melhores condições de secagem, otimizando o processo para cada tipo de fruta. Sendo assim, este estudo tem como objetivo avaliar a influência das variáveis de processo sobre as propriedades físico-químicas do umbu em pó e selecionar as melhores condições de secagem. 17 ensaios foram realizados de acordo com o planejamento experimental 2^3 completo. As variáveis independentes foram temperatura do ar de secagem (90 a 190 °C), vazão mássica de alimentação (0,2 a 1,0 L/h) e concentração de maltodextrina 10 DE (10 a 30%) sobre as variáveis dependentes, atividade de água, umidade, higroscopicidade e retenção de compostos fenólicos. Com os resultados observa-se que a temperatura de secagem exerceu influência significativa sobre as respostas estudadas, seu aumento resultou em pós com menor umidade e atividade de água. Vazões mássicas de 0,60 e 0,84 L/h resultaram em boas retenções de compostos fenólicos, devido ao menor contato dos compostos termossensíveis com a câmara de secagem. Além da contribuição da maltodextrina 10 DE, que exerceu influência sobre a higroscopicidade e retenção de compostos fenólicos, pela sua baixa higroscopicidade em umidades relativas menores que 50% e pela capacidade de selar e segurar o material ativo dentro de sua estrutura durante o processamento, promovendo proteção ao material. Foram selecionados quatro ensaios por meio do planejamento experimental visando à otimização do processo, os quais mantiveram as mesmas condições de temperatura e vazão mássica, alterando apenas a concentração de maltodextrina 10 DE para 10%. Com os resultados, foram selecionadas as melhores condições de secagem para dar continuidade a pesquisa, o ensaio 3 (110 °C, 0,84 L/h e 10%) e ensaio 16 (140 °C, 0,60 L/h e 10%), sendo denominados de ensaios A e B, respectivamente.

Palavras-chaves: *Spondias Tuberosa* Arr. Cam., agente carreador, planejamento experimental, fruta em pó.

ABSTRACT

The fruits of umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) Are much appreciated and consumed in natura. Although, due to their high perishability is necessary the use of methods to prolong the shelf life. Therefore, spray drying is one viable alternative has been used in the production of fruit powder. However, it is necessary to provide the best drying conditions, optimizing the process for each type of fruit. Thus, this study aims to evaluate the influence of process variables on the physico-chemical properties of umbu powder and select the best drying conditions. 17 tests were conducted according to the experimental design 23 completely. The independent variables were the drying air temperature (90 to 190 °C), the feed mass flow rate (0.2 to 1.0 L/h) and the concentration of maltodextrin DE 10 (10 to 30%) on the dependent variables , water activity, moisture, hygroscopicity and retention of phenolic compounds. With the results it is observed that the drying temperature exerted a significant influence on the responses studied, their increase resulted in powders with lower humidity and water activity. Mass flow rates of 0.60 and 0.84 L/h resulted in good retention of phenolic compounds, due to the lower contact of the heat-sensitive compounds with drying camera. In addition to the contribution maltodextrin DE 10 that have any influence on hygroscopicity and retention of phenolic compounds because of its low hygroscopicity at relative humidities less than 50% and the ability to seal and hold the active material within its structure during processing, providing protection material to the.. Four trials were selected by the experimental design aimed at process optimization, which maintained the same temperature and mass flow rate, just changing the concentration of maltodextrin DE 10 to 10%. With the results, the best drying conditions to continue the research were selected, the test 3 (110 °C, 0.84 L/h and 10%) and test 16 (140 °C, 0.60 L/h and 10%), and called tests A and B, respectively.

Keywords: *Spondias tuberosa* Arr. Cam.; agent carrier; experimental design; fruit powder.

5.1 INTRODUÇÃO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) é uma árvore frutífera que vem se consolidando no mercado, sendo bastante apreciado e procurado por seu sabor refrescante e ácido. No entanto, sua perecibilidade elevada impõe o uso de tecnologias que visam ampliar sua vida de prateleira (NETO *et al.*, 2012).

Dentre as técnicas de processamento a secagem por atomização é uma alternativa, que consiste na atomização de um produto líquido à medida que o mesmo é exposto a uma corrente de ar quente, obtendo instantaneamente um pó. Este tipo de secagem é geralmente usado para garantir a estabilidade microbiológica dos produtos e evitar o risco de degradações biológicas, além de reduzir os custos de armazenamento e transporte (FERRARI *et al.*, 2012; ZAREIFARD *et al.*, 2012; JITTANIT *et al.*, 2010; GHARSALLAOUI *et al.*, 2007).

Este processo resulta em produtos de boa qualidade, baixa atividade de água e de fácil transporte e estocagem, e tem sido muito usado para produzir sucos de diversas frutas em pó (CHIK *et al.*, 2011; GOULA; ADAMOPOULOS, 2010; OSORIO *et al.*, 2011; TONON *et al.*, 2009).

Atualmente, os alimentos em pó vêm aumentando seu espaço no mercado as frutas em forma de pós são convenientes, fáceis de manusear e podem ser usados para preparar diferentes produtos. No entanto, materiais ricos em açúcares e ácidos de baixo peso molecular, como os sucos de frutas, produzem pós muito higroscópicos, suscetíveis à aglomeração, sendo difíceis de secar devido à sua viscosidade e pegajosidade. Assim, o pó pode aderir à parede do secador durante a secagem, levando a redução do rendimento e a problemas operacionais (TURCHIULI *et al.*, 2011; JAKUBCZYK *et al.*, 2010).

Uma alternativa que vem sendo utilizada para secar esses produtos e minimizar os problemas de deposição e de aderência das partículas durante a atomização são os chamados adjuvantes de secagem ou agentes carreadores, que são aplicados antes do produto ser atomizado. Dentre os diversos agentes carreadores utilizados em sucos em pó destacam-se as maltodextrinas (TURCHIULI *et al.*, 2011; AHMED *et al.*, 2010; GOULA; ADAMOPOULOS, 2010).

As características finais do produto em pó obtido em um processo de secagem por atomização dependem de algumas variáveis de processo, tais como as características do líquido atomizado, tipo e mecanismo de funcionamento do atomizador, características do ar de secagem, concentração de sólidos, e também do tipo de agente carreador. É importante que o processo seja otimizado, a fim de se obter produtos com melhores características sensoriais e nutricionais (SILVA *et al.*, 2014; TONON *et al.*, 2009). Nesse contexto, visando dar continuidade ao estudo realizado por Silva *et al.* (2014) da influência das condições operacionais do umbu atomizado com maltodextrina 15 DE, objetivou-se nesse trabalho otimizar o processo utilizando maltodextrina de dextrose equivalente a 10, no intuito de obter produtos com maiores retenções de compostos fenólicos.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

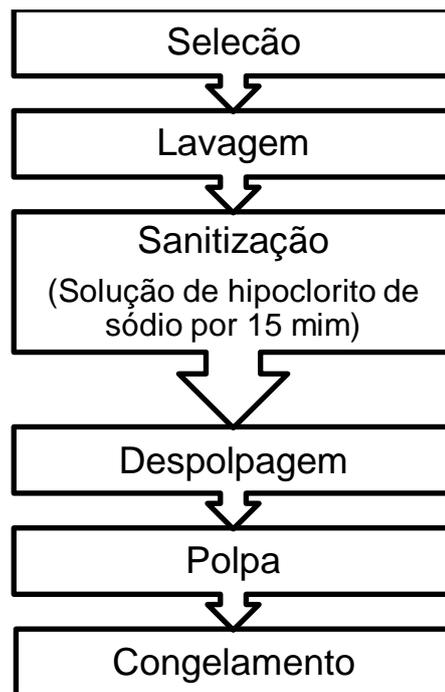
5.2.1 Material

5.2.1.1 Matéria-prima

Frutos de umbuzeiros no estágio maduro foram adquiridos no Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco - CEASA/PE, localizado na cidade do Recife – PE. Estes foram transportados para o laboratório de Processamento de Alimentos, onde foram selecionados, higienizados, sanitizados e despulpados em despulpadeira (Bonina Compacta -

Itabauna/BA). A polpa foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e imediatamente congelada, armazenada a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ e descongelada de acordo com as quantidades necessárias para cada ensaio (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma de obtenção da polpa de umbu



5.2.1.2 Agente Carreador

O agente carreador utilizado foi a maltodextrina (*MOR-REX® 1910*) 10 DE, da Corn Products (Mogi-Guaçu, Brasil). Este material foi escolhido por apresentar um baixo custo e por ser comumente usado na secagem de sucos de fruta por atomização.

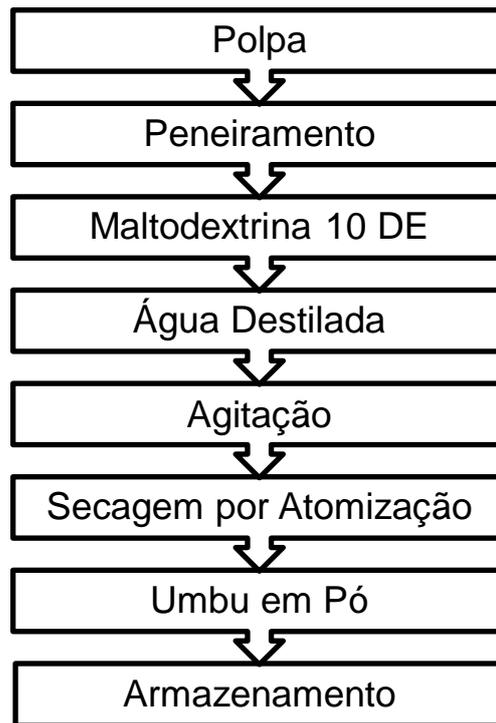
5.2.2 Métodos

5.2.2.1 Obtenção das Amostras

Inicialmente, a polpa foi descongelada e peneirada. Este procedimento foi realizado com a finalidade de eliminar os sólidos em suspensão (facilitando a passagem pelo bico atomizador). O agente carreador (maltodextrina 10 DE) foi adicionado nas concentrações pré-determinadas, de acordo com o planejamento experimental. Posteriormente, foi adicionado

cerca de 50% de água destilada, sendo esta mistura mantida sob agitação em homogeneizador (Tecnal TE-102) até a completa dissolução (Figura 2). O produto em pó foi acondicionado em vidros (250 mL) fechados hermeticamente e armazenados em ambiente seco e sem a incidência de raios solares.

Figura 2. Fluxograma de obtenção de umbu em pó



Para a secagem em escala de laboratório foi utilizado um mini *spray dryer* – LM, modelo MSD 1.0 (LABMAQ do Brasil LTDA), que operou com vazão de líquido de 0,2 a 1,0 L/h, com bico injetor de 1,2 mm de diâmetro, fluxo de ar de 30 m³/h e pressão do ar de 0,6 bar, disponível no Laboratório de Processamento de Alimentos do Departamento de Ciências Domésticas / UFRPE.

5.2.2.2 Planejamento Experimental

Os ensaios foram realizados de acordo com um delineamento composto central rotacional 2³ completo, com 8 pontos fatoriais (níveis ± 1), 3 pontos centrais (nível 0) e 6 pontos axiais ($\pm\alpha$), com um total de 17 ensaios.

As variáveis independentes avaliadas foram temperatura do ar de secagem, vazão mássica e concentração de maltodextrina 10 DE. As respostas avaliadas no planejamento foram umidade, atividade de água, higroscopicidade e retenção de compostos fenólicos.

As Tabelas 1 e 2 apresentam os valores das variáveis independentes codificadas, os ensaios codificados e decodificados realizados para o planejamento experimental, respectivamente.

Tabela 1. Variáveis independentes codificadas

Variáveis	- 1,68	-1	0	+1	+ 1,68
Temperatura do ar de secagem (°C)	90	110	140	170	190
Vazão mássica (l/h)	0,2	0,36	0,60	0,84	1,0
Maltodextrina 10 DE (%)	10	14	20	26	30

Tabela 2. Planejamento experimental codificado e decodificado da secagem em atomizador

Ensaio	Temperatura (°C)	Vazão mássica (l/h)	Maltodextrina 10 DE (%)
01	-1 (110)	-1 (0,36)	-1 (14)
02	+1(170)	-1 (0,36)	-1 (14)
03	-1 (110)	+1 (0,84)	-1 (14)
04	+1 (170)	+1 (0,84)	-1 (14)
05	-1 (110)	-1 (0,36)	+1 (26)
06	+1 (170)	-1 (0,36)	+1 (26)
07	-1 (110)	+1 (0,84)	+1 (26)
08	+1 (170)	+1 (0,84)	+1 (26)
09	0 (140)	0 (0,60)	0 (20)
10	0 (140)	0 (0,60)	0 (20)
11	0 (140)	0 (0,60)	0 (20)
12	-1 (90)	0 (0,60)	0 (20)
13	+1 (190)	0 (0,60)	0 (20)
14	0 (140)	-1 (0,20)	0 (20)
15	0 (140)	+1 (1,00)	0 (20)
16	0 (140)	0 (0,60)	-1 (10)
17	0 (140)	0 (0,60)	+1 (30)

5.2.3 Análise Estatística

A Análise de Variância (ANOVA), o teste de falta de ajuste (teste F), a determinação dos coeficientes de regressão e a obtenção das superfícies de resposta foram realizadas com o auxílio do *software* Statistica 7.0 (StatSoft, Tulsa, EUA) ao nível de 5% de significância.

5.2.4 Análises Físico-Químicas

Com a finalidade de caracterizar a polpa de umbu, as determinações físico-químicas foram realizadas, de acordo com os procedimentos descritos abaixo e todas as análises foram realizadas em triplicata.

5.2.4.1 Análises Físico-Químicas da Polpa de Umbu

5.2.4.1.1 Atividade de Água

Realizada com o auxílio do equipamento analisador de atividade de água (Decagon, AQUA LAB - 4TE).

5.2.4.1.2 Cor

Avaliada em colorímetro (Minolta CR-400, Konica Minolta, Sensing Inc), operando em sistema CIELAB ($L^*a^*b^*$).

5.2.4.1.3 pH

Analisado por meio de medidas diretas utilizando pHmetro com eletrodo de vidro (TECNAL TEC-5 - Piracicaba/SP).

5.2.4.1.4 Sólidos Solúveis

O teor de sólidos solúveis foi determinado utilizando o refratômetro Atago (MASTER T - Japão). Os resultados foram expressos em °Brix.

5.2.4.1.5 Acidez Titulável

Realizada por método titulométrico, segundo metodologia descrita pela A.O.A.C. (2002). Os resultados foram expressos em g de ácido cítrico $100g^{-1}$

5.2.4.1.6 Razão Sólidos Solúveis / Acidez Titulável

Determinada mediante divisão dos valores encontrados dos sólidos solúveis com a acidez titulável.

5.2.4.2 Caracterização Química

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

Cinzas, lipídeos e proteínas foram quantificados segundo métodos descritos pela A.O.A.C. (2002) e os resultados expressos em g.100g^{-1} .

Os carboidratos foram calculados pela diferença (100g – gramas totais de umidade + cinzas + lipídeos + proteínas) e o resultado expresso g.100g^{-1} .

5.2.4.3 Compostos Fenólicos

5.2.4.3.1 Obtenção dos Extratos

Os extratos hidroacetônico, hidrometanólico e aquoso, foram obtidos utilizando o sistema de extração não sequencial, utilizando isoladamente os solventes extratores (acetona 80%, água destilada e metanol 80%), onde 10 g de polpa dos frutos foram mantidas sob agitação por 20 minutos, em acetona 80% e em seguida, centrifugado a 4000 rpm por 10 minutos e filtrado. O sobrenadante foi coletado, o precipitado ressuspensão no mesmo solvente, e submetido ao mesmo processo acima descrito, por mais dois períodos de 20 minutos, totalizando 60 minutos de extração. Ao término deste período de extração, sobrenadantes foram combinados, concentrados sob pressão reduzida a 40 °C, e o volume final aferido para 25 mL (extrato hidroacetônico). Esse procedimento foi repetido com metanol 80% e com água destilada para obtenção dos extratos hidrometanólico e aquoso. Os

extratos obtidos foram acondicionados em recipientes fechados e armazenados a -18 °C e descongelados até o momento das análises.

5.2.4.3.2 Fenólicos Totais

A determinação do teor de fenólicos totais foi realizada por método espectrofotométrico, onde a absorbância foi quantificada a 725 nm, utilizando reagente de Folin Ciocalteau (Merck), segundo metodologia descrita por Wettasinghe e Shahidi (1999). O teor de fenólicos totais foi determinado por interpolação da absorbância das amostras contra uma curva de calibração construída com ácido gálico e os resultados expressos em mg em equivalente de ácido gálico por 100 gramas de polpa.

5.2.4.4 Análises Físico-Químicas do Umbu em Pó

Com a finalidade de caracterizar o umbu em pó, as determinações físico-químicas foram realizadas, de acordo com os procedimentos descritos abaixo e todas as análises foram realizadas em triplicata.

5.2.4.4.1 Atividade de Água

Realizada conforme descrito no item 5.2.4.1.1.

5.2.4.4.2 Umidade

Determinada em balança infravermelho (MARTE - IDSO – Piracicaba/SP) a 105 °C durante 30 minutos. Os resultados foram expressos em (%).

5.2.4.4.3 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 (g/100g).

5.2.4.5 Compostos Fenólicos

5.2.4.5.1 Obtenção dos Extratos

Tendo em vista que todos os extratos hidroacetônico, hidrometanólico e aquoso foram eficazes na extração dos compostos fenólicos da polpa de umbu *in natura*, o critério utilizado para escolher o melhor processo de extração foi baseado no baixo custo. Assim, o extrato aquoso foi selecionado, onde 2 g de umbu atomizado foram mantidos sob agitação por 20 minutos, em água destilada e em seguida, centrifugado a 5000 rpm por 15 minutos e filtrado. O sobrenadante foi coletado, o precipitado ressuspensão no mesmo solvente, e submetido ao mesmo processo acima descrito, por mais dois períodos de 20 minutos, totalizando 60 minutos de extração. Ao término deste período de extração, sobrenadantes foram combinados, concentrados sob pressão reduzida a 40 °C, e o volume final aferido para 25 mL. Os extratos obtidos foram acondicionados em recipientes fechados e armazenados a -18 °C e descongelados até o momento das análises.

5.2.4.5.2 Fenólicos Totais

A determinação do teor de fenólicos totais foi realizada conforme metodologia descrita no item 5.2.4.1.9.2.

5.2.4.5.3 Retenção de Compostos Fenólicos

De modo a avaliar a influência das diferentes condições de processo sobre o conteúdo de compostos fenólicos, os resultados foram convertidos em termos de retenção de compostos

fenólicos, levando em conta a massa seca (m.s.) presente na polpa de umbu antes da secagem e desconsiderando a concentração de maltodextrina presente no pó.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Caracterização da polpa de umbu

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados de pH, acidez titulável, sólidos solúveis, razão sólidos solúveis / acidez titulável, atividade de água e cor obtidos da polpa de umbu.

Tabela 3. Caracterização físico-química da polpa de umbu

Determinações	Média ± Desvio Padrão
pH	2,62 ± 0,02
Acidez Titulável (g ácido cítrico 100 g ⁻¹)	1,63 ± 0,23
Sólidos Solúveis (°Brix)	11,06 ± 0,11
SS / AT	6,87 ± 0,92
Atividade de Água	0,99 ± 0,00
Cor (L*)	58,39 ± 0,14
(a*)	-5,38 ± 0,05
(b*)	31,76 ± 0,21

SS / AT: Razão sólidos solúveis / acidez titulável.

A verificação do pH em alimentos é fundamental e pode ser usada para determinar o crescimento de microorganismos, a deterioração do alimento e atividades de enzimas. A polpa de umbu apresenta pH ácido, o que contribui para o não crescimento de seres patogênicos. Os valores obtidos nesse trabalho são próximos aos encontrados por Neto *et al.* (2012).

A acidez titulável é uma variável importante na caracterização do sabor e aroma do fruto, como também do produto final. O valor para acidez encontrado neste estudo está dentro da faixa reportada em outros trabalhos, como o de Costa *et al.* (2004), que citam valores entre 1,01 a 2,72 g ácido cítrico 100 g⁻¹.

Dentre os diversos componentes da fruta, os sólidos solúveis (°Brix) desempenham um papel importante para a sua qualidade. Na indústria, a análise dos sólidos solúveis tem grande importância no controle dos ingredientes a serem adicionados ao produto e na qualidade final. O teor de sólidos solúveis encontrado foi superior ao apresentado por Costa *et al.* (2004) e Neto *et al.* (2012), cujos valores foram 9,61 a 10,95 °Brix e de 7,00 a 10,00 °Brix, respectivamente. A razão sólidos solúveis / acidez titulável constitui um dos índices mais utilizados para avaliar a maturação de frutos, o que reflete no sabor deste, visando amadurecimento adequado dos mesmos. Em geral, é verificado na literatura grande amplitude em relação a esta razão, sendo encontrados valores de 2,65 até 10,09 (COSTA *et al.*, 2004; NETO *et al.*, 2012).

A quantidade de água livre disponível facilita a ocorrência de transformações bioquímicas como também o crescimento das células microbianas nos alimentos. Com atividade de água de 0,99 observada neste trabalho, os frutos de umbu são classificados no grupo de alimentos perecíveis e, por isto, estão sujeitos a processos de deterioração provocados pelos microorganismos (PHISUT, 2012).

A medida de cor é um importante indicador de qualidade, visto que reflete a atratividade e a qualidade sensorial. Sendo um dos principais atributos que afetam o consumo através da percepção da qualidade do produto. Analisando as médias dos parâmetros L*, a* e b*, observa-se que a polpa do umbu apresentou coloração verde, com nuances amareladas, cor bastante característica do fruto *in natura*.

Os resultados dos fenólicos totais referentes à extração não sequencial, utilizando isoladamente os extratores hidroacetônico, hidrometanólico e aquoso obtidos da polpa de umbu estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4. Fenólicos totais extraídos por sistema de extração não sequencial da polpa de umbu

Extratos	Média ± Desvio Padrão
Hidroacetônico	139,66 ^a ± 0,84
Hidrometanólico	108,88 ^b ± 0,89
Aquoso	125,70 ^c ± 0,55

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Duncan. Os valores expressos em mg em equivalente de ácido gálico 100 g⁻¹.

Os solventes extratores apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade, no entanto, todos os extratos foram eficazes na extração dos compostos fenólicos. De acordo com o observado neste estudo, o umbu pode ser considerado uma significativa fonte de compostos de origem fenólica quando comparado com maracujá, manga e tomate, que apresentaram teores médios de 61,00, 60,00 e 26,00 mg em equivalente de ácido gálico 100 g⁻¹, respectivamente (VASCO *et al.*, 2008), como também goiaba vermelha (LUXIMON-RAMMA *et al.*, 2006) e mamão (LIM *et al.*, 2007), que apresentaram, respectivamente, 72,20 e 28,00 mg em equivalente de ácido gálico 100 g⁻¹.

Os resultados referentes à umidade, proteínas, lipídeos, cinzas e carboidratos, obtidos da polpa de umbu estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 5. Composição química da polpa de umbu

Determinações	Média ± Desvio Padrão
Umidade (%)	86,32 ± 0,10
Proteínas (g.100 g ⁻¹)	0,41 ± 0,08
Lipídeos (g.100 g ⁻¹)	0,55 ± 0,03
Cinzas (g.100 g ⁻¹)	0,28 ± 0,07
Carboidratos (g.100 g ⁻¹)	12,44 ± 0,07

Há uma correlação estreita entre a atividade de água de um alimento e a umidade. Os dois estão intimamente ligados à perecibilidade do fruto. O valor para umidade encontrado neste estudo está bem próximo ao encontrado por Rufino *et al.* (2010).

As determinações de proteínas e lipídeos são importantes, pois expressam parte do conteúdo energético do alimento. Os frutos de umbu podem ser considerados um alimento com baixo teor de proteínas e lipídeos. Fato esperado para a maioria dos frutos (BARRETT *et al.*, 2004).

Cinza ou resíduo mineral fixo de um alimento é a matéria inorgânica que permanece após o processo de incineração da matéria orgânica, que é transformada em CO₂, H₂O e NO₂. Os carboidratos representam, percentualmente, o maior valor entre os macronutrientes deste fruto. De modo geral, observa-se que as propriedades exibidas pelos frutos são favoráveis ao seu aproveitamento para o processamento, visando à elaboração de novos produtos.

5.3.2 Análise das variáveis de processo do umbu em pó

Os valores de F calculado foram superiores ao tabelado para todas as variáveis (Anexo 3, 4, 5 e 6), indicando que os modelos mostraram regressão significativa ao nível de 95% de confiança. A análise dos resultados do processo de umbu em pó, em função da atividade de água, umidade, higroscopicidade e retenção de compostos fenólicos, obtidas a partir do delineamento composto central rotacional 2³ completo estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Valores das respostas obtidas na secagem da polpa de umbu em atomizador

Ensaio	Temperatura (°C)	Vazão Mássica (L/h)	Maltodextrina 10 DE (%)	Atividade de água	Umidade (%)	Higroscopicidade (g.100g ⁻¹)	Retenção de Fenólicos (%)
1	-1 (110)	-1 (0,36)	-1(14)	0,21	3,24	22,92	61,17
2	1 (170)	-1 (0,36)	-1(14)	0,12	2,44	22,56	60,97
3	-1 (110)	1 (0,84)	-1(14)	0,20	4,32	22,39	67,40
4	1 (170)	1 (0,84)	-1(14)	0,18	2,61	21,43	50,66
5	-1 (110)	-1 (0,36)	1(26)	0,20	3,33	13,62	32,39
6	1 (170)	-1 (0,36)	1(26)	0,12	2,57	18,29	56,04
7	-1 (110)	1 (0,84)	1(26)	0,18	4,20	14,13	49,85
8	1 (170)	1 (0,84)	1(26)	0,17	2,78	18,08	34,06
9	0 (140)	0 (0,6)	0(20)	0,15	2,43	18,60	42,71
10	0 (140)	0 (0,6)	0(20)	0,15	2,52	17,89	47,08
11	0 (140)	0 (0,6)	0(20)	0,15	2,37	17,96	48,80
12	-1,68 (90)	0 (0,6)	0(20)	0,23	4,26	17,85	52,56
13	1,68 (190)	0 (0,6)	0(20)	0,12	2,45	19,72	18,65
14	0 (140)	-1,68 (0,2)	0(20)	0,14	2,29	19,78	55,99
15	0 (140)	1,68 (1,0)	0(20)	0,17	2,05	17,26	33,62
16	0 (140)	0 (0,6)	-1,68(10)	0,19	2,33	21,11	57,65
17	0 (140)	0 (0,6)	1,68(30)	0,14	2,65	18,27	38,00

Pelas análises, em função da retenção de compostos fenólicos verifica-se que os melhores resultados foram obtidos para os ensaios 1, 3, 12 e 16 (Tabela 6). Um dos principais parâmetros críticos na qualidade dos produtos em pó é a atividade de água, uma vez que sua disponibilidade facilita a ocorrência de transformações bioquímicas e o crescimento de células microbianas nos alimentos. O menor valor para esta variável foi de 0,12, obtido com condições de temperatura de 170 °C e 190 °C, vazões mássicas de 0,36 L/h e 0,60 L/h e

concentrações de 14%, 20% e 26% de maltodextrina 10 DE. Enquanto o maior valor de 0,23 foi obtido em temperatura de 90 °C, vazão mássica de 0,60 L/h e concentração de 20% de maltodextrina 10 DE. Mesmo apresentando variações, todos os ensaios estão dentro da faixa considerada ideal para produtos em pó, demonstrando que todas as condições de temperatura, vazão mássica e concentração de maltodextrina 10 DE foram viáveis na obtenção de produtos estáveis do ponto de vista microbiológico. Alimentos com atividades de água menores que 0,60 são considerados microbiologicamente seguros e a ocorrência de deteriorações é induzida por reações químicas ao invés de microorganismos (LEONG *et al.*, 2011; QUEK *et al.*, 2007). Valores inferiores a 0,60 foram reportados por Silva *et al.* (2014), Fazaeli *et al.* (2012), Pedro *et al.* (2010) e Papadakis *et al.* (2006), ao estudarem o processo de secagem por atomização do suco de umbu, amora preta, maracujá e melancia, respectivamente.

Desta forma, é possível observar (Figuras 3, 4 e 5) que temperaturas elevadas resultam em maior taxa de transferência de calor para as partículas. Vazões mássicas menores acarretam em maior contato entre o produto e o ar, tornando maior a eficiência do processo de transferência de calor. Menores temperaturas resultam em menor evaporação de água livre presente nas partículas. Concentrações de agente carreador aumenta a quantidade de sólidos na alimentação reduzindo a quantidade de água livre que necessitava ser evaporada e conseqüentemente menor seu teor no produto final (FAZAELI *et al.*, 2012; FERRARI *et al.*, 2012; PHISUT, 2012).

Figura 3. Superfície de resposta para atividade de água em função da temperatura e vazão mássica do umbu em pó

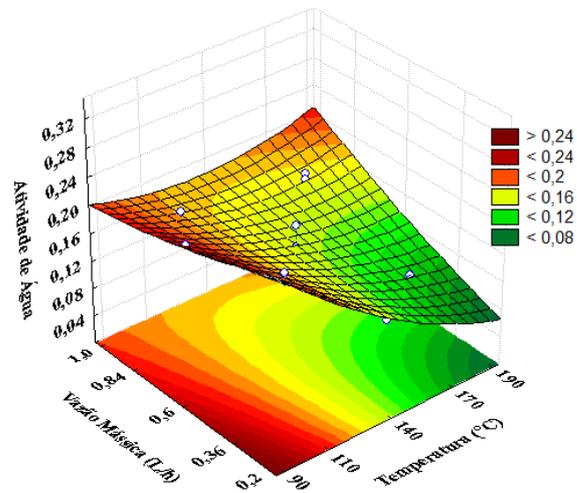


Figura 4. Superfície de resposta para atividade de água em função da vazão mássica e maltodextrina 10 DE do umbu em pó

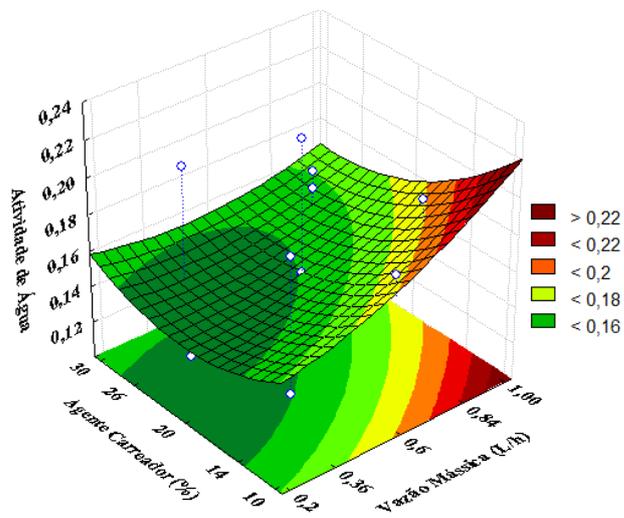
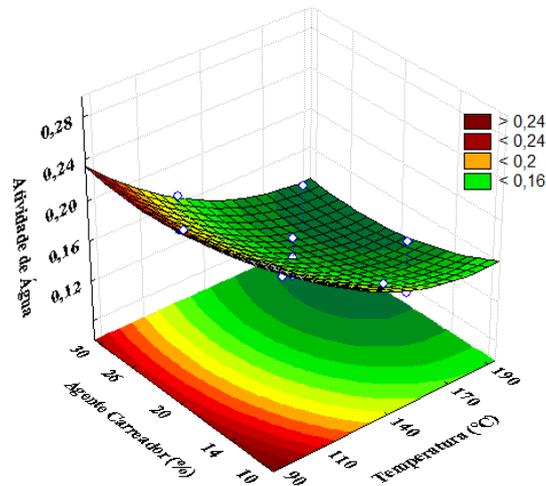


Figura 5. Superfície de resposta para atividade de água em função da temperatura e maltodextrina 10 DE do umbu em pó



Assim como na atividade de água, valores baixos para a variável umidade também são necessários para assegurar a estabilidade dos pós atomizados, tendo em vista que tais valores impedem a aglomeração, a qual tem início com a união de partículas molhadas, dificultando o escoamento do pó e sua dispersão. O conhecimento do comportamento da temperatura de transição vítrea em função da umidade dos alimentos é essencial para a determinação das melhores condições de processamento e armazenamento dos alimentos (SILVA *et al.*, 2013; PHISUT, 2012).

A umidade dos pós de umbu variou entre 2,05 a 4,32% (Tabela 6). Independente da vazão mássica e da concentração de maltodextrina 10 DE, temperaturas de 140 °C, 170 °C e 190 °C resultou em pós de umbu com umidade entre 2,05 a 2,78%. Enquanto, que temperaturas de 90 °C e 110 °C resultaram em maiores percentuais de umidade, valores entre 3,24 a 4,32%. Na medida em que eleva a temperatura, a taxa de transferência de calor para a partícula é maior (Figuras 6, 7 e 8) proporcionando uma maior força de condução para a evaporação da umidade. Consequentemente, partículas com teor de umidade reduzido são formadas (PHISUT, 2012; QUEK *et al.*, 2007). Esses resultados demonstram que todos os pós

de umbu atomizados estão de acordo com os parâmetros estabelecidos pela legislação para produtos desidratados. A RDC nº272 de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) preconiza que produtos de frutas secas ou desidratadas devem apresentar no máximo 25% de umidade, sendo este um fator protetor ao desenvolvimento de microorganismos deteriorantes e patogênicos (BRASIL, 2005).

Silva *et al.* (2014), Ferrari *et al.* (2012), Goula e Adamopoulos (2010), Jittanit *et al.* (2010) e Silva *et al.* (2013) também observaram uma diminuição da umidade das partículas com o aumento da temperatura do ar de secagem, na atomização de polpa de umbu, amora preta, laranja, abacaxi e extrato de casca de jabuticaba, respectivamente. O mesmo foi observado por Tonon *et al.* (2009), estudando a influência da secagem do suco de açaí por atomização com maltodextrina 10 DE, em temperaturas de 138 °C, 170 °C e 202 °C. Na temperatura de 202 °C o teor de umidade foi de 0,66% e na de 138 °C foi de 2,56%.

Figura 6. Superfície de resposta para umidade em função da temperatura e vazão mássica do umbu em pó

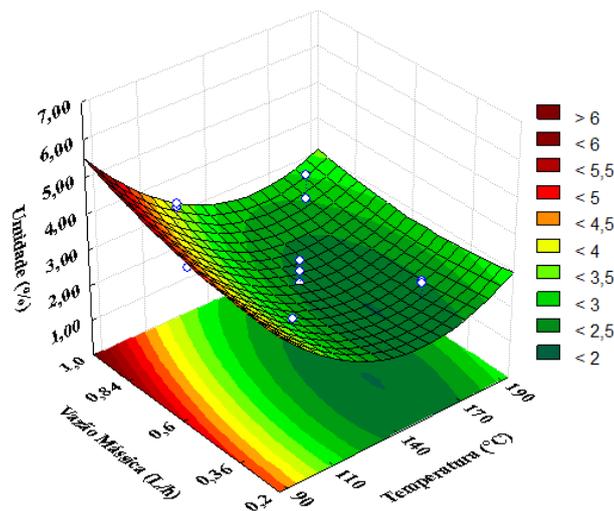


Figura 7. Superfície de resposta para umidade em função da temperatura e maltodextrina 10 DE do umbu em pó

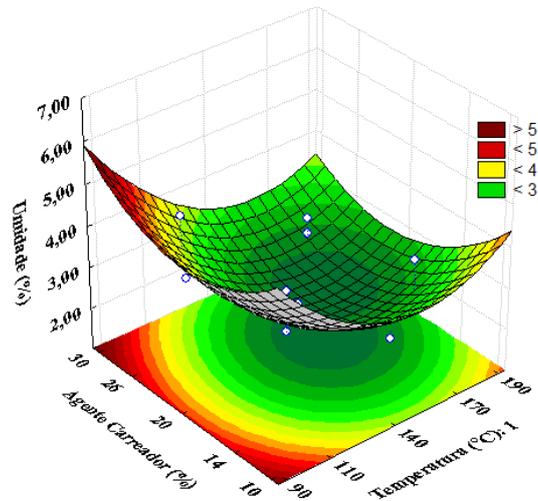
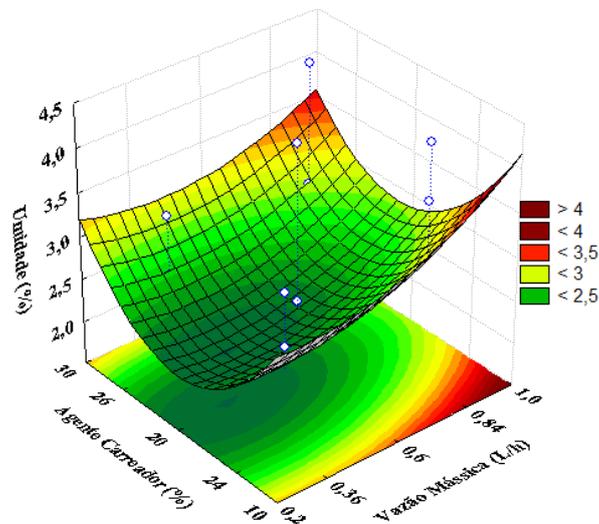


Figura 8. Superfície de resposta para umidade em função da vazão mássica e maltodextrina 10 DE do umbu em pó



Uma das propriedades importantes a ser estudada nos alimentos em pó é a higroscopicidade, a qual consiste na capacidade que certos materiais possuem de absorver água. A adsorção de água por um alimento em pó depende do tempo de exposição do alimento a condição de alta umidade. Portanto, essa variável pode ser facilmente controlada com uso de embalagens adequadas. Nesse estudo, verifica-se que o valor de higroscopicidade para os pós de umbu variou entre 13,62 a 22,92 g.100g⁻¹ (Tabela 6). Valores inferiores foram

encontrados por Angel *et al.* (2009) usando como agente encapsulante uma mistura de lactose e maltodextrina no processo da secagem por atomização de suco de maracujá.

Menores valores de higroscopicidade foram obtidos com concentrações de 20%, 26% e 30% de maltodextrina 10 DE, enquanto que concentrações de 10% levaram a produção de pós com maiores valores, variando de 13,62 a 19,78 g.100g⁻¹ e 21,43 a 22,92 g.100g⁻¹, respectivamente. A temperatura e a vazão mássica não exerceram influência significativa (Figuras 9, 10 e 11), visto que a maltodextrina é um material que apresenta baixa higroscopicidade em umidades relativas menores que 50% e o aumento do conteúdo de sólidos reduzem a quantidade de água livre (TONON *et al.*, 2009; MOREIRA *et al.*, 2009).

Este mesmo comportamento foi observado por Tonon *et al.* (2009), Silva *et al.* (2014) e Moreira *et al.* (2009), ao estudarem a secagem por atomização na polpa de açaí, umbu e acerola, respectivamente, utilizando maltodextrina com 10, 15 e 20 DE.

Figura 9. Superfície de resposta para higroscopicidade em função da temperatura e vazão mássica do umbu em pó

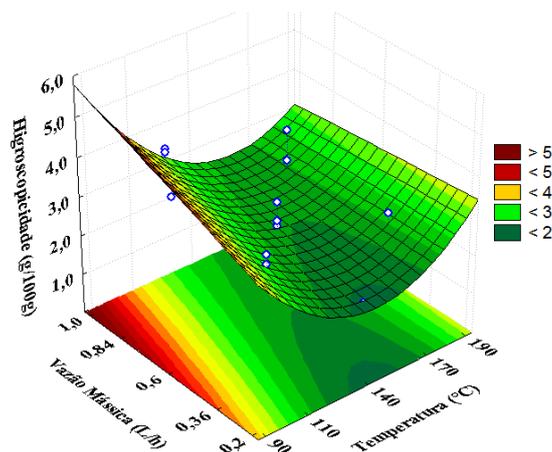


Figura 10. Superfície de resposta para higroscopicidade em função da temperatura e maltodextrina 10 DE do umbu em pó

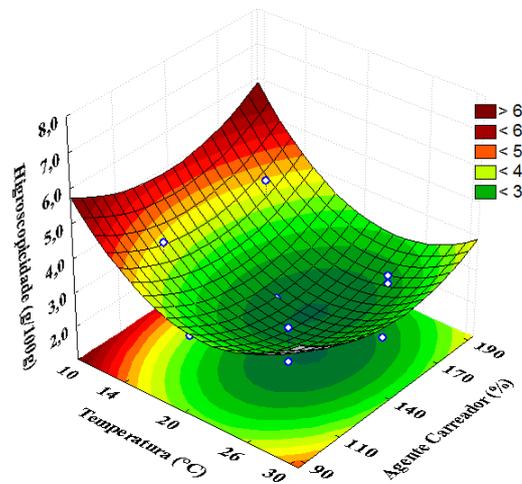
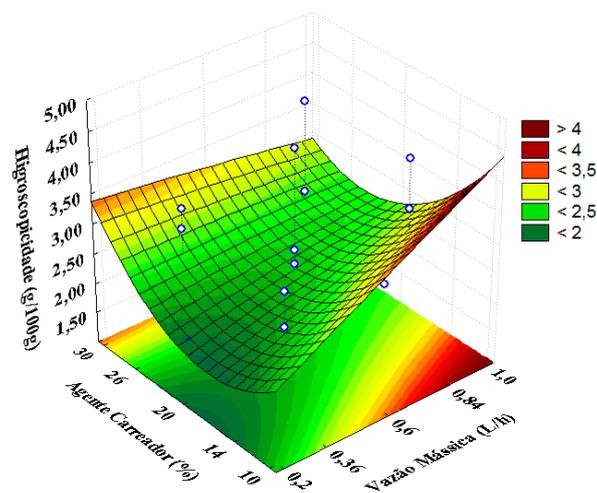


Figura 11. Superfície de resposta para higroscopicidade em função da vazão mássica e maltodextrina 10 DE do umbu em pó



Recentemente, os compostos fenólicos têm atraído a atenção como potenciais agentes de prevenção e tratamento de doenças relacionadas ao estresse oxidativo (CHEN *et al.*, 2014). De modo a avaliar a influência das diferentes condições de processo sobre o conteúdo de compostos fenólicos, os resultados foram convertidos em termos de retenção de compostos fenólicos. Assim, avaliando a retenção de compostos fenólicos dos pós de umbu, observa-se

que os valores variaram de 18,65 a 67,40% (Tabela 6). Valores próximos foram reportados por Silva *et al.* (2014), estudando a secagem por atomização de umbu usando como agente encapsulante maltodextrina 15 DE.

Maiores valores de retenção de compostos fenólicos foram obtidos com vazões mássicas de 0,36 L/h, 0,60 L/h e 0,84 L/h, em temperaturas de 110 °C, 170 °C e 140 °C e com concentrações de 10% e 14% de maltodextrina 10 DE (Figuras 12, 13 e 14). Esse comportamento deve-se a menor permanência das partículas na câmara de secagem, o que leva a menor exposição a temperaturas elevadas, diminuindo conseqüentemente a perda dos compostos fenólicos (PHISUT, 2012; DESAI; PARK, 2005). Além da contribuição da maltodextrina, que dentre suas funções possui a capacidade de selar e segurar o material ativo dentro de sua estrutura durante o processamento ou armazenamento, bem como promover a máxima proteção do material ativo contra as condições ambientais (DESAI; PARK, 2005).

No entanto, em temperatura de 190 °C, a preservação dos compostos fenólicos foi afetada, apresentando menor valor de retenção 18,65%, mesmo com aplicação de concentrações de 20% de maltodextrina 10 DE e vazão mássica de 0,60 L/h. O mesmo foi reportado por Silva *et al.* (2014) e Krishnaiah *et al.* (2012) ao estabelecer uma otimização das condições de secagem da polpa de umbu e extrato de noni, respectivamente. Utilizando a metodologia de superfície de resposta, concluíram que em temperaturas mais altas, a preservação dos compostos fenólicos foi afetada mesmo com aplicação de altas concentrações de maltodextrina.

Figura 12. Superfície de resposta para retenção de compostos fenólicos em função da temperatura e vazão mássica do umbu em pó

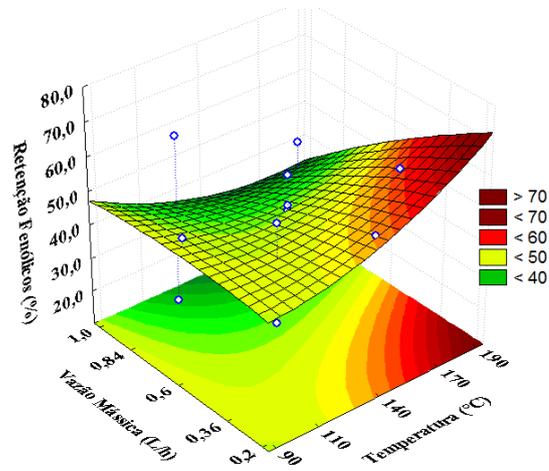


Figura 13. Superfície de resposta para retenção de compostos fenólicos em função da temperatura e maltodextrina 10 DE do umbu em pó

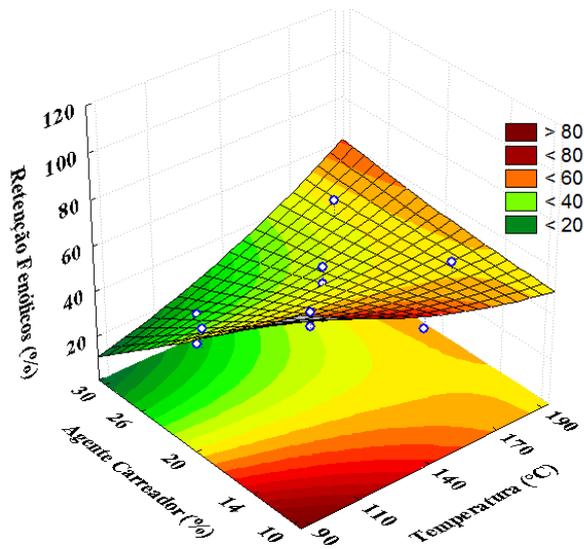
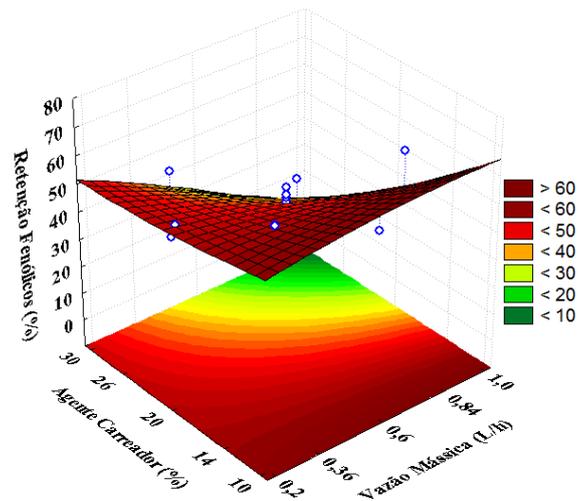


Figura 14. Superfície de resposta para retenção de compostos fenólicos em função da vazão mássica e maltodextrina 10 DE do umbu em pó



5.3.3 Seleção das Melhores Condições de Secagem

A umidade e a atividade de água de todas as amostras obtidas estão dentro da faixa permitida para alimentos em pó. Sendo assim, são seguros e estáveis quanto ao desenvolvimento de microorganismos deteriorantes e patogênicos. Para a variável higroscopicidade, alguns pós apresentaram valores elevados quando comparados com outros estudos, porém, estes podem ser facilmente controlados com uso de embalagens adequadas, mantendo a integridade do produto sem alterações significativas. Assim, o principal critério utilizado para selecionar os ensaios do planejamento experimental foi baseado naqueles que apresentaram maiores retenções de compostos fenólicos.

Portanto, foram selecionadas quatro condições de processo (Tabela 7) apontadas como mais favoráveis para a secagem por atomização da polpa de umbu.

Tabela 7. Condições de secagem favoráveis para produção de umbu em pó

Ensaio	Temperatura (°C)	Vazão Mássica (L/h)	Maltodextrina 10 DE (%)
1	110	0,36	14
3	110	0,84	14
12	90	0,60	20
16	140	0,60	10

No entanto, os ensaios selecionados por meio do planejamento experimental foram alterados, visando melhorar as condições de processo e maximizar a eficiência da produção. As condições de temperatura e vazão mássica foram mantidas, apenas a concentração de maltodextrina 10 DE foi alterada para 10% (Tabela 8). Uma vez que, altas concentrações de maltodextrina afetam sensorialmente o sabor, segundo Silva *et al.* (2014), ao estudarem o néctar feito com o pó de umbu obtido pelo processo de secagem por atomização, os autores observaram que utilizando concentrações de maltodextrina de 25% e 22% o sabor foi alterado, conferindo uma doçura maior ao produto, o que comprometeu sua aceitabilidade. A partir destas considerações, foram selecionadas as duas melhores condições de secagem para dar continuidade a pesquisa, o ensaio 3 (110 °C, 0,84 L/h e 10%) e ensaio 16 (140 °C, 0,60 L/h e 10%), sendo denominados de ensaios A e B, respectivamente.

Tabela 8. Otimização do processo para obtenção de umbu em pó empregando a secagem por atomização.

Ensaio	Temperatura (°C)	Vazão Mássica (l/h)	Maltodextrina 10 DE (%)	Atividade de Água	Umidade (%)	Higroscopicidade (g . 100g ⁻¹)	Retenção de compostos Fenólicos (%)
1	110	0,36	10	0,21	3,48	23,36	59,03
3	110	0,84	10	0,19	4,31	23,71	64,07
12	90	0,60	10	0,36	4,60	25,56	49,70
16	140	0,60	10	0,15	3,33	20,00	58,12

5.4 CONCLUSÃO

A otimização das condições operacionais foi viável e as melhores variáveis de processo foram: temperatura do ar de secagem (110 °C e 140 °C), vazão mássica (0,84 L/h e 0,60 L/h) e concentração de maltodextrina 10 DE igual a 10%, para dar continuidade à pesquisa.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, M.; AKTER, M. S.; LEE, J.; EUN, J. Encapsulation by *spray drying* of bioactive components, physicochemical and morphological properties from purple sweet potato. **Food Science and Technology**, v.43, p.1307-1312, 2010.

ANGEL, R. C. M.; ESPINOSA, L. C. M.; AVILES-AVILES, C.; GARCÍA, R. G.; SANTILLÁN, M. M.; LAGUNES, A. G.; ARCHILA, M. A. Spray-Drying of Passion Fruit Juice Using Lactose-Maltodextrin Blends as the Support Material. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.52, p.1011-1018, 2009.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17th ed. Washington, p.1115, 2002.

BARRETT, D. M.; SOMOGYI, L.; RAMASWAMY, H. **Processing fruits**. 2^a ed., CRC Press, p.841, 2004.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. RDC nº 272 de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. **Diário Oficial da União**, 2005.

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

CHEN, G.; CHEN, S.; ZHAO, Y.; LUO, C.; LIB, J.; GAO, Y. Total phenolic contents of fruits and their antioxidant capacities before and after in vitro digestion. **Industrial Crops and Products**, v.57, p.150-157, 2014.

CHIK, C. T.; ABDULLAH, A.; ABDULLAH, N.; MUSTAPHA, W. A. W.; The effect of maltodextrin and additive added towards pitaya juice powder total phenolic content and antioxidant activity. **International Conference on Food Engineering and Biotechnology**, v.9, p.224–228, 2011.

COSTA, N. P.; LUZ, T. L.B.; GONÇALVES, E. P.; BRUNO, R. L. A. Physical chemistry of fruit umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) Characterization, harvested at four stages of maturity. **Bioscience Journal**, v.20, p.65-71, 2004.

- DESAI, K. G. H.; PARK, H. J. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. **Drying Technology**, v.23, p.1361-1394, 2005.
- FAZAELI, M.; EMAM-DJOMEH, Z.; ASHTARI, A.K.; OMID, M. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. **Food and Bioproducts Processing**, v.90, p.667–675, 2012.
- FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. *Spray drying* of blackberry pulp using maltodextrin as carrier agent. **Brazilian Journal Food Technology**, v.15, p.157-165, 2012.
- GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of spray drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, v.40, p.1107-1121, 2007.
- GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A. new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.11, p.342–351, 2010.
- JAKUBCZYK, E.; OSTROWSKA-LIGEZA, E.; GONDEK, E. Moisture sorption characteristics and glass transition temperature of apple puree powder. **International Journal of Food Science and Technology**, v.45, p.2515–2523, 2010.
- JITTANIT, W.; NITI-ATT, S.; TECHANUNTACHAIKUL, O. Study of *spray drying* of pineapple juice using maltodextrin as an adjunct. **Chiang Mai Journal Science**, v.37, p.498-506, 2010.
- KRISHNAIAH, D.; SARBATLY, R.; NITHYANANDAM, R. Microencapsulation of Moringa citrifolia L. extract by spray drying. **Chemical Engineering Research and Design**, v.90, p.622-632, 2012.
- LEONG, S. L.; PETTERSSON, O. V.; RICE, T.; HOCKING, A. D.; SCHNÜRER, J. The extreme xerophilic mould xeromyces bisporus — growth and competition at various water activities. **International Journal of Food Microbiology**, v.145, p.57–63, 2011.
- LIM, Y. Y.; LIM, T. T.; TEE, J. J. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. **Food Chemistry**, v.103, p.1003-1008, 2007.

LUXIMON-RAMMA, A.; BAHORUN, T., CROZIER, A. Antioxidant actions and phenolic and vitamin C contents of common Mauritian exotic fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.83, p.496-502, 2006.

MOREIRA, G.E.G.; COSTA, M.G.M.; SOUZA, A.C.R.; BRITO, E.S.; MEDEIROS, M.F.D.; AZEREDO, H.M.C. Physical properties of spray dried acerola pomace extract as affected by temperature and drying. **Food Science and Technology**, v.42, p.641–645, 2009.

NETO, E. M. D. F. L.; PERONI, N.; MARANHÃO, C. M. C.; MACIEL, M. I. S.; ALBUQUERQUE, 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.

OSORIO, C.; FORERO, D. P.; CARRIAZO, J. G. Characterisation and performance assessment of guava (*Psidium guajava* L.) microencapsulates obtained by spray-drying. **Food Research International**, v.44, p.1174–1181, 2011.

PAPADAKIS, S. E.; GARDELI, C.; TZIA, C. *Spray drying* of raisin juice concentrate. **Drying Technology**. v.24, p. 173–180, 2006.

PEDRO, M. A. M.; TELIS-ROMERO, J.; TELIS, V. R. N. Effect of drying method on the adsorption isotherms and isosteric heat of passion fruit pulp powder. **Food Science and Technology**, v.30, p.993-1000, 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.

QUEK, S. Y., CHOK, N. K., SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. **Chemical Engineering and Processing**, v.46, p.386-396, 2007.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.121, p.996–1002, 2010.

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 pulp umbu. **Journal Bioprocessing Biotechniques**, v.4, p.2-9, 2014.

SILVA, P. I.; STRINGHETA, P. C.; TEÓFILO, R. F. Parameter optimization for spray drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. **Journal of Food Engineering**, v.10, p.1-7, 2013.

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

TURCHIULI, C.; GIANFRANCESCO, A.; PALZER, S.; DUMOULIN, E. Evolution of particle properties during spray drying in relation with stickiness and agglomeration control. **Powder Technology**, v.208, p.433-440, 2011.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. **Food Chemistry**, v.111, p.816-823, 2008.

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening primrose meal: a source of natural antioxidants and scavenger of hydrogen peroxide and oxygen-derived free radicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.47, p.1801-1812, 1999.

ZAREIFARD, M. R.; NIAKOUSARI, M.; SHOKROLLAHI, Z.; JAVADIAN, S.; A Feasibility Study on the Drying of Lime Juice: The Relationship between the Key Operating Parameters of a Small Laboratory *Spray Dryer* and Product Quality. **Food Bioprocess Technology**, v.5, p.1896-1906, 2012.

6. ARTIGO 2 - AVALIAÇÃO SENSORIAL, CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E QUÍMICA DO UMBU EM PÓ

RESUMO

No desenvolvimento de novos produtos a análise sensorial é fundamental. Por meio dela a indústria alimentícia caracteriza matérias-primas, otimiza e identifica as preferências dos consumidores. Assim como as características sensoriais, caracterizar as propriedades físicas, físico-químicas e químicas é importante, por exercerem influência sobre a qualidade do produto final. Nesse contexto, o trabalho teve como objetivos avaliar a aceitação, intenção de compra e preferência dos néctares de umbu obtidos do umbu atomizado e caracterizar as propriedades física, físico-química e química do umbu em pó mais aceito. Os testes sensoriais foram realizados com 70 provadores não treinados, de ambos os sexos. As análises microbiológicas apontaram que a polpa e os pós de umbu apresentaram condições satisfatórias de práticas de higiene, estando aptos para o consumo humano. Avaliando em conjunto o percentual de aceitação, intenção de compra e preferência observou-se que o néctar reconstituído de umbu em pó referente ao ensaio A quando comparado com o ensaio B foi o mais aceito, e, portanto, selecionado para dar continuidade à pesquisa. Os resultados da caracterização físico-química, química e física demonstraram pós com densidade aparente, absoluta, solubilidade, diâmetro médio e morfologia das partículas (esféricas, com superfícies rugosas e aglomeradas) semelhantes à de produtos atomizados relatados na literatura que foram obtidos em condições de secagem similares. Demonstrando assim, que o umbu em pó pode ser um produto promissor, o qual pode ser reconstituído como néctar, utilizado na elaboração de produtos processados ou no desenvolvimento de novos produtos, representando potencial para a diversificação da produção comercial.

Palavras-chave: *Spondias Tuberosa* Arr. Cam, atomização, análise sensorial.

ABSTRACT

The development of new products sensory analysis is critical, through it the food industry characterized raw materials, optimizes and identifies consumer preferences. Just as the sensory characteristics, characterize the physical, physico-chemical and chemistry is important, for exercising influence on the quality of the final product. In this context, the study aimed to evaluate the acceptance, purchase intent and preference umbu nectar obtained from atomized umbu and characterize the physical, physico-chemical properties and chemistry umbu more accepted powder. Sensory tests were performed with 70 untrained, of both sexes. Microbiological analysis showed that the pulp and umbu powders showed satisfactory conditions of hygiene practices and is fit for human consumption. Evaluating together the acceptance percentage, purchase intent and preference was observed that the umbu reconstituted nectar in referring to the test powder A compared to B test was the most accepted, and therefore selected to continue the search. The results of the physico-chemical, chemical and physical shown powders with bulk density, absolute solubility, average particle diameter and morphology (spherical with rough surfaces and bonded) similar to the atomized product reported in the literature that were obtained under conditions of Similar drying. Thus demonstrating that the powder umbu may be a promising product, which can be reconstituted as nectar, used in the manufacture of processed products or the development of new products, representing potential for diversification of commercial production.

Keywords: *Spondias Tuberosa* Arr. Cam., atomization, sensory analysis.

6.1 INTRODUÇÃO

Uma tendência mundial para o mercado de produtos processados vem abrindo espaço para a inserção de frutas em pó, devido ao volume e peso reduzidos, menos custo com embalagem, fácil manuseio, transporte e vida de prateleira mais longa (GOULA; ADAMOPOULOS, 2010; TONON *et al.*, 2010). As frutas em pó surgem como uma opção de oferecer um produto inovador e conveniente, podendo ser usadas como um substituto para sucos concentrados e como ingredientes estáveis para bebidas saudáveis, iogurtes, sorvetes, barras de cereais, dentre outros. Estes produtos atendem a crescente demanda mundial por produtos com características mais próximas ao natural (CAPARINO *et al.*, 2012).

A avaliação sensorial para o desenvolvimento de novos produtos é necessária antes da sua comercialização e tem sido relatada nos últimos anos (IMM *et al.*, 2011; ETAIO *et al.*, 2010). É utilizada como instrumento chave para a seleção de produtos, pesquisa e desenvolvimento, definição do padrão de identidade e qualidade do alimento e na avaliação da aceitação pelo consumidor. Para investigar a preferência e a aceitação dos consumidores são comumente usados testes afetivos. Os dois métodos mais utilizados para medir diretamente a preferência e a aceitação são os testes de comparação pareada e escala hedônica, respectivamente (WICHCHUKIT; MAHONY, 2011; CHAE *et al.*, 2010).

Assim como as características sensoriais, as propriedades físicas, físico-químicas e químicas são importantes. O entendimento sobre as partículas constituintes do pó é essencial, visto que impactam em diversos atributos de qualidade essenciais para a aceitação do alimento como solubilidade, densidade, porosidade e também nas etapas de processamento, manuseio e armazenamento (CUQ *et al.*, 2011; BARBOSA-CÁNOVAS *et al.*, 2005).

O presente trabalho objetivou avaliar a aceitação, a intenção de compra e a preferência dos néctares de umbu atomizado e caracterizar suas propriedades físicas, físico-químicas e químicas.

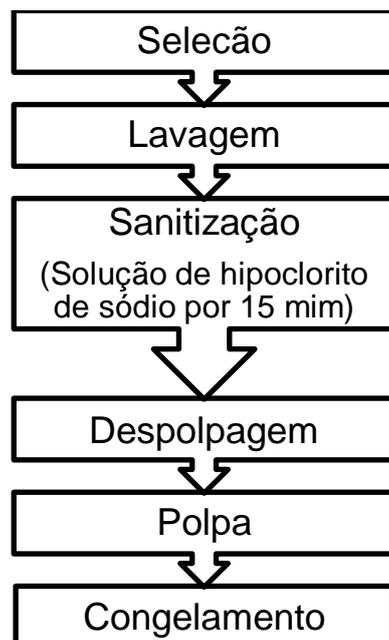
6.2 MATERIAL E MÉTODOS

6.2.1 Material

6.2.1.1 Matéria-prima

Frutos de umbuzeiros no estágio maduro foram adquiridos no Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco - CEASA/PE, localizado na cidade do Recife – PE. Estes frutos foram transportados para o laboratório de Processamento de Alimentos, onde foram selecionados, higienizados, sanitizados e despulpados em despulpadeira (Bonina Compacta - Itabauna/BA). A polpa foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e imediatamente congelada, armazenada a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ e descongelada de acordo com as quantidades necessárias para cada ensaio (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma de obtenção da polpa de umbu



6.2.1.2 Agente Carreador

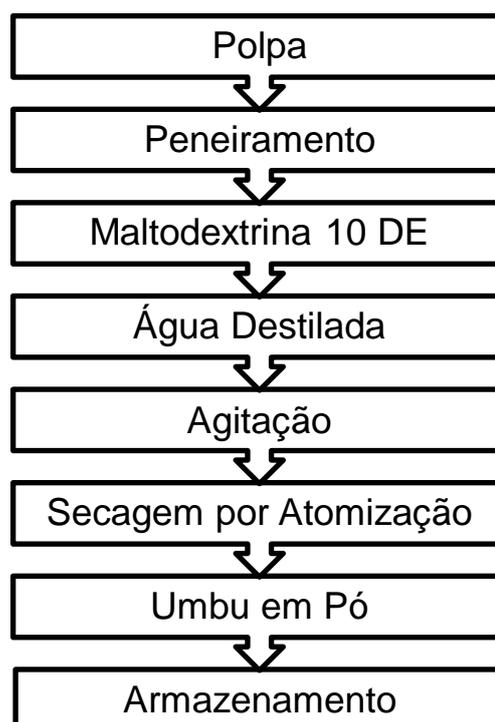
O agente carreador utilizado foi a maltodextrina (*MOR-REX® 1910*) 10 DE, da Corn Products (Mogi-Guaçu, Brasil). Este material foi escolhido por apresentar baixo custo e por ser comumente usado na secagem de sucos de fruta por atomização.

6.2.2 Métodos

6.2.2.1 Obtenção das Amostras

Inicialmente, a polpa foi descongelada e peneirada. Este procedimento foi realizado com a finalidade de eliminar os sólidos em suspensão (facilitando a passagem pelo bico atomizador). O agente carreador (maltodextrina 10 DE) foi adicionado na concentração de 10%. Posteriormente, foi adicionado cerca de 50% de água destilada, sendo esta mistura mantida sob agitação em homogeneizador (Tecnal TE-102) até a completa dissolução (Figura 2). O produto em pó foi acondicionado em vidros (250 mL) fechados hermeticamente e armazenados em ambiente seco e sem a incidência de raios solares.

Figura 2. Fluxograma de obtenção de umbu em pó



Para a secagem em escala de laboratório foi utilizado um mini *spray dryer* – LM, modelo MSD 1.0 (LABMAQ do Brasil LTDA), que operou com vazão de líquido de 0,60 e 0,84 L/h, com bico injetor de 1,2 mm de diâmetro, fluxo de ar de 30 m³/h e pressão do ar de 0,6 bar, disponível no Laboratório de Processamento de Alimentos do Departamento de Ciências Domésticas/ UFRPE.

6.2.2.2 Análise Microbiológica

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia dos Alimentos do Departamento de Tecnologia Rural (DTR) - UFRPE. Foram investigados os seguintes microorganismos indicadores de condições higiênico-sanitárias: Coliformes a 35 °C/g (*Escherichia coli*), Contagem de Aeróbios a 35 °C/g, Bolores e Leveduras a 25 °C/g (BRASIL, 2001). O preparo das amostras, inoculação, incubação e leitura foram realizadas conforme Guia do fornecedor de placas Petrifilm™ 3M do Brasil LTDA.

6.2.3 Preparo dos Néctares

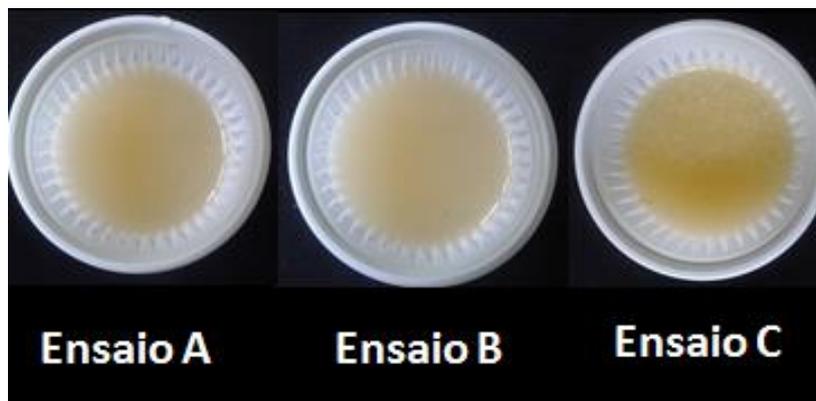
A preparação dos néctares foi realizada no Laboratório de Processamento de Alimentos do Departamento de Ciências Domésticas – UFRPE.

O néctar padrão, obtido a partir da polpa de umbu *in natura* foi preparado diluindo-se a polpa de umbu na proporção de 500 g em 2 L de água potável. De modo a equalizar as amostras durante a avaliação, o preparo dos néctares obtidos a partir do pó de umbu baseou-se na equivalência dos sólidos solúveis (°Brix) do néctar padrão. Os néctares foram preparados diluindo-se 60 g de pó em 2 L de água potável. Todos os néctares foram adoçados com 8% de sacarose, envasados em garrafas de polipropileno (PP), preparados com uma hora de antecedência e mantidos a 9 ± 2 °C até o momento de serem servidos aos provadores.

6.2.4 Análise Sensorial

A análise sensorial foi realizada no laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciências Domésticas – UFRPE. As formulações dos néctares foram submetidas aos testes de aceitação, intenção de compra e preferência. Os testes foram realizados em cabines individualizadas e climatizadas, as amostras foram servidas a 70 provadores não treinados, em copos de poliestireno descartáveis de 50 mL, codificados com números de três dígitos aleatórios (Figura 3) contendo aproximadamente 30 mL de néctar com temperatura em torno de 9 °C. Foram apresentadas monadicamente, seguindo ordem de apresentação em blocos completos casualizados. Água potável e bolacha foram disponibilizadas para a limpeza do palato entre as amostras.

Figura 3. Néctares submetidos a avaliação sensorial



Néctares reconstituídos de umbu em pó: Ensaio A (110 °C, 0,84 L/h e 10%) e Ensaio B (140 °C, 0,60 L/h e 10%); Ensaio C: Néctar de umbu *in natura*.

6.2.4.1 Teste de Aceitação e Intenção de Compra

O teste de aceitação foi realizado utilizando-se uma escala hedônica estruturada de nove pontos, variando de “desgostei extremamente (1)” a “gostei muitíssimo (9)”, onde os provadores avaliaram os atributos sensoriais de cor, aroma, sabor e aparência. Foi calculado o Índice de Aceitabilidade (IA) para todos os atributos avaliados, sendo consideradas as notas

obtidas ≥ 6 que representam na escala hedônica a variação de “gostei ligeiramente” a “gostei muitíssimo” e o percentual calculado de acordo com a quantidade total de provadores. Já para o cálculo do IA Global, foi utilizada a média dos IA de cada atributo.

A intenção de compra foi investigada empregando-se uma escala estruturada de cinco pontos, variando de “certamente eu não compraria (1)” a “certamente eu compraria (5)” (Figura 4).

Figura 4. Ficha para os testes de aceitação e intenção de compra

Código da amostra	Cor	Aroma	Sabor	Aparência

Comentários: _____

Por favor, indique na escala abaixo se você compraria ou não compraria este produto.

5 - Certamente eu compraria
 4 - Provavelmente eu compraria
 3 - Talvez eu compraria / Talvez eu não compraria
 2 - Provavelmente eu não compraria
 1 - Certamente eu não compraria

Código da amostra	Número

6.2.4.2 Teste de Preferência

O teste de preferência por comparação múltipla foi realizado utilizando-se uma escala hedônica estruturada de sete pontos, variando de “extremamente menos preferido que o

padrão (1)” a “extremamente mais preferido que o padrão (7)” (Figura 5), onde os provadores avaliaram os atributos sensoriais de sabor e aroma para os dois néctares obtidos a partir do pó de umbu em relação ao padrão. O padrão refere-se ao néctar com polpa de umbu *in natura*. As amostras foram apresentadas de uma só vez e sob luz vermelha para mascarar possíveis diferenças de coloração entre os néctares, seguindo ordem de apresentação em blocos completos casualizados.

Figura 5. Ficha para o teste de preferência

		
Teste de preferência de comparação múltipla entre os néctares de umbu atomizado e o néctar natural		
Nome: _____ Idade: _____		
Data: ____/____/2014		
<p>Você está recebendo uma amostra-padrão (P) e duas amostras codificadas. Compare cada amostra com o padrão (se é mais, igual ou menos preferido que o <u>padrão</u>) em relação à sua preferência. Avaliando o grau de preferência de acordo com a escala abaixo:</p>		
<p>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</p>		
Código da amostra	Aroma	Sabor

6.2.5 Aprovação do Comitê de Ética

Antes da realização dos testes sensoriais, o trabalho foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), que aprovou a realização

dos experimentos de acordo com o número do parecer: 782.466 e registro CAAE: 34119714.4.0000.5206 (Anexo 1).

O termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) foi afixado na porta de entrada do Laboratório de Análise Sensorial e cada provador assinou uma Declaração de Participação Voluntária (Anexo 2).

6.2.6 Caracterização Física, Físico-Química e Química do Umbu em Pó

As análises físicas, físico-químicas e químicas do umbu em pó selecionado pela análise sensorial foram realizadas em triplicata de acordo com as metodologias descritas a seguir.

6.2.6.1 Caracterização Física

6.2.6.1.1 Densidade Aparente (ρ_a)

Realizada de acordo com procedimento descrito por Barbosa-Canovas; Juliano (2005) e Caparino *et al.*, (2012) com algumas modificações. Foram transferidas 2 g de amostra para uma proveta graduada de 10 mL, compactou-se o pó batendo a proveta 50 vezes sobre a bancada.

A densidade foi calculada de acordo com a Equação (1) e o resultado expresso em g/mL:

$$\rho_{ap} = \frac{m}{V}$$

[Equação 1]

Onde: m - é a massa da amostra (g); V - é o volume total que o pó ocupou na proveta (mL).

6.2.6.1.2 Densidade Absoluta (ρ_{abs})

Determinada por meio de metodologia proposta por Caparino *et al.* (2012), a 25°C em um picnômetro com termômetro.

6.2.6.1.3 Porosidade Intragranular (ϵ)

Calculada de acordo com a Equação (2):

$$\epsilon = \frac{1 - \rho_{ap}}{\rho_{abs}} \quad \text{[Equação 2]}$$

Onde: ρ_{ap} é a densidade aparente (g/mL) e ρ_{abs} é a densidade absoluta (g/mL) da amostra.

6.2.6.1.4 Solubilidade

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

6.2.6.1.5 Distribuição do Tamanho de Partículas

A distribuição do tamanho das partículas foi determinada em um aparelho com difração a laser (Microtrac, modelo S3500), disponível no Laboratório Multiusuário de Nanotecnologia do CETENE (Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste – CETENE),

acoplado a um ultrassom comum de bancada para aumentar a dispersibilidade da amostra. O líquido sedimentador utilizado foi o isopropanol, visto que a solubilização das partículas não ocorre nesta substância. Uma pequena quantidade de amostra do pó de umbu foi dispersa em isopropanol e submetida a leituras de distribuição do tamanho de partículas. O diâmetro médio foi determinado com base no diâmetro médio de uma esfera de mesmo volume, para caracterizar partículas de pó.

6.2.6.1.6 Morfologia das Partículas

O estudo da morfologia das partículas foi realizado por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV), no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise (Ageu Magalhães – UFPE). As amostras foram fixadas em porta espécimens metálicos (stubs) com uma fita adesiva de dupla face condutora convencional, em seguida metalizadas com ouro em um metalizador (Leica, modelo EM SCD500), a uma taxa de recobrimento de 15nm de espessura, por 80 segundos e corrente de 40 mA. E por fim, observadas em um microscópio eletrônico de varredura (FEI, modelo Quanta 200 FEG), operando com 20 kV. A aquisição das imagens foi realizada pelo software, XT microscop.

6.2.7 Caracterização Físico-Química

6.2.7.1 pH

Analisado por meio de medidas diretas utilizando pHmetro com eletrodo de vidro (TECNAL TEC-5 - Piracicaba/SP).

6.2.7.2 Sólidos Solúveis

O teor de sólidos solúveis foi determinado utilizando o refratômetro Atago (MASTER T - Japão). Os resultados foram expressos em °Brix.

6.2.7.3 Acidez Titulável

Realizada por método titulométrico, segundo metodologia descrita pela A.O.A.C. (2002). Os resultados foram expressos em g de ácido cítrico 100g⁻¹

6.2.7.4 Razão Sólidos Solúveis / Acidez Titulável

Determinada mediante divisão dos valores encontrados dos sólidos solúveis com a acidez titulável.

6.2.7.5 Cor

Avaliada em colorímetro (Minolta CR-400, Konica Minolta, Sensing Inc), operando em sistema CIELAB (L*a*b*). A diferença de cor foi calculada por meio da média da cor (ΔE^*) entre polpa *in natura* e o umbu em pó, segundo a equação:

$$\Delta E^* = (L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2)^{0,5}$$

[Equação 3]

Onde:

ΔE^* é a diferença total de cor;

L_0^* e L^* : são as luminosidades das amostras de polpa *in natura* e do umbu em pó, respectivamente;

a_0^* e a^* : são as intensidades da cor vermelha ou verde das amostras de polpa *in natura* e do umbu em pó, respectivamente;

b_0^* e b^* : são as intensidades da cor amarela ou azul das amostras de polpa *in natura* e do umbu em pó, respectivamente.

6.2.8 Caracterização Química

Umidade determinada em balança infravermelho (MARTE - IDSO – Piracicaba/SP) a 105 °C durante 30 minutos. Os resultados foram expressos em (%).

Cinzas, lipídeos e proteínas foram quantificados segundo métodos descritos pela A.O.A.C. (2002) e os resultados expressos em g.100g^{-1} .

Os carboidratos foram calculados pela diferença (100g – gramas totais de umidade + cinzas + lipídeos + proteínas) e o resultado expresso g.100g^{-1} .

6.2.9 Análise Estatística

As determinações foram realizadas em triplicata e submetidas à Análise de Variância (ANOVA) e Teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade utilizando o programa computacional Statistica 7.0 (StatSoft, Tulsa, EUA).

6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1 Análises Microbiológicas

Entre vários parâmetros que determinam a qualidade de um alimento, os mais importantes, são sem dúvida, aqueles que definem suas características microbiológicas. Assim, os resultados da análise microbiológica dos pós de umbu (Ensaio A e B) e da polpa *in natura* (Ensaio C) estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados das análises microbiológicas para a polpa *in natura* e os pós de umbu

Análises	Ensaio A	Ensaio B	Ensaio C
Coliformes a 35°C (NMP g ⁻¹) [*]	<10	<10	<10
Contagem de Aeróbios (UFCg ⁻¹) ^{**}	<10	<10	<10
Bolores e Leveduras (UFCg ⁻¹) ^{**}	<10	<10	3x10 ²

* NMP g⁻¹ = Número mais provável por grama de amostra; ** UFC = Unidade Formadora de Colônias por grama de amostra; Ensaio A e B = Umbu em pó (110 °C, vazão 0,84L/h e 10% de maltodextrina 10 DE) e (140 °C, vazão 0,60L/h e 10% de maltodextrina 10 DE), respectivamente; Ensaio C = Polpa de umbu *in natura*.

Os resultados obtidos nas contagens de Coliformes a 35 °C demonstram que a polpa *in natura* e os pós de umbu estão dentro dos padrões estabelecidos pelo regulamento técnico RDC 12/2001 – ANVISA (BRASIL, 2001).

A contagem de aeróbios é o método mais utilizado como indicador geral de populações bacterianas em alimentos. Não diferencia tipos de bactérias, sendo utilizada para se obter informações gerais sobre a qualidade do produto (WELKE *et al.*, 2009). Baixa contagem desse grupo presente na polpa *in natura* e nos pós de umbu é indicativo do uso de matérias-primas de boa qualidade e processamento satisfatório, sob o ponto de vista sanitário.

A contagem de bolores e leveduras é aplicável principalmente na análise de alimentos ácidos (pH < 4,5) e baixa atividade de água, nos quais a presença elevada é indicativo de falhas ao longo do processamento, comprometendo a vida útil do produto. Segundo Welke *et al.* (2009), altas contagens de bolores e leveduras indicam sanitização deficiente no processamento do alimento ou uma seleção mal feita da matéria-prima introduzindo produtos contaminados. A alta contagem pode indicar também possível presença de micotoxinas que podem apresentar riscos a saúde. Assim, baixas contagens de bolores e leveduras nos pós de umbu evidenciadas nesse estudo indicam boas condições de processo.

O crescimento de bolores e leveduras em alimentos ácidos e com alta atividade de água é mais lento, sendo dificilmente responsáveis pela deterioração de polpas de frutas, sendo assim a polpa de umbu *in natura* não apresentou contaminação estando de acordo com os padrões estabelecidos pela instrução normativa 01/2000 do Ministério da Agricultura. A polpa *in natura* e os pós de umbu apresentaram condições satisfatórias de que houve práticas de higiene adequadas, estando aptos para o consumo humano, sem apresentar riscos de saúde pública.

6.3.2 Análise Sensorial

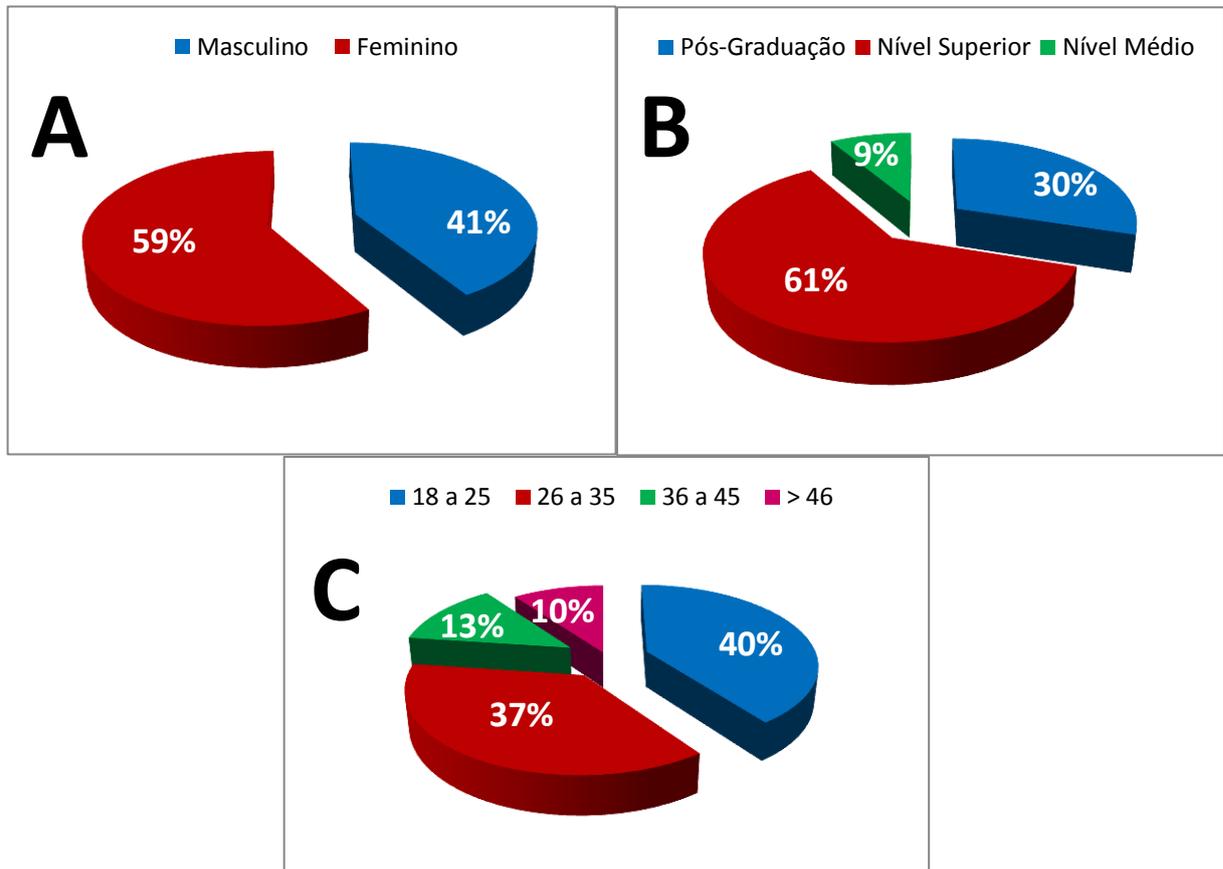
6.3.2.1 Perfil dos Provadores

O critério utilizado para convidar os provadores a participar da análise sensorial baseou-se no gostar de consumir o fruto de umbu *in natura* e néctares de frutas.

A distribuição dos provadores em relação ao gênero, grau de escolaridade e faixa etária estão apresentadas na Figura 6. Em relação ao gênero, o perfil feminino predominou, sendo 59% dos provadores do sexo feminino e 41% do sexo masculino. A participação de ambos os sexos é importante devido suas diferenças na percepção gustativa, uma vez que as mulheres apresentam maior sensibilidade nas papilas gustativas e percebem de forma mais acentuada o gosto de uma bebida ou alimento (KESKITALO *et al.*, 2009).

Em relação ao grau de escolaridade, a maioria foi constituída por provadores com nível superior, totalizando 61%, seguidos de 30% com pós-graduação e 9% com nível médio. Em relação à faixa etária, 40% dos provadores situam-se entre 18 a 25 anos e 37% entre 26 a 35 anos. Apenas 13% dos provadores apresentam idade entre 36 a 45 anos e 10% com idade maior a 46 anos.

Figura 6: Perfil dos prováveis consumidores do néctar de umbu (A: Gênero; B: Grau de Escolaridade; C: Faixa Etária)



6.3.2.2 Teste de Aceitação dos Néctares de Umbu

O teste de aceitação foi aplicado com o propósito de avaliar os atributos cor, aroma, sabor e aparência dos néctares de umbu. As médias das notas atribuídas pelos prováveis consumidores, para cada atributo, estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Médias das notas seguidas do desvio padrão para os atributos avaliados pelo teste de aceitação dos néctares de umbu

	Cor	Aroma	Sabor	Aparência
Ensaio A	6,06 ^b ± 1,75	5,79 ^b ± 1,86	5,81 ^a ± 2,15	6,25 ^{ac} ± 1,90
Ensaio B	6,07 ^b ± 1,78	5,71 ^b ± 1,94	5,84 ^a ± 2,15	5,91 ^{bc} ± 1,93
Ensaio C	7,13 ^a ± 1,51	6,46 ^a ± 1,79	6,31 ^a ± 1,98	6,80 ^a ± 1,63

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Duncan. Escala hedônica de nove pontos: 1=Desgostei Extremamente a 9=Gostei Muitíssimo; Ensaios A e B= Néctares reconstituídos de umbu em pó (110 °C, vazão 0,84 L/h e 10% de maltodextrina 10 DE) e (140 °C, vazão 0,60 L/h e 10% de maltodextrina 10 DE), respectivamente; Ensaio C= Néctar obtido da polpa de umbu *in natura*.

Ao comparar as médias de cada atributo individualmente, observou-se que houve diferença significativa ($p > 0,05$) em relação (A e B) de C, para os atributos cor, aroma e aparência. Um dos principais atributos sensoriais, o sabor, é decisivo na escolha de um produto pelo consumidor (KANDANSAMY; SOMASUNDARAM, 2012). O sabor dos néctares reconstituídos de umbu em pó e da polpa *in natura* não diferiram significativamente, o que demonstra que a atomização pode ser uma boa escolha de processamento.

Diferentemente para a cor e aroma, o calor não só vaporiza a água, durante a secagem, como também causa perda de componentes voláteis e termossensíveis como os compostos aromáticos e fenólicos, podendo causar reações de escurecimento enzimático e não enzimático. Como resultado, a secagem modifica as características da superfície do alimento e, portanto, altera sua refletividade e cor. Em frutas as alterações químicas dos pigmentos são causadas pelo calor e pela oxidação durante a secagem, e a atividade residual da enzima polifenoloxidase causa o escurecimento durante a estocagem. Os componentes voláteis que possuem volatilidade e difusividade relativamente altas são perdidos nos estágios iniciais da secagem, a estrutura porosa aberta dos alimentos desidratados permite acesso ao oxigênio, que é uma segunda causa importante de perda de aromas devido à oxidação dos voláteis (PHISUT, 2012; JITTANIT *et al.*, 2010).

Ao analisar os néctares dos ensaios A e B verifica-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre eles, exceto para aparência. A aparência é utilizada como critério para identificação e julgamento da qualidade do produto (KANDANSAMY; SOMASUNDARAM, 2012). A aparência do ensaio A apresentou uma média mais elevada do que o ensaio B.

Os resultados do índice de aceitação (IA) e rejeição (IR) para cada um dos atributos avaliados individualmente são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Índice de aceitação e rejeição dos atributos avaliados pelo teste de aceitação dos néctares de umbu

	Índice de Aceitação (%)*				Índice de Rejeição (%)**			
	Cor	Aroma	Sabor	Aparência	Cor	Aroma	Sabor	Aparência
Ensaio A	66	57	66	70	20	21	30	20
Ensaio B	61	54	64	60	17	20	27	21
Ensaio C	90	70	70	81	4	13	18	6

* Notas superiores a 5,0; ** Notas inferiores a 5,0. Ensaios A e B= Néctares reconstituídos de umbu em pó (110 °C, vazão 0,84L/h e 10% de maltodextrina 10 DE) e (140 °C, vazão 0,60L/h e 10% de maltodextrina 10 DE), respectivamente; Ensaio C= Néctar obtido da polpa de umbu *in natura*.

Os ensaios A, B e C obtiveram boa aceitabilidade para os atributos avaliados, exceto para o aroma do A e B. A maioria das respostas dadas pelos provadores foi superior a 5,0 o que significa “gostei ligeiramente” e “gostei muitíssimo”. O índice de rejeição global do ensaio C e, sobretudo dos ensaios A e B (Tabela 5) foram inferiores a 50%, demonstrando que o produto em pó tem potencial para sua comercialização, o qual pode ser utilizado na elaboração de outros produtos como sorvete, bebida láctea, iogurte ou reconstituídos como néctar.

Tabela 5. Índice de aceitação e rejeição global dos atributos avaliados pelo teste de aceitação dos néctares de umbu

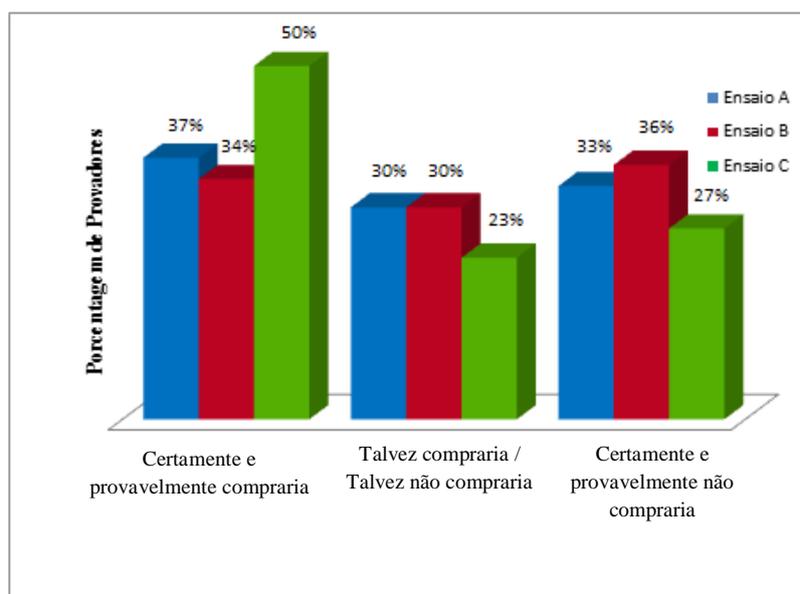
Formulações	Média	Índice de Aceitação Global	Índice de Rejeição Global
		(%)*	(%)**
Ensaio A	5,98	65	23
Ensaio B	5,88	60	21
Ensaio C	6,68	78	10

* Notas superiores a 5,0; ** Notas inferiores a 5,0. Ensaios A e B= Néctares reconstituídos de umbu em pó (110 °C, vazão 0,84L/h e 10% de maltodextrina 10 DE) e (140 °C, vazão 0,60L/h e 10% de maltodextrina 10 DE), respectivamente; Ensaio C= Néctar obtido da polpa de umbu *in natura*.

6.3.2.3 Teste de Intenção de Compra

Nos testes de intenção de compra os consumidores especificam quais dos produtos estão mais propensos a adquirir, podendo optar por ambos ou nenhum. Compreender as necessidades e as expectativas dos consumidores é fundamental para uma introdução bem sucedida e sustentável de novos produtos no mercado (VANHONACKER *et al.*, 2013; WICHCHUKIT; O'MAHONY; 2011). Os percentuais da intenção de compra dos néctares de umbu estão apresentados na Figura 7. Observa-se que a maioria dos prováveis consumidores “certamente e provavelmente comprariam” o produto. O percentual de provadores indecisos que “talvez comprariam / talvez não comprariam” o produto foi de 30% para os ensaios A e B.

Figura 7. Intenção de compra dos provadores para os néctares reconstituídos de umbu em pó obtidos pelos ensaios A e B: (110 °C, vazão 0,84L/h e 10% de maltodextrina 10 DE) e (140 °C, vazão 0,60L/h e 10% de maltodextrina 10 DE), respectivamente e ensaio C: néctar obtido da polpa de umbu *in natura*



O percentual de diferença obtido no ensaio C em comparação ao ensaio A foi de apenas 13%, revelando que o néctar de umbu em pó oriundo do ensaio A apresenta percentual de intenção de compra satisfatório para atender as exigências dos consumidores que buscam

produtos práticos, com características sensoriais desejáveis, de fácil transporte e armazenamento, além de ser versátil em sua utilização o qual pode ser reconstituído como néctar ou utilizado como ingrediente de diversas formulações.

6.3.2.4 Teste de Preferência

O teste de preferência para avaliação do aroma e sabor foi realizado por comparação múltipla entre os néctares reconstituídos de umbu em pó dos ensaios A e B com o padrão. Os resultados do teste de Duncan a 5% de probabilidade para os dois ensaios, bem como as médias das notas atribuídas pelos provadores, encontram-se na Tabela 6.

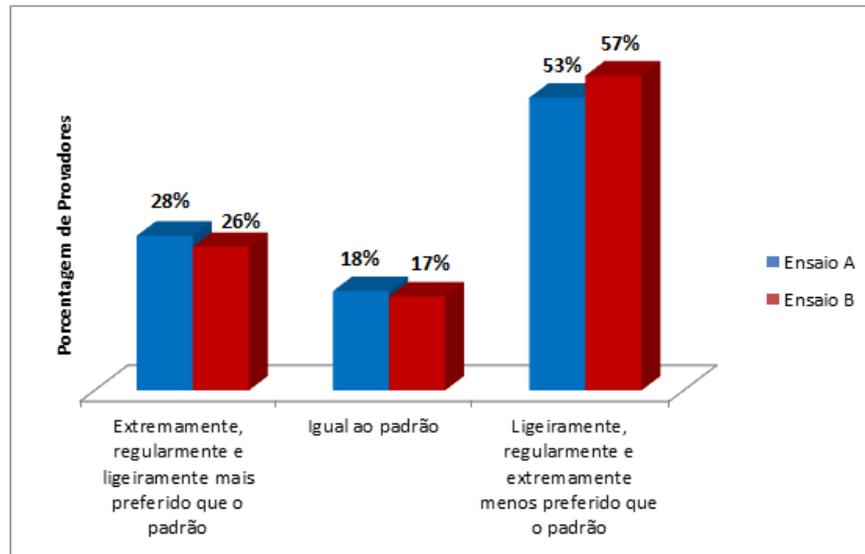
Tabela 6. Médias das notas do teste de preferência por comparação múltipla para os néctares reconstituídos de umbu em pó em relação ao néctar de umbu *in natura*

	Média ± Desvio Padrão	
	Aroma	Sabor
Ensaio A	3,67 ^a ± 1,58	4,32 ^a ± 1,85
Ensaio B	3,57 ^a ± 1,51	4,00 ^a ± 1,86

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Duncan; Ensaios A e B= Néctares reconstituídos de umbu em pó (110 °C, vazão 0,84L/h e 10% de maltodextrina 10 DE) e (140 °C, vazão 0,60L/h e 10% de maltodextrina 10 DE), respectivamente.

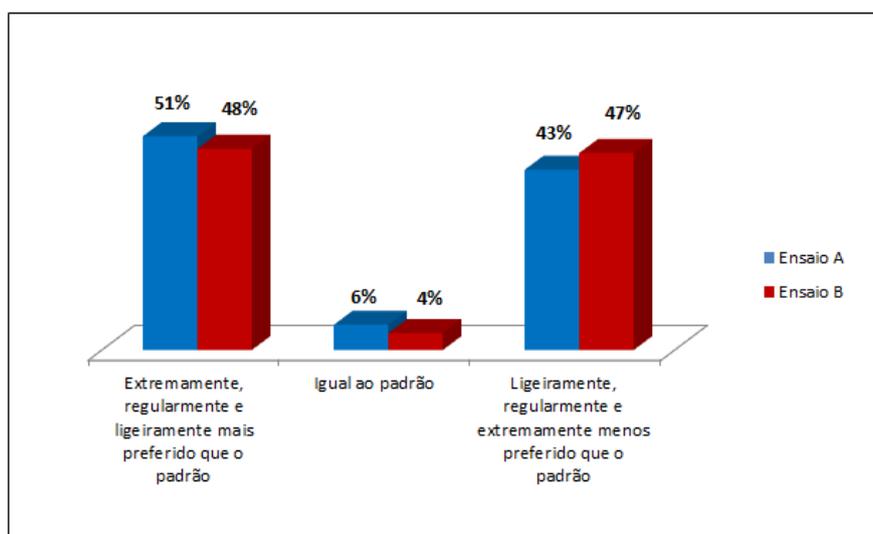
Os resultados demonstram que não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os néctares reconstituídos de umbu em pó (Ensaios A e B). De acordo com a classificação dos termos hedônicos (Figura 8) os prováveis consumidores preferiram o aroma do néctar de umbu *in natura*. Essa preferência possivelmente se deve a alterações ocorridas nos néctares de umbu em pó 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.

Figura 8. Percentual das notas obtidas do atributo aroma pelo teste de preferência por comparação múltipla para os néctares reconstituídos de umbu em pó obtidos pelos ensaios A e B: (110 °C, vazão 0,84L/h e 10% de maltodextrina 10 DE) e (140 °C, vazão 0,60L/h e 10% de maltodextrina 10 DE), respectivamente



A classificação dos termos hedônicos para o atributo sabor pode ser visualizada na Figura 9. Com os resultados, percebe-se que provadores preferiram o sabor dos ensaios A e B em relação ao néctar de umbu *in natura*. Diferentemente do aroma, o sabor não foi modificado durante o processo de atomização. A adição de maltodextrina na concentração de 10% não influenciou no sabor e também não conferiu maior grau de doçura ao produto.

Figura 9. Percentual das notas obtidas do atributo sabor pelo teste de preferência por comparação múltipla para os néctares reconstituídos de umbu em pó obtidos pelos ensaios A e B: (110 °C, vazão 0,84L/h e 10% de maltodextrina 10 DE) e (140 °C, vazão 0,60L/h e 10% de maltodextrina 10 DE), respectivamente



Avaliando em conjunto o percentual de aceitação, intenção de compra e preferência conclui-se que o néctar reconstituído de umbu em pó referente ao ensaio A quando comparado com o ensaio B foi o mais aceito, e, portanto, selecionado para dar continuidade à pesquisa de caracterização física, físico-química e química das partículas de umbu em pó.

6.3.3 Caracterização Física do Umbu em Pó

6.3.3.1 Densidade Aparente, Densidade Absoluta, Porosidade Intragranular e Solubilidade

Os resultados de densidade aparente, densidade absoluta, porosidade intragranular e solubilidade do Ensaio A, são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Caracterização física do umbu em pó produzido com temperatura de 110 °C, vazão mássica 0,84 L/h e 10% de maltodextrina 10 DE

Determinações	Média ± Desvio Padrão
Densidade Aparente (g/mL)	0,37 ± 0,01
Densidade Absoluta (g/mL)	1,48 ± 0,01
Porosidade Intragranular (%)	42,79 ± 0,19
Solubilidade (%)	90,95 ± 0,84

A densidade aparente é a razão entre a massa e o volume do sólido englobando os espaços vazios. Quanto mais pesado o material, mais facilmente este se acomoda nos espaços entre as partículas, ocupando menor volume e resultando, assim, em maior densidade (TONON *et al.*, 2010; BARBOSA-CÁNOVAS; JULIANO, 2005). A densidade aparente encontrada para o umbu em pó foi bem próxima ao valor reportado por Tonon *et al.* (2010) para suco de açaí atomizado (0,37 a 0,48 g/mL). No entanto, valores superiores foram encontrados por Silva *et al.* (2014), Caparino *et al.* (2012) e Fazaeli *et al.* (2012) para umbu,

manga e amora preta atomizada, respectivamente, os quais obtiveram valores que variaram de 0,40 a 0,57 g/mL.

A densidade absoluta corresponde a real densidade do sólido e não considera os espaços presentes entre as partículas, ao contrário da densidade aparente (CALISKAN; DIRIM, 2013; TONON *et al.*, 2010; BARBOSA-CÁNOVAS; JULIANO, 2005). A densidade absoluta do umbu em pó foi próxima ao encontrado por Tonon *et al.* (2013) utilizando maltodextrina 10 DE na secagem de polpa de açaí, variando de 1,51 a 1,53 g/mL.

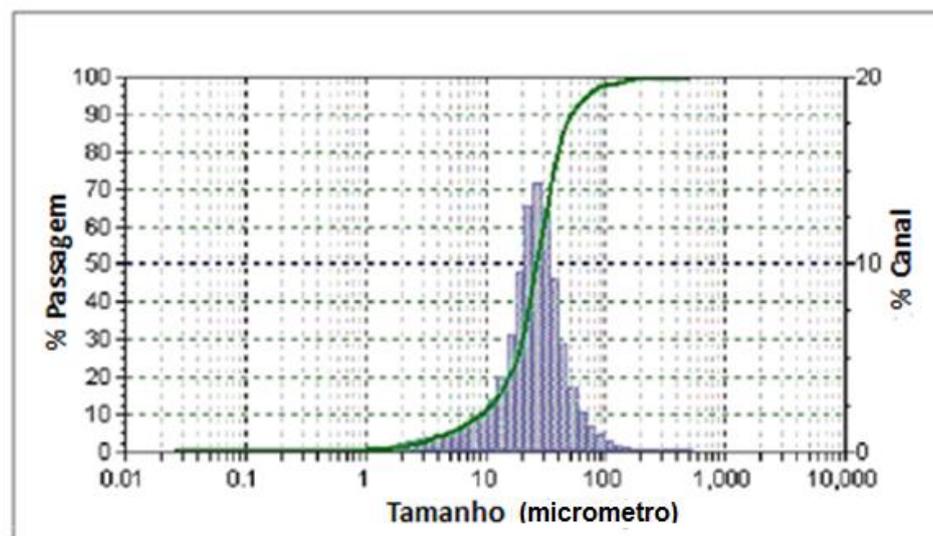
A porosidade é uma propriedade fundamental para as microcápsulas, expressa a razão de espaços vazios em relação ao volume total do material, desempenhando papel relevante no controle da taxa de reidratação e na reconstituição de produtos secos (TONON *et al.*, 2010; SANTANA *et al.*, 2013). A porosidade encontrada nesse estudo foi próxima ao reportado por Caparino *et al.* (2012) para polpa de manga atomizada de 47,00%.

A solubilidade refere-se 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 (LIU *et al.*, 2010; BARBOSA-CÁNOVAS; JULIANO, 2005; CANO-CHAUCA *et al.*, 2005). O tipo de agente carreador adicionado ao produto influencia diretamente na solubilidade dos pós. A maltodextrina é o mais utilizado devido a suas propriedades físicas, dentre as quais está sua elevada solubilidade em água (CANO-CHAUCA *et al.*, 2005). Dessa forma, explica-se a elevada solubilidade encontrada para os pós de umbu. Valor próximo foi reportado por Cano-Chauca *et al.* (2005) para manga atomizada (95,00%). Valores inferiores foram citados por Silva *et al.* (2014), Fazaeli *et al.* (2012) e Abadio *et al.* (2004) para umbu (80,28%), amora preta (76,00% a 86,00%) e abacaxi atomizados (81,56%), respectivamente.

6.3.3.2 Distribuição do Tamanho de Partículas

A Figura 10 apresenta o gráfico com a distribuição do tamanho de partículas do umbu em pó. O diâmetro médio das partículas indica o ponto central em torno do qual gira a frequência de volume da distribuição. As partículas do umbu em pó apresentaram tamanhos com diâmetros de 15,19 a 32,86 μm . Apresentando distribuição modal, ou seja, apenas um pico distinto representando um tamanho predominante, com diâmetro médio de $28,14 \pm 17,25$ μm .

Figura 10. Distribuição do tamanho de partículas do umbu em pó produzido com temperatura de 110 °C, vazão mássica 0,84 L/h e 10% de maltodextrina 10 DE



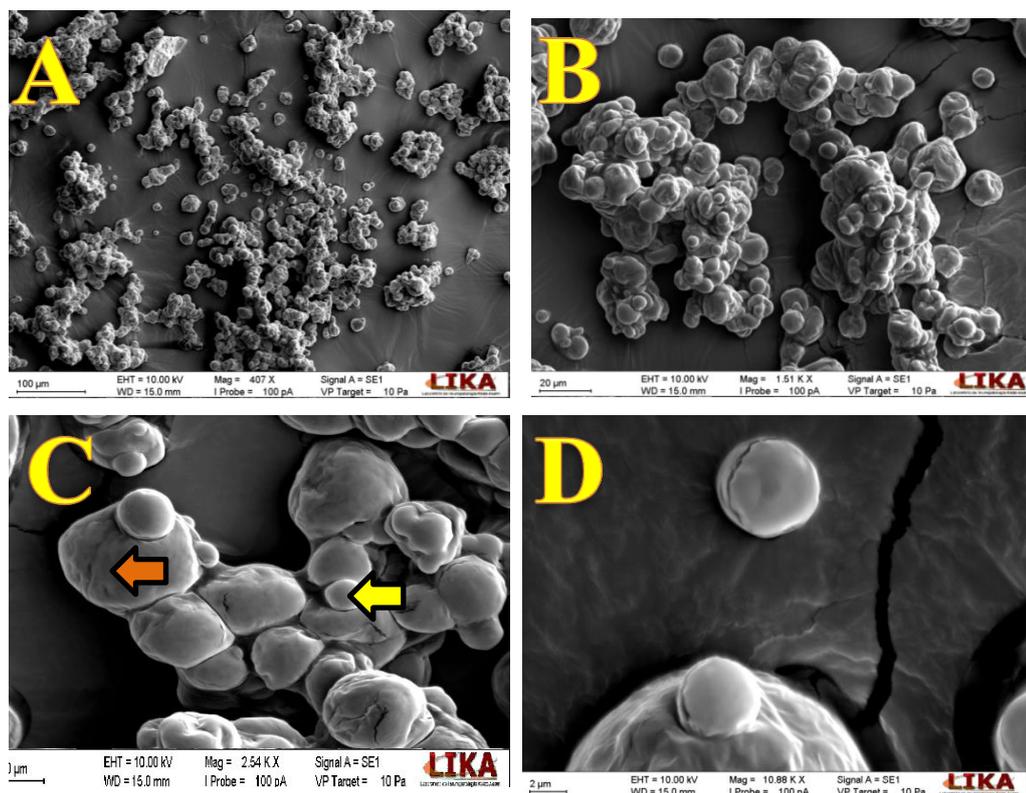
Valores inferiores ao encontrado nesse estudo foram reportados por Tonon *et al.* (2008) ao estudarem açaí em pó, com diâmetro médio entre 13 a 21 μm . Ao utilizar temperaturas maiores no processo de secagem por atomização, o tempo de processo diminui e promove a formação mais rápida de uma estrutura, o que evita o encolhimento das partículas durante a secagem. Em temperaturas mais baixas, a partícula encolhe e, conseqüentemente, o diâmetro diminui (TONON *et al.*, 2008; NIJDAM; LANGRISH, 2006), o que justifica os resultados obtidos no presente trabalho.

Segundo Tonon *et al.* (2008), a presença de partículas de diâmetros maiores tendem a iniciar um possível processo de aglomeração, enquanto que a presença de partículas menores é interessante, uma vez que podem penetrar entre os espaços causados pelas partículas maiores, e assim ocupar um volume menor. Nesse estudo, as partículas apresentaram diâmetro maior resultando em tendências a aglomerações.

6.3.3.3 Morfologia das Partículas

O estudo da morfologia dos pós oferece informações importantes sobre os fundamentos da secagem dos alimentos, bem como, dos aspectos físicos e químicos que influenciam a estrutura das partículas. Desta forma, a seleção das variáveis de processo, devem ser otimizadas para se obter as características desejadas no produto final (PHISUT, 2012; ALAMILLA-BELTRÁN *et al.*, 2005; WALTON, 2000). As eletromicrografias das partículas do umbu em pó podem ser observadas na Figura 11.

Figura 11. Eletromicrografias das partículas de umbu em pó. A – Visão geral das partículas em forma de aglomerados com tamanho variados; B e C – Detalhe do aglomerado formado pelas partículas com superfície lisa (seta amarela) e superfície rugosa (seta laranja); D – Detalhe da partícula isolada



Evidencia-se que o umbu em pó apresenta partículas com tamanhos variados e formato esférico, bastante característico de pós produzidos por atomização (TURCHIULI *et al.*, 2011; FAZAELI *et al.*, 2012; TONON *et al.*, 2009). Com formação de pequenos e numerosos aglomerados com forte interação entre si, enquanto que partículas isoladas são raramente visualizadas (Figura 11D). Segundo Turchiuli *et al.* (2011) a aglomeração dentro da câmara do atomizador requer colisões entre duas ou mais partículas seguida da adesão entre as superfícies. Com a secagem por atomização, são criadas pontes sólidas estáveis entre as partículas, levando à formação de uma nova estrutura (aglomerados).

As partículas apresentaram superfície predominantemente rugosa com presença de depressões, embora uma minoria tenha apresentado superfície lisa (Figura 11A-C). A presença de estruturas com superfície rugosa indica a formação de vacúolos no interior da partícula, após o desenvolvimento da microcápsula (NIJDAM; LANGRISH, 2006). Resultados semelhantes foram obtidos por Tonon *et al.* (2009) em secagem de açaí por atomização, e constataram que em temperaturas de 138 °C resultaram em partículas com superfícies enrugadas, enquanto que temperaturas de 170 °C e 202 °C produziram partículas com superfícies lisas, e atribuíram a influência da temperatura às diferenças na velocidade de secagem, a qual é maior para temperaturas mais elevadas visto que a evaporação da água é mais rápida, levando à formação de uma crosta lisa e dura.

6.3.4 Caracterização Físico-Química e Química do Umbu em Pó

A determinação da caracterização físico-química do umbu em pó é importante por se tratar de um novo produto, os dados estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Caracterização físico-química do umbu em pó produzido com temperatura de 110 °C, vazão mássica 0,84L/h e 10% de maltodextrina 10 DE

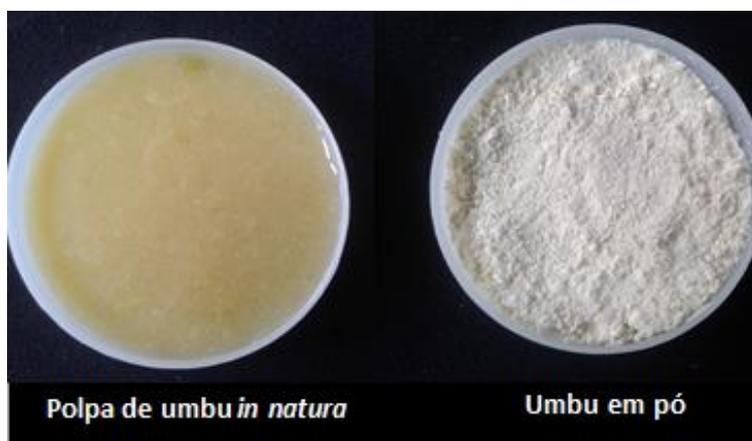
Determinações	Média ± Desvio Padrão
pH	3,02 ± 0,02
Acidez Titulável (g ácido cítrico.100 g ⁻¹)	0,82 ± 0,53
Sólidos Solúveis (°Brix)	25,07 ± 0,12
SS / AT	30,57 ± 0,98
Cor L*	92,73 ± 0,40
a*	-1,66 ± 0,03
b*	16,53 ± 0,09
Diferença de Cor (ΔE*)	37,75 ± 0,40

SS / AT: Razão sólidos solúveis / acidez titulável.

O teor dos sólidos solúveis, pH e razão sólidos solúveis / acidez titulável das partículas do umbu em pó aumentou em comparação a polpa *in natura* (sólidos solúveis 11,06°Brix; pH 2,62 e SS/AT 6,87). Fato previsto devido à concentração do produto, adição do agente encapsulante e pH da maltodextrina 10 DE ser próximo de 4,5 a 5,5 (PHISUT, 2012), bem superior ao umbu *in natura*. A acidez titulável diminuiu em comparação a polpa *in natura* (1,63 g ácido cítrico. 100 g⁻¹). Segundo Oliveira *et al.* (2006) a maltodextrina reduz a concentração dos ácidos orgânicos, como consequência a acidez diminui. O valor de luminosidade (L*) do umbu em pó foi superior ao obtido da polpa *in natura* (58,39). Em contrapartida, os valores das coordenadas a* e b* foram inferiores as coordenadas a* (-5,38) e b* (31,76) da polpa *in natura*. Esta redução deve-se à adição de maltodextrina que possui coloração branca e age como um “diluyente” dos pigmentos nos pós (FERRARI *et al.*, 2012; TONON *et al.*, 2008). Quanto maior a diferença de cor maior são as alterações dos pigmentos durante a atomização. O valor obtido do umbu em pó demonstrou que as condições operacionais foram viáveis, uma vez que, não alterou drasticamente sua coloração. Comportamento esperado, principalmente pela adição da maltodextrina 10 DE (FERRARI *et*

al., 2012). Na Figura 12, observa-se o clareamento na tonalidade do umbu após a secagem por atomização.

Figura 12. Polpa de umbu antes e após a secagem por atomização



Fonte: Souza, Michelle (2014).

A determinação química dos alimentos é essencial para obter a segurança alimentar e nutricional. Os valores da composição química do umbu em pó estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Caracterização química do umbu em pó produzido com temperatura de 110 °C, vazão mássica 0,84 L/h e 10% de maltodextrina 10 DE

Determinações	Média ± Desvio Padrão
Umidade (%)	4,15 ± 0,13
Proteínas (g.100 g ⁻¹)	0,63 ± 0,02
Lipídeos (g.100 g ⁻¹)	0,89 ± 0,05
Cinzas (g.100 g ⁻¹)	1,73 ± 0,10
Carboidratos (g.100 g ⁻¹)	92,60 ± 0,07

Os resultados médios de umidade indicam que o pó de umbu perdeu 82,17% de água em relação à polpa *in natura*. Esse resultado indica que o produto é estável, sendo este um fator protetor ao desenvolvimento de microorganismos deteriorantes e patogênicos. Os teores de cinzas, proteína, lipídeos e carboidratos do umbu em pó foram superiores a polpa *in natura*

(cinzas 0,28 g.100 g⁻¹; proteína 0,41 g.100 g⁻¹; lipídeos 0,55 g.100 g⁻¹ e carboidratos 12,44 g.100 g⁻¹). Resultado esperado devido à concentração dos compostos após a atomização. Atribui-se a elevação dos carboidratos a adição da maltodextrina utilizada como agente carreador durante a secagem (PHISUT, 2012).

6.4 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos observa-se que o ensaio A com temperatura do ar de entrada 110 °C, vazão de alimentação 0,84 L/h e maltodextrina 10 DE 10% foi apontado pelos prováveis consumidores como o mais aceito em comparação ao ensaio B. O umbu em pó apresentou características físicas, físico-químicas e químicas favoráveis ao seu aproveitamento para a produção de gêneros alimentícios tanto na reconstituição como néctar ou na elaboração de produtos processados, representando potencial para a diversificação da produção comercial na fruticultura exótica, e tornando possível a elaboração de produtos novos e competitivos no mercado.

6.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADIO, F. D. B.; DOMINGUES, A. M.; BORGES, S. V.; OLIVEIRA, V. M. Physical properties of powdered pineapple (*Ananás comosus*) juice - effect of malt dextrin concentration and atomization speed. **Journal of Food Engineering**, v.64, p.285-287, 2004.

ALAMILLA-BELTRÁN, L.; CHANONA-PÉREZ, J. J.; JIMÉNEZ-APARICIO, A. R.; GUTIÉRREZ-LÓPEZ, G. F. Description of morphological changes of particles along spray drying. **Journal of Food Engineering**, v.67, p.179-184, 2005.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17th ed. Washington, p.1115, 2002.

BARBOSA-CÁNOVAS, G.V.; JULIANO, P. Physical and chemical properties of food powders. In: ONWULATA, C. **Encapsulated and powdered foods**. Boca Raton: Taylor & Francis, p.39-71, 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02/01/2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 10 jan. Seção I, p.45-53, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura do Abastecimento. Instrução Normativa nº 01/00, de 07/01/00. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 10 jan. Seção I, p.54-58, 2000.

CALISKAN, G.; DIRIM, S. N. Effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during *spray drying* of sumac extract. **Food and Bioproducts Processing**, v.411, p.1-10, 2013.

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 e Emerging Technologies**, v.6, p.420-428, 2005.

CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. L.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R. FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of

mango (*Philippine* ‘Carabao’ var.) power. **Journal of Food Engineering**, v.111, p.135-148, 2012.

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.

CUQ, B.; RONDET, E.; ABECASSIS, J. Food powders engineering, between knowhow and science: constraints, stakes and opportunities. **Powder Technology**, v.208, p.244–251, 2011.

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.

FAZAEI, M.; EMAM-DJOMEH, Z.; ASHTARI, A.K.; OMID, M. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. **Food and Bioproducts Processing**, v.90, p.667–675, 2012.

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

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

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.

JITTANIT, W.; NITI-ATT, S.; TECHANUNTACHAIKUL, O. Study of *spray drying* of pineapple juice using maltodextrin as an adjunct. **Chiang Mai Journal Science**, v.37, p.498-506, 2010.

KANDANSAMY, K.; SOMASUNDARAM, P. D.; Microencapsulation of colors by *spray drying* – A review. **International Journal of Food Engineering**, v.8, p.1-15, 2012.

KESKITALO, K.; ANTTI, K.; KALLELA, M.; PALOTIE, A.; WESSMAN, M.; SAMMALISTO, S. Sweet taste preferences are partly genetically determined: identification of a trait locus on chromosome. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.86, p.55-63, 2009.

LIU, F.; CAO, X.; WANG, H.; LIAO, X. Changes of tomato powder qualities during storage. **Powder Technology**, v.204, p.159–166, 2010.

NIJDAM, J. J.; LANGRISH, T. A. G. The effect of surface composition on the functional properties of milk powders. **Journal of Food Engineering**, v.77, p.919–925, 2006.

OLIVEIRA, F. M. N.; FIGUEIREDO, R. M. F. QUEIROZ, A. J. M. Comparative analysis of pulps full cherry, formulated and powder. **Brazilian Journal Food Technology**, v.8, p.25-33, 2006.

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.

SANTANA, A. A.; OLIVEIRA, R. A.; PINEDO, A. A.; KUROZAWA, L. E.; PARK, K. J. Microencapsulation of babassu coconut Milk. **Food Science Technology**, v.33, p.737-744, 2013.

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

TONON, R. V.; BRABET, C.; 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, 2008.

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.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Aplicação da secagem por atomização para a obtenção de produtos funcionais com alto valor agregado a partir do açai. **Revista Inclusão Social Brasília**, v.6, p.70-76, 2013.

TURCHIULI, C.; GIANFRANCESCO, A.; PALZER, S.; DUMOULIN, E. Evolution of particle properties during spray drying in relation with stickiness and agglomeration control. **Powder Technology**, v.208, p.433–440, 2011.

VANHONACKER, F.; KÜHNE, B.; GELLYNCK, X.; GUERRERO, L.; HERSLETH, M.; VERBEKE, W. Innovations in traditional foods: Impact on perceived traditional character and consumer acceptance. **Food Research International**, v.54, p.1828–1835, 2013.

WALTON, D. E. The morphology of *spray-dried* particles a qualitative view. **Drying Technology**, v.18, p.1943-1986, 2000.

WELKE, J. E.; HOELTZ, M.; DOTTORI, H. A.; NOLL, I. B. Occurrence of heat resistant molds in apple juice, **Brazilian Journal Food Technology**, v.42, p.70-75 , 2009.

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.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do planejamento fatorial pode-se otimizar as condições operacionais, em relação aos ensaios que apresentaram as maiores retenções de compostos fenólicos. As melhores condições de processamento, temperatura de 110 °C e 140 °C, vazão mássica de 0,84 L/h e 0,60 L/h e 10% de maltodextrina 10 DE para ambas, denominados de ensaios A e B, respectivamente, foram escolhidas para se dar continuidade à pesquisa. O néctar reconstituído de umbu em pó do ensaio A apresentou resultados superiores nos testes de aceitação, intenção de compra e preferência, sendo escolhido para se realizar a caracterização. Os resultados de caracterização física, físico-química e química estão de acordo com a maioria dos pós de frutas atomizados, apresentando potencial para sua comercialização na elaboração de novos produtos ou reconstituídos como néctar.

ANEXOS

Anexo 1 – Parecer do Comitê de Ética

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE
PERNAMBUCO - UNICAP/PE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NA SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO DE UMBU EM PÓ

Pesquisador: Michelle Maria Barreto de Souza

Área Temática:

Versão:

CAAE: 34119714.4.0000.5206

Instituição Proponente:

Patrocinador Principal: MINISTERIO DA EDUCACAO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 782.466

Data da Relatoria: 29/08/2014

Apresentação do Projeto:

O projeto INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NA SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO DE UMBU EM PÓ apresenta uma processo de transformação em pó de suco de umbu, como alternativa para fortalecer o processo industrial.

Objetivo da Pesquisa:

O projeto tem como objetivo geral de obtenção de umbu em pó, empregando o processo de secagem por atomização, e como objetivos específicos avaliar a aceitação, preferência e intenção de compra do produto.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O suco de umbu vem sendo comercializado na forma de suco concentrado, no entanto não se usa ainda a forma em pó. A proposta de transformação de umbu em pó pelo processo de atomização, usando como carreador uma maltodextrina 10 DE. Por sua vez, não se observa riscos ao processo, considerando que a maltodextrina mantém a estabilidade dos níveis glicêmicos e dos níveis de insulina, que é um hormônio anabólico. Também fornece energia que poderá ser liberada gradualmente durante atividade física, melhorando a performance durante os treinos, evitando o cansaço. Desta forma, não se observa riscos e sim benefícios.

Endereço: Rua Almeida Cunha, 245 - BlocoG4 - 8ºAndar

Bairro: Santo Amaro **CEP:** 50.050-480

UF: PE **Município:** RECIFE

Telefone: (81)2119-4375 **Fax:** (81)2119-4004 **E-mail:** pesquisa_prac@unicap.br

Anexo 1 – Parecer do Comitê de Ética

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE
PERNAMBUCO - UNICAP/PE 

Continuação do Parecer: 782.466

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto de pesquisa está bem elaborado, com metodologia muito bem descrita, demonstrando excelente possibilidade de valorização de frutos regionais, através da transformação de umbu em pó pelo processo de atomização, usando como carreador uma maltodextrina 10 DE.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Considerando que a bebida preparada por atomização do umbu adicionado de maltodextrina, como carreador não indica nenhum efeito tóxico, o TCL está adequado.

Recomendações:

Nenhuma.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

A proposta de transformação do umbu em pó para fortalecer a viabilidade comercial é, sem dúvida, uma alternativa biotecnológica eficiente e inovadora.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

O CEP acompanha o parecer do Relator.

RECIFE, 08 de Setembro de 2014

Assinado por:

Maria da Graça de Vasconcelos Xavier Ferreira
(Coordenador)

Endereço: Rua Almeida Cunha, 245 - BlocoG4 - 8ºAndar
Bairro: Santo Amaro **CEP:** 50.050-480
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)2119-4375 **Fax:** (81)2119-4004 **E-mail:** pesquisa_prac@unicap.br

Anexo 2 – Ficha de Concordância e Voluntariedade para Participação da Avaliação Sensorial.

Eu, _____, RG/CPF _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo: Secagem por atomização do umbu utilizando maltodextrina 10 DE, como sujeito. Fui devidamente informado (a) e esclarecido(a) pela pesquisadora Michelle Maria Barreto de Souza sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Recife, _____ de _____ de _____

Nome e Assinatura do sujeito ou responsável:

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar. 02 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome: _____

Assinatura: _____

Nome: _____

Assinatura: _____

Anexo 3 – Coeficientes de Regressão e Análise de Variância (ANOVA) para a Variável Atividade de Água.

Tabela 1. Coeficientes de regressão calculados para a variável atividade de água

Fatores	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t(7)	Significância Estatística (p)
Média	0,150507	0,006943	21,67676	0,000000
Temperatura (L)	-0,028310	0,003261	-8,68242	0,000054
Temperatura (Q)	0,008591	0,003589	2,39394	0,047891
Vazão mássica (L)	0,009392	0,003261	2,88051	0,023634
Vazão mássica (Q)	0,002817	0,003589	0,78484	0,458282
Agente carreador (L)	-0,008099	0,003261	-2,48390	0,041970
Agente carreador (Q)	0,005149	0,003588	1,43491	0,194443
Temperatura x Vazão mássica	0,016804	0,004260	3,94448	0,005571
Temperatura x Agente Carreador	-0,000579	0,004260	-0,13595	0,895688
Vazão mássica x Agente Carreador	-0,004096	0,004260	-0,96143	0,368364

Valores em negrito são significativos a 5% pelo teste de Duncan. L= Linear; Q= Quadrático.

Tabela 2. Análise de variância (ANOVA) para a variável atividade de água

	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	Teste F	R ²	P
Regressão	0,0172744	9	0,0019194	13,23	0,94151	<0,05
Residual	0,001016	7	0,0001451			
Total	0,017376	16				

*Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$.

Anexo 4 – Coeficientes de Regressão e Análise de Variância (ANOVA) para a Variável Umidade.

Tabela 3. Coeficientes de regressão calculados para a variável umidade

Fatores	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t(7)	Significância Estatística (p)
Média	2,198093	0,336540	6,53145	0,000324
Temperatura (L)	-0,512260	0,158041	-3,24130	0,014227
Temperatura (Q)	0,446734	0,173949	2,56819	0,037106
Vazão mássica (L)	0,208387	0,158041	1,31856	0,228817
Vazão mássica (Q)	0,107323	0,173949	0,61698	0,556776
Agente carreador (L)	-0,085306	0,158037	-0,53978	0,606083
Agente carreador (Q)	0,363591	0,173931	2,09043	0,074922
Temperatura x Vazão mássica	-0,095000	0,206491	-0,46007	0,659416
Temperatura x Agente Carreador	-0,100000	0,206491	-0,48428	0,642970
Vazão mássica x Agente Carreador	-0,055000	0,206491	-0,26636	0,797641

Valores em negrito são significativos a 5% pelo teste de Duncan. L= Linear; Q= Quadrático.

Tabela 4. Análise de variância (ANOVA) para a variável umidade

	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	Teste F	R ²	P
Regressão	7,443263	9	0,827	2,4244	0,75712	<0,05
Residual	2,387761	7	0,3411			
Total	9,831024	16				

*Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$.

Anexo 5 – Coeficientes de Regressão e Análise de Variância (ANOVA) para a Variável Higroscopicidade.

Tabela 5. Coeficientes de regressão calculados para a variável higroscopicidade

Fatores	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t(7)	Significância Estatística (p)
Média	2,322517	0,250243	9,28105	0,000035
Temperatura (L)	-0,441667	0,117516	-3,75836	0,007090
Temperatura (Q)	0,536405	0,129344	4,14711	0,004311
Vazão mássica (L)	0,218039	0,117516	1,85540	0,105924
Vazão mássica (Q)	-0,006299	0,129344	-0,04870	0,962518
Agente carreador (L)	-0,068160	0,117513	-0,58002	0,580085
Agente carreador (Q)	0,294171	0,129331	2,27456	0,057093
Temperatura x Vazão mássica	-0,175000	0,153542	-1,13975	0,291882
Temperatura x Agente Carreador	-0,055000	0,153542	-0,35821	0,730746
Vazão mássica x Agente Carreador	-0,197500	0,153542	-1,28629	0,239248

Valores em negrito são significativos a 5% pelo teste de Duncan. L= Linear; Q= Quadrático.

Tabela 6. Análise de variância (ANOVA) para a variável higroscopicidade

	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	Teste F	R ²	P
Regressão	7,928218	9	0,8810	4,6713	0,85725	<0,05
Residual	1,320206	7	0,1886			
Total	9,248424	16				

*Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$.

Anexo 6 – Coeficientes de Regressão e Análise de Variância (ANOVA) para a Variável Retenção de Compostos Fenólicos.

Tabela 7. Coeficientes de regressão calculados para a variável retenção de compostos fenólicos

Fatores	Coeficiente de Regressão	Erro Padrão	t(7)	Significância Estatística (p)
Média	46,22080	3,246575	14,23679	0,000002
Temperatura (L)	1,28670	1,524615	0,84395	0,426592
Temperatura (Q)	1,68590	1,678075	1,00466	0,348518
Vazão mássica (L)	-5,66981	1,524615	-3,71884	0,007467
Vazão mássica (Q)	-0,57685	1,678075	-0,34375	0,741125
Agente carreador (L)	-9,67375	1,524576	-6,34521	0,000387
Agente carreador (Q)	0,49147	1,677900	0,29291	0,778085
Temperatura x Vazão mássica	-3,09875	1,992006	-1,55559	0,163757
Temperatura x Agente Carreador	6,99875	1,992006	3,51342	0,009814
Vazão mássica x Agente Carreador	-3,95375	1,992006	-1,98481	0,087559

Valores em negrito são significativos a 5% pelo teste de Duncan. L= Linear; Q= Quadrático.

Tabela 8. Análise de variância (ANOVA) para a variável retenção de compostos fenólicos

	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	Teste F	R ²	P
Regressão	2380,505	9	264,50	8,3321	0,91462	<0,05
Residual	222,2130	7	31,745			
Total	2602,718	16				

*Valores tabelados de F a $p \leq 0,05$.