



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



Secagem por atomização de polpa de cajá (*Spondias mombin L.*):
Influência das variáveis do processo, avaliação sensorial e
caracterização físico-química.

Recife, PE
2013

Naíra Paes de Moura

Secagem por atomização de polpa de cajá (*Spondias mombin L.*):
Influência das variáveis do processo, avaliação sensorial e
caracterização físico-química.

Dissertação apresentada a coordenação do 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
Co-orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Patrícia Moreira Azoubel

Recife, PE
2013

Ficha catalográfica

M929s Moura, Náira Paes de
Secagem por atomização de polpa de cajá (*Spondias mombin*
L.): influência das variáveis do processo, avaliação sensorial e
caracterização físico-química / Náira Paes de Moura. – Recife,
2013.
108 f. : il.

Orientadora: Maria Inês Sucupira Maciel.
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)
– Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de
Ciência Doméstica, Recife, 2013.
Inclui referências e anexo(s).

1. Cajá 2. *Spray dryer* 3. Maltodextrina 4. Análise sensorial
5. Análise físico-química 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 DE POLPA DE CAJÁ (*SPONDIAS
MOMBIN L.*): INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DO PROCESSO,
AVALIAÇÃO SENSORIAL E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.

Por: Naíra Paes de Moura

Esta dissertação foi julgada para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos e aprovada em 27/08/2013 pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimento em sua forma final.

Banca Examinadora:



Profª Drª. Enayde de Almeida Mélo (Membro interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco



Profª Drª. Samara Alvachian Cardoso de Andrade (Membro interno)
Universidade Federal de Pernambuco



Drª Renata Valeriano Tonon (Membro externo)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

*Para o homem é impossível mais pra Deus todas as coisas
São possíveis.
Mateus 19:26*

AGRADECIMENTOS

A Deus, o todo poderoso por tudo que tem feito em minha vida.

Aos meus pais, Nivaldo Moura e Debora Moura, pelo apoio e, sobretudo pelo imenso amor e dedicação e à minha irmã, Nailane pelo carinho.

Ao meu amado e amigo Diego Santana, por sempre acreditar em mim e me ajudar nos momentos de dificuldades e tristezas, amo você.

Aos meus sogros Cibele e Roberto por toda oração e torcida.

À minha orientadora Maria Inês por sua orientação e confiança durante todo o período em que trabalhamos juntas.

À minha co-orientadora, Patrícia Azoubel por toda ajuda e tempo dedicados.

À Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco–(Facepe) pelo apoio financeiro.

Ao programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos e seus professores pelo conhecimento passado e oportunidade de conviver com todos.

À banca examinadora por todas as contribuições e críticas.

A toda atenção e colaboração dada por Fábio e Luiz do Ageu Magalhães.

Ao CETENE, especialmente à Janaína, Adriana e Rafael, pela atenção e realização das análises.

Aos meus amigos da turma, Alexandre, Flávia, Hayanna, Lívia, Luciana, Renata e Rosana, obrigada pela amizade e ajuda em diversos momentos, e que este momento não seja de despedida!!!

À minha amiga e parceira de dificuldades e alegrias Jackeline Andrade, obrigada por ter sempre uma palavra de consolo e quando não, ao menos procurávamos o pé de coentro juntas, valeu por tudo Jacke!!!!

Às minhas grandes e eternas amigas de laboratório, Ana Carla, Cristiane, Diana, Lídia e Rosilda, obrigada pela amizade paciência e ensinamentos.

Às minhas Amigas da graduação, Idenir, Patrícia e Vivianne pelo apoio sempre.

Ao meu eterno PIBIC Marcone pela ajuda nos experimentos.

À secretária do programa, Ana Engracia, por tudo.

À técnica Jaqueline, pela ajuda e boa vontade.

Muito obrigada !!!

RESUMO

O cajá (*Spondias mombin L.*) é uma fruta tropical, com crescente aceitação em nível nacional e em mercados internacionais, podendo ser comercializada *in natura*, ou como geleias, sorvetes preparados sólidos entre outros. Com o intuito de diversificar os produtos elaborados a partir do cajá, este trabalho teve como objetivo obter o cajá em pó pelo processo de atomização (*spray drying*). A influência das condições de processo foi avaliada sobre a atividade de água (*aw*), umidade, higroscopicidade, retenção de carotenoides totais e o rendimento do processo, utilizando-se um delineamento composto central rotacional 2³ completo. Duas condições de processamento de atomização foram selecionadas: temperatura do ar de secagem de 140°C, vazão mássica de 0,6 e 0,74 L/h e 20 e 10% de agente carreador (Maltodextrina de 10DE), condição A e B respectivamente. Partículas produzidas nestas condições foram então submetidas à análise sensorial. O néctar feito com o pó obtido na condição B (temperatura do ar de 140°C, vazão mássica de 0,74 L/h e concentração de agente carreador de 10% (maltodextrina 15DE) apresentou as maiores médias no teste de aceitação e intenção de compra e foi escolhido para caracterização físico-química: densidade, solubilidade, morfologia e atividade antioxidante. O pó de cajá apresentou valor de 0,59 g/mL para densidade aparente e solubilidade de 81,49%. Em relação à morfologia, as partículas apresentaram uma tendência ao formato esférico, superfície lisa na sua maioria e em aglomerados. A atividade antioxidante medida pelo método DPPPH e ABTS apresentou valores de ação entre intermediário e fraco, sendo justificado pelo baixo teor de fenólicos presentes no pó de cajá atomizado. O processo de atomização constitui-se em uma boa alternativa para aproveitar o excedente da produção de cajá e aumentar a diversidade de produtos com esta fruta. E conseqüentemente, induzindo um aumento na sua produção e comercialização, aumentando a renda e melhorando a qualidade de vida dos pequenos produtores e da região nordeste.

Palavras-chave: cajá, *spray dryer*, antioxidante.

ABSTRACT

The yellow mombin (*Spondias mombin L.*) is a tropical fruit, with growing acceptance in national and international markets, and can be marketed fresh or as jellies, ice cream and other solid preparations. In order to diversify the products made from the hog plum, this study aimed to obtain yellow mombin powder by atomization process (spray drying). The influence of process conditions was evaluated on the water activity (a_w), moisture content, hygroscopicity, retention of total carotenoids and process yield, using a central composite design 2^3 complete. Two atomization process conditions were selected: temperature of the drying air of 140 °C and 0, 6 mass flow rate of 0.74 L/h and 20 and 10% maltodextrin (maltodextrin 10DE) condition A and B respectively. Particles produced under these conditions were then subjected to sensory analysis. The nectar made from the powder obtained in condition B (air temperature of 140 °C, mass flow rate of 0.74 L/h and carrier agent concentration of 10% (maltodextrin 15from) had the highest average test acceptance and purchase intent and was chosen for physico-chemical characterization density, solubility, morphology, and antioxidant activity. Yellow mombin powder had values of 0.59 g/ml, for bulk density and solubility of 81.49%. regarding the morphology of the particles had a tendency to spherical shape, smooth surface and mostly in clusters. antioxidant activity measured by ABTS method DPPPH and presented action values intermediate to weak, being justified by the low content of phenolics present in the atomized powder yellow monbin. The process atomization constitutes a good alternative to harness the surplus production yellow mombin and increase the diversity of products with this fruit. and thus inducing an increase in production and marketing, increasing income and improving the quality of life of small farmers and the Northeast.

Keywords: Yellow mombin, spray dryer, antioxidant.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- Figura 1.** Estrutura de alguns antioxidantes sintéticos. 21
- Figura 2.** Diagrama esquemático de *spray dryer*(atomizador). 24
- Figura 3.** Morfologia de diferentes tipos de microcápsulas. 27

ARTIGO 1

- Figura 1.** Cajá selecionado e sanitizado. 45
- Figura 2.** Atomizador utilizado nos ensaios de secagem. 46
- Figura 3.** Superfície de resposta e curva de contorno para a resposta umidade, (A) em função da concentração de agente carreador \times temperatura do ar, (B) em função da vazão mássica \times temperatura do ar e (C) em função da concentração de agente \times vazão mássica. 60
- Figura 4.** Mudanças nas características físicas do pó de cajá mantido a 25°C e 75,29% de umidade relativa (UR) (a) tempo = 0 dia; (b) tempo = 7 dias. 63

ARTIGO 2

- Figura 1.** Fluxograma do desenvolvimento do cajá atomizado. 80
- Figura 2.** Ficha de consentimento da participação na avaliação sensorial. 81
- Figura 3.** Ficha de respostas para o teste de aceitação e intenção de compra. 83
- Figura 4.** Ficha de respostas para o teste de preferência. 84
- Figura 5.** Intenção de compra dos provadores para os dois néctares de cajá. 91
- Figura 6.** Intenção de compra pelos provadores dos néctares obtidos pela condição A e B. 92
- Figura 7. (A-D):** Eletromicrografias das partículas de cajá atomizado. **A** – Visão geral da distribuição das partículas em forma de aglomerados apresentando tamanhos variados (asteriscos); **B** – Partículas isoladas (setas curtas); **C** e **D** – Detalhe do aglomerado formado por partículas de diferentes tamanhos que apresentam superfície rugosa (seta aberta) e superfície lisa (seta fechada). 96

LISTA DE TABELAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tabela 1. Composição química da polpa de Cajá.	20
Tabela 2. Principais agentes carreadores em alimentos.	29
Tabela 3. Características dos amidos e seus hidrolisados, de acordo com sua quantidade de dextrose equivalente (DE).	30

ARTIGO 1

Tabela 1. Variáveis independentes codificadas.	47
Tabela 2. Planejamento experimental codificado e decodificado da secagem por atomização.	48
Tabela 3. Caracterização físico-química da polpa de cajá.	54
Tabela 4. Composição centesimal da polpa de cajá.	55
Tabela 5. Valores das respostas obtidas na polpa de cajá atomizada.	56
Tabela 6. Coeficiente de regressão, erro, coeficiente <i>t</i> e grau de significância estatística (<i>p</i>), para cada fator no modelo codificado para umidade da polpa de cajá atomizada.	58
Tabela 7. Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para umidade.	59
Tabela 8. Coeficiente de regressão, erro, coeficiente <i>t</i> e grau de significância estatística (<i>p</i>), para cada fator no modelo codificado para higroscopicidade.	62
Tabela 9. Coeficiente de regressão, erro, coeficiente <i>t</i> e grau de significância estatística (<i>p</i>), para cada fator no modelo codificado para rendimento.	64
Tabela 10. Coeficiente de regressão, erro, coeficiente <i>t</i> e grau de significância estatística (<i>p</i>), para cada fator no modelo codificado para retenção de carotenóides totais.	66
Tabela 11. Valores experimentais e preditos para as análises realizadas nos pós produzidos nas condições selecionadas pelo planejamento experimental.	68

ARTIGO 2

Tabela 1 Resultados das análises microbiológicas na polpa em pó de cajá atomizado.	88
Tabela 2. Médias das notas seguidas do desvio padrão para os atributos avaliados pelo teste afetivo de aceitação dos néctares de cajá.	89
Tabela 3. Índice de aceitação e rejeição dos atributos dos néctares de cajá.	90
Tabela 4. Índice de aceitação e rejeição global para néctares de cajá.	90
Tabela 5. Teste de preferência (comparação múltipla) para os néctares feitos com cajá atomizado e cajá <i>in natura</i> .	93
Tabela 6. Densidade aparente, densidade da partícula, porosidade e solubilidade do pó de cajá atomizado pela condição B.	94

SUMÁRIO

1. Introdução	16
2. Objetivo geral/específico	18
3. Revisão bibliográfica	19
3.1 Cajá	19
3.1.1 Atividade antioxidante	20
3.2 Secagem por atomização	24
3.2.1 Secagem de sucos de frutas	25
3.3. Microencapsulação	26
3.3.1. Agentes carreadores	28
3.3.1.1. Maltodextrina	29
3.4. Análise sensorial	31
3.5. Caracterização de alimento em pó	33
3.5 .1 Microestrutura	33
4. Referências bibliográficas	35
5. Artigo 1 – Influência das variáveis de processo na secagem por atomização da polpa de cajá.	41
Resumo	41
Abstract	42
5.1 Introdução	43
5.2 Material e métodos	45
5.2.1. Material	45
5.2.1.1 Matéria-prima	45
5.2.1.2. Agente carreador	45
5.2.2 Local de estudo	45
5.2.3 Método	46
5.2.3.1 Preparo das amostras	46
5.2.3.2 Secagem por atomização	46
5.2.3.3 Planejamento experimental	46
5.2.4 Análises físico-químicas da polpa	48
5.2.4.1 Atividade de água	49
5.2.4.2 Teor de Umidade	49

5.2.4.3 Teor de sólidos solúveis	49
.2.4.4 Cor	49
5.2.4.5 pH	49
5.2.4.6 Teor de acidez titulável	49
5.2.4.7 Teor de proteína	50
5.2.4.8 Teor de lipídios	50
5.2.4.9 Teor de carboidratos	50
5.2.4.10 Teor de cinzas	50
5.2.4.11 Carotenoides totais	51
5.2.5 Análises físico-químicas da polpa de cajá em pó	51
5.2.5.1 Atividade de água	51
5.2.5.2 Teor de umidade	51
5.2.5.3 Higroscopicidade	51
5.2.5.4 Carotenoides totais	52
5.2.5.5 Análise estatística	52
5.3 Resultado e discussão	52
5.3.1 Caracterização da matéria-prima	52
5.3.2 Planejamento experimental	56
5.3.3 Atividade de água	57
5.3.4 Teor de umidade	58
5.3.5 Higroscopicidade	62
5.3.6 Rendimento	64
5.3.7 Retenção de carotenoides totais	66
5.4 Seleção das melhores condições de secagem	66
5.5 Validação dos métodos obtidos	68
5.6 Conclusão	69
5.7 Referências	70

6. Artigo 2 – Avaliação sensorial e parâmetros físico-químicos de polpa em pó de cajá atomizado	75
Resumo	75
Abstract	76
6.1 Introdução	77
6.2 Material e métodos	79
6.2.1. Material	79
6.2.1.1. Matéria-prima	79
6.2.1.2. Agente carreador	79
6.2.2. Métodos	79
6.2.2.1. Obtenção do cajá atomizado	79
6.2.3. Aprovação do Comitê de Ética	81
6.2.4. Análises microbiológicas	81
6.2.5. Avaliação Sensorial do néctar de cajá	82
6.2.5.1 Preparo do néctar de cajá reconstituído	82
6.2.5.2. Análise sensorial	82
6.2.5.2.1. Teste de aceitação e intenção de compra	82
6.2.5.2.2. Teste de Preferência	84
6.2.6. Análises físico-químicas	84
6.2.6.1. Densidade aparente	84
6.2.6.2. Análise de solubilidade	85
6.2.6.3. Morfologia das partículas	85
6.2.6.4 Compostos fenólicos	85
6.2.6.4.1. Obtenção dos extratos	85
6.2.6.4. 2. Fenólicos totais	86
6.2.6.7. Análise da Atividade Antioxidante	87
6.2.6.7.1. Capacidade de sequestrar o radical DPPH	87
6.2.6.7.2. Capacidade de sequestro do radical ABTS	87
6.2.6.8. Análise estatística	88
6.3. Resultados e discussão	88
6.3.1 Análises microbiológicas	88
6.3.2 Análise sensorial	89

6.3.2.1. Teste de aceitação e intenção de compra dos néctares de cajá	89
6.3.2.2. Teste de preferência do néctar de Cajá	92
6.3.3. Análises Físico-químicas	94
6.3.3.1 Morfologia das partículas	96
6.3.3.2 Atividade antioxidante	97
6.4 Conclusão	100
6.5. Referências bibliográficas	101
7. Considerações finais	106
Anexos	107

1. INTRODUÇÃO

A produção de frutas tropicais vem crescendo em ritmo acelerado em todo mundo e a cada dia novos mercados são conquistados. As frutas são consideradas, como complementos dos alimentos básicos, provendo energia, minerais, vitaminas, fibras e compostos antioxidantes, e seu consumo tem aumentado nas últimas décadas. Aliado a este fato, o escasso tempo da população para o preparo dos alimentos, a praticidade de consumo oferecida pelas frutas e a preocupação com a saúde que impõe a busca por alimentos mais saudáveis, vem estimulando o mercado destas e de seus derivados.

O Brasil tem uma infinidade de frutas tropicais com distintos sabores exóticos. No Nordeste do Brasil, existem muitas áreas onde o clima e o solo são especialmente favoráveis para a produção dessas frutas. A produção e processamento de frutas representam importantes atividades econômicas não só devido à comercialização regional relevante, mas também ao crescimento dos mercados nacionais e internacionais (TIBURSKI et al., 2011).

A carência de tecnologias de produção de fruteiras tropicais é o maior obstáculo à exploração comercial. Visando aumentar a vida útil das frutas, sem alterar suas características nutritivas e sensoriais, novas tecnologias de processamento de produtos têm sido estudadas e colocadas no setor agroindustrial, com isso ocorre à diminuição do desperdício e o aumento do consumo das frutas.

Uma das fruteiras com grande potencial econômico é a cajazeira (*Spondias mombin* L.). Planta da família das Anacardiáceas, que possui 79 gêneros, a cajazeira é uma frutífera perene, dispersa nas regiões tropicais da América, da África e da Ásia. No Brasil, a cajazeira é encontrada principalmente nas regiões Norte e Nordeste, onde seus frutos são conhecidos como taperebá, cajámirim, cajá e cajá verdadeiro (SACRAMENTO; SOUZA, 2000).

O fruto da cajazeira tem uma elevada aceitação pelo sabor e aroma exóticos. Com o crescimento de seu consumo, faz-se necessário um conhecimento maior do seu valor nutritivo, já que atualmente tem aumentado a preocupação da população com os hábitos alimentares saudáveis. A grande parte da produção desta fruta é comercializada como polpa congelada, demandando grande espaço para armazenamento, transporte e elevado consumo de energia, o que aumenta o custo e diminui o interesse dos produtores.

Como alternativa viável para o processamento de frutas estão as técnicas para produção de frutas em pó como: a liofilização, a desidratação em camada de espuma, o leite fluidizado de jorro e a atomização .

O processo normalmente utilizado na produção de fruta em pó é a secagem por atomização (*spray drying*), que é uma operação unitária onde um produto líquido é atomizado numa corrente de gás quente para obter um pó instantaneamente. Este tipo de secagem é usado para garantir a estabilidade microbiológica dos produtos, evitar o risco de produtos químicos e degradações biológicas, reduzir os custos de armazenagem e transporte, pois os produtos em pó apresentam baixa atividade de água, aumentando assim, sua vida útil (GHARSALLAOUI et al., 2007).

A produção de cajá em pó por atomização representa uma alternativa viável no sentido de melhorar a conservação e, conseqüentemente, o aproveitamento deste fruto, agregar valor ao produto e contribuir para a agricultura familiar. Neste contexto, a presente pesquisa teve como objetivo, através da secagem por atomização, otimizar o processo de obtenção de polpa de cajá em pó, tendo em vista a manutenção de suas propriedades antioxidantes, e estudar suas características físico-químicas e microbiológicas, bem como sua aceitação sensorial em produtos reidratados.

2. OBJETIVOS

✧ Geral

Estabelecer o procedimento para a produção de polpa de cajá em pó através do processo de secagem por atomização (*spray drying*).

✧ Específicos

- Analisar a influência da temperatura do ar de secagem, da vazão mássica de alimentação da mistura e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físicas e químicas da polpa de cajá em pó;
- Eleger as melhores condições de secagem para obtenção de polpa de cajá em pó , objetivando maior rentabilidade e teor de carotenóides;
- Avaliar a aceitação e intenção de compra através da análise sensorial do néctar de cajá feito com o pó atomizado;
- Delinear as características físico-químicas da polpa de cajá em pó com características sensoriais que contribuíram para sua maior aceitação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. CAJÁ

O gênero *Spondias* compreende várias espécies frutíferas cujos representantes mais significativos têm como centro de diversidade o bioma Caatinga e as florestas úmidas do Brasil. Dentre as principais espécies encontradas no Brasil, destacam-se pela sua importância econômica, social e ecológica, o umbuzeiro (*S. tuberosa* Arr. Câm); a cajazeira ou taperebazeiro, como é conhecida na região Norte (*S. monbin* L.; *S. lutea* L.); a cajarana ou cajá-mangeuria (*S. dulcis* Fors.– sin.; *S. cuthearea* Soon.); o umbucajazeira ou cajá-umbuzeiro (*Spondias* L.); e a umbugueleira (*Spondias* spp) (LEDERMAN et al. 2008).

Algumas *Spondias* são cultivadas em fundos de quintais ou em pequenos pomares. Essas espécies são exploradas extrativamente em pomares domésticos, e não fazem parte das estatísticas oficiais, mas, mesmo assim, têm grande importância socioeconômica para as regiões Norte e Nordeste do Brasil (LEDERMAN et al., 2008; SOUZA et al., 2006).

A cajazeira é uma árvore frutífera perene, dispersa nas regiões tropicais da América, da África e da Ásia. Tem porte alto, tronco revestido por casca grossa e rugosa que esgalha e ramifica na parte terminal. A copa é ampla, vistosa e imponente quando em fase de floração e frutificação. Seus frutos, são utilizados na confecção de diversos produtos alimentícios de excelente qualidade e de valores nutritivo e comercial (SACRAMENTO; SOUZA, 2000; SOUZA; BLEICHER, 2002).

Os frutos da cajazeira são caracterizados como drupas de 3 a 6 cm de comprimento, ovóides ou oblongos, achatados na base, com cor variando do amarelo ao alaranjado. A casca é fina, lisa, com polpa pouco espessa também variando do amarelo ao alaranjado, suculenta e de sabor ácido – adocicado (VIEIRA NETO, 2002; BOSCO et al., 2000).

O cajá é consumido na forma *in natura* ou processado, como polpa, suco, geleia, néctar e sorvete, de excelente qualidade e alto valor comercial, o que torna viável a sua exploração. Em face à falta de pomares comerciais, as agroindústrias ficam totalmente dependentes da produção obtida do extrativismo, que é sazonal e insuficiente para a operacionalização das fábricas (SOUZA et al., 2006).

As frutas desempenham um importante papel na saúde humana, contribuindo para o fornecimento de calorias, sais minerais, vitaminas, fibras e água. As características

físico-químicas das frutas de uma determinada espécie variam conforme o fator genético, a localidade, a época de colheita, o estágio de maturação e tratamentos culturais (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O conhecimento do valor nutritivo destes frutos tem também uma grande importância e contribuição para o reforço de consumo, considerando a grande preocupação dos consumidores sobre os hábitos alimentares saudáveis (TIBURSKI et al., 2011). A Tabela 1 apresenta a composição média de 100g da polpa de cajá.

Tabela 1. Composição química da polpa de Cajá.

Constituintes	Quantidade em 100g de polpa
Energia (kcal)	46,0
Proteínas (g)	1,3
Carboidratos (g)	11,4
Lipídios (g)	0,1
Fibra alimentar (g)	2,6
Cálcio (mg)	13,0
Ferro (mg)	0,2
Potássio (mg)	119,0
Vitamina C (mg)	26,7

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

O cajá é um fruto que possui vitaminas (B1, B2, niacina, C e pró-vitamina A), minerais (cálcio, potássio, ferro e fósforo) e ainda tem uma elevada concentração de carotenóides e taninos (HAMANO; MERCADANTE, 2001).

3.1.1 Atividade antioxidante

Os frutos são considerados como boas fontes de antioxidantes, os quais podem ser mais eficientes e menos onerosos que os suplementos sintéticos para proteger o corpo humano contra danos oxidativos sob diferentes condições (LEONG; SHUI, 2002).

De acordo com Kaur e Kapoor (2001), os antioxidantes são importantes na prevenção de doenças, tanto para plantas quanto para animais, inibindo ou retardando a oxidação das biomoléculas por meio da prevenção da iniciação ou da propagação da cadeia de reações de oxidação. Agentes redutores, cuja função é transferir átomos de

hidrogênio, são considerados antioxidantes. Alguns antioxidantes também são capazes de quelar íons metálicos como cobre e ferro, os quais catalisam a oxidação lipídica. Eles também funcionam como indutores de sinais celulares, levando a alterações na expressão de genes, que resultam na ativação de enzimas que eliminam espécies reativas de oxigênio (ROS) e/ou toxinas (FINLEY et al., 2011; NZARAMBA et al., 2009). Uma vez que o equilíbrio entre a produção de espécies reativas de oxigênio e os sistemas de defesa é interrompido, o estresse oxidativo em conjunto, promove muitas doenças tais como câncer, aterosclerose e outras doenças cardiovasculares, diabetes e envelhecimento acelerado (Valko et al., 2007).

Comumente utilizados para a preservação de alimentos, os antioxidantes sintéticos como o BHA (butil-hidroxianisol), BHT (butil-hidroxi-tolueno) e TBHQ (tercibutil-hidroquinona) (Figura 1), são aplicados em óleos e alimentos gordurosos para prevenir a deterioração oxidativa. No entanto, propriedades carcinogênicas têm sido apontadas para os antioxidantes sintéticos (CHEUNG et al., 2003).

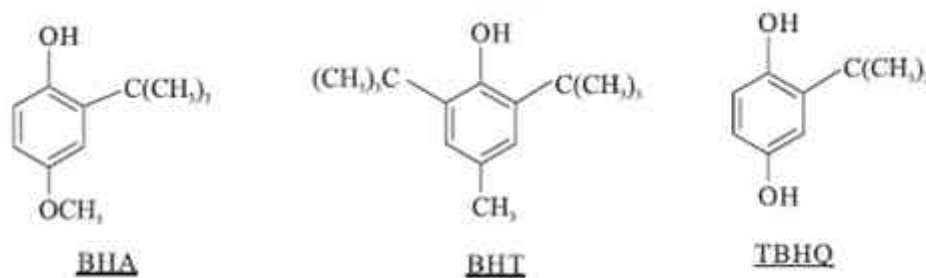


Figura 1. Estrutura de alguns antioxidantes sintéticos.

Fonte: RAMALHO; JORGE (2006).

A busca por substitutos naturais para os antioxidantes sintéticos tem elevado o número de pesquisas envolvendo os alimentos de origem vegetal, que são potenciais fontes destas substâncias. Frutas e hortaliças contêm diversos compostos com propriedades antioxidantes. Entre estes estão o ácido ascórbico, α -tocoferol, carotenóides e uma ampla variedade de compostos fenólicos (MARTINEZ-VALVERDE et al., 2002).

A vitamina C, também conhecida como ácido ascórbico (AA), é uma das mais importantes vitaminas solúveis em água, naturalmente presentes nos alimentos, especialmente em frutas e vegetais, e sendo amplamente usado como um aditivo alimentar e com função antioxidante (PÉNICAUD et al., 2010). Por ser altamente biodisponível é, portanto, o mais importante antioxidante hidrossolúvel em fluidos

biológicos, eficiente sequestrador de espécies de oxigênio reativo, protegendo outros substratos de danos oxidativos e regenerando, por redução, outros antioxidantes, como α -tocoferol, glutathiona e β -caroteno (DOBLADO; FRIAS e VIDAL-VALVERDE, 2007).

Os carotenóides são pigmentos naturais, amplamente distribuídos na natureza. Nas hortaliças, estão localizados nos cloroplastos e sua coloração é mascarada pela presença da clorofila. Entretanto, eles também existem nos cromoplastos nos tecidos não fotossintéticos, onde são responsáveis pelas cores amarela, alaranjada e vermelha de muitos frutos e flores. Dos mais de 600 carotenoides existentes na natureza, aproximadamente 20 estão presentes em tecidos e no plasma humano, dos quais apenas seis em quantidades significativas: α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, luteína e zeaxantina (TOLEDO; BURLINGAME, 2006).

Esses compostos são solúveis em gordura associados com as frações lipídicas. Do ponto de vista químico, os carotenoides são compostos tetraprenóis e podem ser divididos em dois grupos principais: carotenos ou carotenóides hidrocarbonetos, apenas compostos de carbono e átomos de hidrogênio e xantofilas que são derivados de hidrocarbonetos oxigenados que contém pelo menos um átomo de oxigênio com função, tal como hidroxil, ceto, epóxi, metoxil ou grupos de ácidos carboxílicos. A sua característica estrutural é um sistema de ligação dupla conjugada, que influencia a sua química, bioquímica e as propriedades físicas (NIIZU; RODRIGUEZ-AMAYA, 2005).

A ação protetora dos carotenóides está relacionada à sua propriedade antioxidante, especificamente, a capacidade de sequestrar o oxigênio singlete e interagir com radicais livres (UENOJO et al., 2007).

Os carotenóides podem, também, capturar radicais peróxil mediante transferência de elétrons ou sequestro de átomos de hidrogênio, mecanismos que levam a formação de uma grande variedade de radicais carotenóides. A reação do carotenoide com o radical pode dar origem a diferentes produtos, dependendo da posição que o carotenoide ocupa na membrana lipídica, se orientado para a fase aquosa ou para a orgânica (EL-AGAMEY et al., 2004). Os compostos fenólicos ou polifenóis, quimicamente, podem ser definidos como substâncias que possuem um anel aromático contendo um ou mais grupos hidroxílicos. Possuem estrutura variável, constituindo um amplo grupo de substâncias, com mais de 8000 estruturas fenólicas conhecidas, que se encontram largamente distribuídas no reino vegetal (ANGELO; JORGE, 2007)

A atividade antioxidante dos compostos fenólicos é interessante desde o ponto de vista tecnológico, até nutricional. Assim, compostos fenólicos intervêm como antioxidantes naturais do alimento, e a obtenção ou preparação de alimentos com um alto conteúdo destes compostos supõem uma redução na utilização de aditivos antioxidantes, resultando em alimentos mais saudáveis, que podem ser inclusos dentro da classe dos alimentos funcionais (MARTINEZ-VALVERDE; PERIAGO e ROS, 2000).

Dentre os métodos mais utilizados para a determinação do potencial antioxidante em frutas e hortaliças está o sequestro de radical livre, que comumente utiliza – se os radicais 1,1-difenil-2-picrilhidrazina (DPPH) e 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico) (ABTS^{•+}) (ALI et al., 2008; LEONG e SHUI, 2002; NENADIS et al., 2004; WU et al., 2005).

O método ABTS^{•+} mede a atividade antioxidante através da captura do radical 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolína-6-ácido sulfônico) – ABTS^{•+}, podendo ser gerado através de uma reação química, eletroquímica ou enzimática. Com esta metodologia, pode-se determinar a atividade antioxidante em compostos de natureza lipofílica e hidrofílica (KUSKOSKI et al., 2005).

O ensaio DPPH[•], rotineiramente praticado para a avaliação do potencial de eliminação de radicais livres de uma molécula de antioxidante, é considerado como um dos métodos padrão colorimétrico para a avaliação das propriedades antioxidantes. Embora este radical tenha semelhanças com peroxilas limitados, este ensaio é normalmente usado para medir o teor de antioxidante de vegetais grãos e frutas em diferentes sistemas de solventes, incluindo acetona, etanol, água, metanol, álcool e benzeno (CHENG; MOORE e YU, 2006).

A reação do radical ABTS^{•+} com o antioxidante se completa dentro de poucos minutos sendo uma reação rápida. Os radicais livres avaliados pelo método ABTS^{•+} têm sido expressos em atividade antioxidante equivalente ao Trolox ($\mu\text{Mol TEAC.g}^{-1}$ de amostra) (POKORNY; YANISHLIEVA e GORDON, 2001).

3.2. SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO (*SPRAY DRYING*)

A atomização é um dos métodos mais utilizados na transformação de uma grande variedade de produtos alimentares líquidos em forma de pó, devido à fácil disponibilidade de equipamentos, custos de processamento comercialmente viáveis e boa qualidade do produto final e estabilidade (FAVARO-TRINDADE et al., 2010).

O processo de secagem por atomização vem sendo usado há décadas em diversas técnicas industriais para a obtenção de materiais desidratados na forma de pós-finos. A baixa temperatura do produto e o curto tempo de secagem permitem que este processo seja aplicado em produtos muito sensíveis ao calor, como o caso de produtos lácteos e sucos de frutas (KIM; CHEN; PEARCE, 2009).

A desidratação por meio de secadores por atomização tem sido amplamente aplicada em virtude da sua capacidade para produzir partículas secas de boa qualidade (FANG; BHANDARI, 2011).

Este método cria uma fina pulverização do produto líquido num ambiente de ar quente (torre ou câmara). O líquido é bombeado para dentro de um bico fino (de preferência, utilizando uma bomba de deslocamento positivo para assegurar um fluxo uniforme de produto), onde pequenas gotas formadas perdem rapidamente a umidade devido ao maior contato com o ar quente, tornando-se pequenas partículas que precipitam para o fundo da câmara. O ar quente torna-se úmido é retirado da câmara através de um exaustor (SMITH; HUI, 2004; POPPLEWELL et al., 1995) (Figura 2).

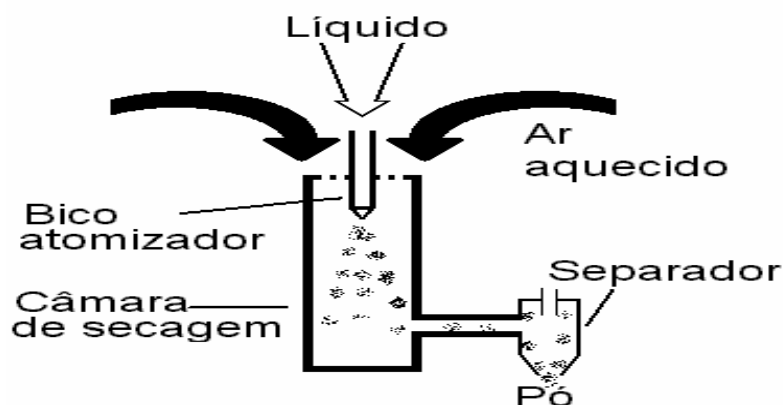


Figura 2. Diagrama esquemático de spray dryer

Fonte: Labmaq (2003)

Segundo Smith e Hui (2004), o produto deve ser seco a uma curta distância da saída do atomizador, porque o produto molhado em contato com as superfícies internas do secador é um problema para limpeza e rendimento. Assim, as taxas de fluxo de ar, do

produto e a temperatura do ar de secagem devem ser escolhidas cuidadosamente para garantir a boa qualidade do produto final. O rendimento do processo de secagem por atomização é afetado pela quantidade de deposição de material nas paredes do secador. Como definido geralmente, o rendimento é a percentagem de produto teórico que são efetivamente recolhidos. Quando ocorre a deposição de parede, partículas secas por atomização se aderem às paredes do secador e, portanto, diminui a quantidade de produto recolhido (WANG; LANGRISH, 2009).

A secagem por atomização é uma técnica amplamente utilizada na indústria alimentar para a produção de alimentos em pó, devido à sua eficácia na condição ótima (CANO-CHUCA et al., 2005; JITTANIT et al., 2010).

Porém, as tentativas de secagem por atomização para produtos alimentares ricos em açúcar têm encontrado problemas, como a disposição do pó na parede dos secadores. O pó que está preso na parede secador permanece lá por todo o ciclo de secagem. Como consequência, ele fica torrado ou cozido demais e são submetidos à aglutinação durante o armazenamento, embalagem e transporte. Isso diminui a qualidade do produto (ADHIKARI et al., 2003).

Devido à sua versatilidade e ao pequeno tempo de permanência dos produtos na câmara de secagem, o *spray dryer* tornou-se o principal equipamento para a secagem de materiais que apresentam sensibilidade ao calor, como alimentos e produtos biológicos resultando em produtos com boa qualidade, baixa atividade de água o que facilita o transporte e armazenamento, havendo assim maior crescimento node pós de frutas por atomização (CANO-CHAUCA et al., 2005, QUEK et al., 2007).

3.2.1 Secagem de sucos de fruta por atomização

Sucos de frutas em pó têm muitos benefícios e potencialidades econômicas sobre os seus homólogos de líquidos, tais como redução do volume ou peso, embalagem reduzida, fácil manuseio e transporte, e vida útil longa. Além disso, seu estado físico fornece um ingrediente estável, natural e facilmente de ser dosado, que geralmente encontra uso em muitos alimentos e produtos farmacêuticos, tais como aromatizantes e corantes (SHRESTHA et al., 2007). No entanto, a secagem de sucos de frutas e outros produtos com elevado teor de açúcar apresentam dificuldades técnicas como a alta

pegajosidade e higroscopicidade, que tornam a sua embalagem e utilização substancialmente mais difíceis (ADHIKARI et al., 2003; ADHIKARI et al., 2004; BHANDARI; HOWES, 2005; CANOCHAUCA et al., 2005).

De acordo com Bhandari; Hartel (2005), o comportamento pegajoso é atribuído a uma elevada concentração de açúcares e ácidos orgânicos de baixo peso molecular, que têm baixa temperatura de transição vítrea (Tg), sendo termoplástico nas temperaturas da câmara de secagem. A aglomeração indesejável de partículas e sua deposição nas superfícies da câmara de secagem é um problema comum em operações de secagem. Em alimentos contendo açúcares, a propriedade de aderência do pó é fortemente dependente da temperatura das partículas e do teor de umidade. Em determinadas condições, a partícula se comporta de uma forma coesa e adesiva, enquanto que em condições de temperatura e umidade menores, as partículas apresentam livre fluidez. Por esse motivo, agentes de transporte são adicionados no processamento de sucos de frutas, os agentes comumente usados são maltodextrinas e goma arábica (CANO-CHAUCA et al., 2005).

3.3. MICROENCAPSULAÇÃO

A técnica de microencapsulação de secagem por atomização é uma forma eficaz para proteger os componentes da droga ou de alimentos contra a deterioração e perda de voláteis e outros compostos. O mecanismo de proteção consiste na formação de uma parede de membrana que envolve gotículas ou partículas do material encapsulado. As propriedades do tamanho de estruturas de parede e forma são considerações importantes. No entanto, na indústria alimentar, a secagem por pulverização é o método mais popular de formar micropartículas porque é fácil de industrializar e permite uma produção contínua (SU et al., 2008).

Graças aos ingredientes microencapsulados, muitos produtos que foram considerados tecnicamente inviáveis para o processamento pela sua sensibilidade de degradação são agora possíveis. Tais ingredientes são totalmente envolvidos por um material de revestimento, conferindo ou eliminando assim as propriedades úteis a partir do ingrediente original, (GHARSALLAOUI et al., 2007).

Ainda segundo Gharsallaoui (2007), a microencapsulação é definida como um processo em que pequenas partículas ou gotículas são cercadas por um revestimento, ou

incorporado em uma matriz homogênea ou heterogênea, para se obter pequenas cápsulas com muitas propriedades. A microencapsulação pode proporcionar uma barreira física entre o núcleo do composto e os outros componentes do produto. Mas, particularmente no campo alimentar, a microencapsulação é uma técnica através da qual as gotículas de líquido, as partículas sólidas ou compostos de gás estão aprisionados em filmes finos de um agente de qualidade alimentar de microencapsulação. Na sua forma mais simples, uma microcápsula é uma pequena esfera, com uma parede uniforme em torno dela. O material dentro da microcápsula é referido como núcleo ou fase interna, enquanto que a parede é por vezes chamada de revestimento, material de parede ou membrana. Na prática, o núcleo pode ser um material cristalino, uma emulsão, uma suspensão de sólidos, ou uma suspensão de microcápsulas pequenas.

As maiores das microcápsulas são pequenas esferas com diâmetros compreendidos entre alguns micrometros e alguns milímetros. No entanto, muitas destas microcápsulas têm pouca semelhança com esferas simples. Na verdade, tanto o tamanho e forma de micropartículas dependem dos materiais e dos métodos utilizados para sua preparação (DESAI e PARK, 2005).

Segundo Gharsallaoui et al.(2007), propriedades físico-químicas do núcleo, a composição da parede e a técnica de microencapsulação usada permitem obter diferentes tipos de partículas, como: uma simples esfera rodeada por um revestimento de espessura uniforme; uma partícula contendo um núcleo de forma irregular; várias partículas de núcleo incorporadas em uma matriz contínua de material de parede, vários núcleos distintos dentro da mesma cápsula e microcápsula de multicamadas (Figura 3).

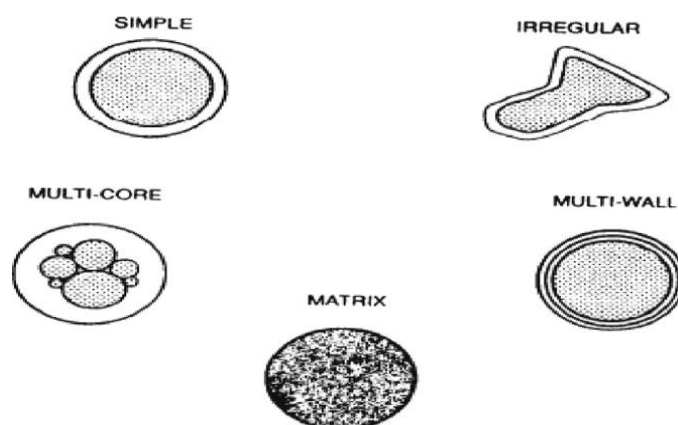


Figura 3. Morfologia de diferentes tipos de microcápsulas
Fonte :GIBBS et al. (1999)

No entanto, a utilização de diferentes agentes de encapsulação na produção de microcápsulas pode resultar em diferentes propriedades físicas, dependendo da estrutura e das características de cada agente e pode também modificar as propriedades funcional das microcápsulas (CHEN et al., 2005).

O agente de encapsulação não deve reagir com o núcleo da cápsula. Os materiais mais comuns usados para a microencapsulação por secagem por pulverização são gomas de baixo peso molecular, como goma arábica e os hidratos de carbono, tais como maltodextrinas e sacarose, celulose, gelatina, entre outros (HOGAN et al., 2001, KEOGH et al., 2001, GHARSALLAOUI et al., 2007).

3.3.1 Agentes carreadores

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. 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, 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 (DESAI; PARK, 2005; GHARSALLAOUI et al., 2007).

A Tabela 2 mostra os principais agentes carreadores empregados em alimentos.

Tabela 2. Principais agentes carreadores em alimentos

Classe	Agentes carreadores
Carboidratos	Amido, maltodextrinas, xarope de milho, dextrana, sacarose , ciclodextrina, celulose e seus derivados e Gomas e seus derivados.
Lipídeos	Cera, parafina, triestearina, ácido esteárico, mono e diglicerídeos, óleos e gorduras.
Proteínas	Glúten, caseína, gelatina, albumina, hemoglobina e peptídeos.

Fonte: JAFARI et al. (2008).

Cada agente tem vantagens e desvantagens em termos de propriedades, custo e eficiência de encapsulação. Atualmente, maltodextrinas, derivados solúveis de amido modificado, são utilizados isoladamente ou em combinação com outros materiais em alimentos, medicamentos, processamento de extratos de plantas, aditivos aromáticos, carotenóides e vitaminas (SADEGHI et al., 2008; PIERUCCI et al., 2007; BAE e LEE, 2008).

3.3.1.1 Maltodextrinas

Os carboidratos são os materiais mais utilizados como agentes para encapsulação, graças à sua capacidade de se ligar aos compostos aromáticos, além de sua diversidade e baixo custo (AZEREDO, 2005).

Os produtos à base de amido parcialmente hidrolisados têm sido bastante utilizados como agente carreador de secagem na obtenção de produtos em pó. Esses polímeros de sacarídeos de D-glicose possuem sabor neutro, ausência de odor e são facilmente digeríveis e bem tolerados. Eles são usualmente classificados de acordo com seu grau de hidrólise, expressado como dextrose equivalente (DE) (ADHIKARI et al., 2003) (Tabela 3).

As maltodextrinas são produtos parcialmente hidrolisados do amido, formado de cadeias de D-glicose conectadas por ligações α -(1,4) com uma fórmula geral igual a $[(C_6H_{10}O_5)_n H_2O]$. A maltodextrina possui diferentes valores de DE, o que a leva a ter diferentes propriedades físico-químicas, incluindo solubilidade, temperatura de congelamento e viscosidade (KLINKESORN et al., 2004).

Com os valores de DE é possível classificar e caracterizar os hidrolisados. Aumentando a DE das maltodextrinas ocorre o aumento na sua higroscopicidade, solubilidade em água, fluidez, doçura e digestibilidade. Mas, a diminuição da DE e o aumento do tamanho molecular, resultam em maltodextrinas com características de amido, devido ao seu aumento de viscosidade e capacidade de formar filme (CHRONAKIS, 1998). (Tabela 3).

Tabela 3. Características dos amidos e seus hidrolisados, de acordo com sua quantidade de dextrose equivalente (DE).

Propriedade	Dextrose equivalente (DE)							
	5	10	15	20	25	36	42	
Escurecimento não enzimático	→							
Higroscopicidade	→							
Doçura	→							
Viscosidade	←							
Solubilidade	→							

Fonte: MURRAY; LUFT (1973).

A maltodextrina apresenta-se como pó branco ou solução concentrada pela hidrólise parcial do amido de milho com ácidos e/ou enzimas. Possui baixa propriedade emulsificante (hidrofílica e lipofílica), por isso é usada combinada com amidos modificados para estabilizar emulsões. Este produto oferece vantagens, tais como baixa viscosidade, em concentrações elevadas de sólidos e uma boa proteção contra a oxidação, além de serem compostos pouco higroscópicos e, por essa razão, têm aplicação em produtos onde ganhos significantes de umidade são indesejáveis (BULE et al., 2010).

Maltodextrinas têm funções diversas, incluindo propriedades de formação de película, capacidade de ligação do sabor e redução da permeabilidade da parede da matriz. No entanto, a sua alta temperatura de transição vítrea, leva a formação de cristais e, sob o aumento da temperatura, podem induzir a ruptura da integridade estrutural da parede da matriz, produzindo incrustações, aglomeração de micropartículas. Como resultado, a liberação de ingredientes ativos encapsulados de

degradação/oxidação do processo, pode ocorrer durante o período de armazenamento (BAE; LEE, 2008; DRUSCH et al., 2006).

3.4. ANÁLISE SENSORIAL

Com a fabricação de novos produtos alimentícios, torna-se cada vez mais relevante o uso da avaliação sensorial, pois estes alimentos devem atender as exigências e as expectativas dos consumidores, trazendo ao mercado produtos que apresentem simultaneamente características sensoriais desejáveis e apelo à saúde (CRUZ et al., 2009).

Segundo a Divisão de Avaliação Sensorial do Institute of Food Technologists Instituto de Tecnólogos de Alimentos (IFT- Institute of Food Technologists), a avaliação sensorial é uma disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações características de alimentos e materiais percebidas pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição (STONE e SDIEL, 2004). Esta definição foi aceita e aprovada pelos comitês de avaliação sensorial de várias organizações profissionais, como o Instituto de Tecnólogos de Alimentos e a Sociedade Americana de Testes Materiais (American Society for Testing and Materials). Os princípios e práticas da avaliação sensorial envolvem cada uma das quatro atividades mencionadas nesta definição (LAWLESS e HEYMAM, 2010).

Com o passar dos anos, a análise sensorial deixou de ser uma atividade secundária e empírica e agora é reconhecido como um campo científico em seu próprio direito. A partir dela, pode-se gerar informações precisas e reprodutíveis e estabelecer relações legais e específicas entre as características do produto e a percepção humana. Estas informações são importantes para seleção da matéria-prima, padronização de métodos, otimização de formulações e desenvolvimento de novos produtos alimentícios (CRUZ et al., 2009; KEMP; HOLLOWOOD e HORT, 2009; LAWLESS e HEYMAM, 2010).

Testes sensoriais tem foco no produto, diferenças de formulação e suas magnitudes, preferências de produtos e as relações entre as variáveis de teste. Sendo capaz de ligar essas variáveis com as atitudes dos consumidores, a intenção de compra, benefícios, utilizações, entre outros (STONE e SIDEL, 2004).

Segundo Kemp; Hollowood e Hort (2009) existem dois tipos de testes sensoriais: objetivos e subjetivos. Os testes objetivos fornecem dados objetivos sobre as

propriedades sensoriais dos produtos e são realizados por avaliadores treinados. Estes são divididos em duas classes os testes de discriminação, que determinam se existem diferenças sensoriais entre as amostras, e os testes descritivos, que identificam a natureza de uma diferença sensorial e/ou a magnitude da diferença. Os testes subjetivos são conhecidos como testes afetivos, e fornecem dados subjetivos sobre a aceitabilidade, gosto ou preferência, sendo realizadas por provadores não treinados.

A abordagem afetiva é influenciada pela mente e por um conjunto de sentimentos subjetivos do indivíduo. Os testes afetivos podem ser de preferência e aceitação, e os métodos mais empregados para medi-los são os testes de comparação pareada e escala hedônica, respectivamente, onde os julgadores não precisam ser treinados, bastando serem consumidores do produto em avaliação (CHAE; LEE e LEE, 2010; KEMP; HOLLOWOOD e HORT, 2009).

Os conceitos de preferência e aceitação algumas vezes se confundem. O termo “preferência” é construído como uma dimensão comportamental. Representa a escolha de uma amostra em detrimento de outra. Pode representar também uma afetividade psicológica contínua. Já o termo “aceitação” ou “aceitabilidade” é reservado para escalas afetivas de alimentos que estão sendo testados ou consumidos. Os testes de preferência podem avaliar somente a preferência de certa amostra em relação à outra (teste de comparação pareada), ou se há ordem no grau de preferência entre três ou mais amostras (teste de ordenação preferência). Testes de aceitação refletem o grau em que consumidores gostam ou desgostam de determinado produto (CARDELLO et al., 2000; KEMP; HOLLOWOOD; HORT, 2009).

Para o consumidor não é importante que o produto possua ótimas características químicas, físicas ou microbiológicas, que seja considerado de excelente qualidade, se a característica sensorial desse produto não preencher as necessidades e os anseios de quem o consumirá. Assim, a qualidade do produto deve ser definida, também, quanto às percepções do consumidor, o que pode diferir bastante do conceito de qualidade na visão da indústria (IMM; LEE; LEE, 2011).

3.5. CARACTERIZAÇÃO DE ALIMENTOS EM PÓ

3.5.1 Microestrutura

Nos últimos 10 anos, uma grande quantidade de produtos alimentares têm sido desenvolvidos e comercializados na forma de pó. Para a indústria alimentar, o interesse em formas de pó está, sobretudo, relacionado com a sua estabilidade (química e microbiológica) e custos de transporte reduzidos. Pós alimentícios representam uma grande variedade de materiais que se diferenciam em sua composição química e características físicas. Fontes de pós alimentícios são tão diversas como alimentos em geral, portanto, diferenciam nas formas, estruturas, composição e comportamentos (CUQ; RONDET; ABECASSIS, 2011).

Pós alimentícios podem ter forma amorfa, cristalina, ou mista (semicristalino). Alguns exemplos de pós de alimentos na forma amorfa é o leite em pó, alguns pós de soro de leite, café instantâneo, cacau, queijo, misturas de especiarias (molho de carne, sopa, etc.). Na forma cristalina ácidos orgânicos, sais, polióis e na forma mista alguns soro em pó, pó de amido. O tamanho de partícula, distribuição, forma, e a densidade do pó são altamente variáveis e depende tanto das características da matéria-prima como das condições de processamento. Durante a secagem, moléculas no estado amorfo são emaranhadas, mais aberta e porosa e, portanto, uma molécula individual possui mais locais para as interações externas, e, como resultado, uma estrutura amorfa podem absorver água com mais facilidade. A microestrutura de um sólido amorfo pode ser constituído por regiões de alta e baixa densidade de curto alcance e tem a entropia mais elevada do que os cristais correspondentes. Pós mistos possuem regiões amorfas e regiões cristalinas. Isto pode ocorrer durante o processamento quando o movimento molecular cessa devido à redução da temperatura ou solvente insuficiente (BHANDARI; HARTEL, 2005).

É difícil avaliar de um modo geral o efeito que as variáveis de processo de secagem por atomização exercem sobre a morfologia das partículas. Isso é devido principalmente à falta de informações na literatura e à natureza específica de cada material, que torna difícil a classificação das propriedades morfológicas em relação ao processo de secagem, uma vez que a natureza físico-química da “parede” formada durante a secagem determina o comportamento da partícula. Para uma dada condição de secagem, por exemplo, as partículas podem inchar, encolher ou quebrar, dependendo das

propriedades reológicas e da porosidade (ou não-porosidade) da parede formada (WALTON, 2000).

A avaliação da microestrutura de produtos encapsulados é importante por se relacionar com a capacidade de proteção apresentada por diferentes polímeros. Indicações desta capacidade são fornecidas pelo grau de integridade e porosidade das microcápsulas, sendo que materiais com propriedades encapsulantes pobres originam microcápsulas com superfícies muito porosas, altamente rugosas e com quebras. Além disso, as propriedades de escoamento dos pós estão ligadas à estrutura e à topografia externa das partículas (GHARSALLAOUI et al., 2007).

De acordo com Walton (2000), o estudo da morfologia das partículas secas oferece um conhecimento valioso sobre os fundamentos da secagem dos alimentos, assim como dos aspectos físicos e químicos que governam a estrutura das partículas. Estes estudos permitem a comparação de taxas de secagem entre diferentes alimentos, diferentes concentrações, produtos ou formulações, permitindo a seleção e a melhora das condições de processo e auxiliando no projeto e simulação dos equipamentos.

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.

ADHIKARI, B.; HOWES, T.; BHANDARI, B. R.; TROUNG, V. Characterization of the surface stickiness of fructose-maltodextrin solutions during drying, **Drying Technology**. v. 21, p. 17-34, 2003.

ALI, S. S.; KASOJU N.; LUTHRA A.; SINGH, A.; SHARANABASAVA, H.; SAHU, A. Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. **Food Research International**, v. 41, p. 1–15, 2008.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.66, n.1, p.1-9, 2007.

AZEREDO, H.M.C.; Encapsulação: Aplicação a Tecnologia de Alimentos. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**.v.16, p.89-97, 2005.

BAE, K.E.; LEE, S.J., Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. **Journal of Microencapsulation**. v. 25 ,p. 549–560, 2008.

BHANDARI, B.R.; HOWES, T. Relating the stickiness property of foods undergoing drying and dried products to their surface energetics. **Drying Technology**. v. 23, p. 781-797, 2005.

BOSCO, J.; SOARES, K. T.; AGUIAR FILHO, S. P.; BARROS, R. V. A cultura da cajazeira. João Pessoa: **EMEPA**, 29 p., 2000.

BULE, M.V., SINGHAL, R.S., KENNEDY, J.F. Microencapsulation of ubiquinone-10 in carbohydrate matrices for improve stability. **Carbohydrate Polymers**. v. 82, p.1290–1296, 2010.

CARDELLO, A.; SCHUTZ, H.; LESHER, L. Consumer perceptions of foods processed by innovative and emerging technologies: A conjoint analytic study. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 8, p. 73– 83, 2007.

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 & Emerging Technologies**, v.6, p. 4520-428, 2005.

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.

CHEN, K. N.; CHEN, M. J.; LIU, J. R.; LIN, C. W.; CHIU, H. Y. Optimization of incorporated prebiotics as coating materials for probiotic microencapsulation. **Journal of Food Science**, v. 70, p. 260-266, 2005.

CHENG Z.; J. MOORE, L.Y.U. High-throughput relative DPPH radical assay **Journal of Agriculture Food Chemistry**, v.54, p. 7429–7436, 2006.

CHEUNG, L. M.; CHEUNG, P. C. K.; OOI, V. E. C. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. **Food Chemistry**. v.80, p. 249-255, 2003.

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

CHRONAKIS, I.S. On the molecular characteristics, composition properties, and structural – functional mechanisms of maltodextrins: a review. **Food Science**, v.38, p.599-637, 1998.

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

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.

DESAI, K.G.H.; PARK, H.J. Recent Developments in Microencapsulation of Food Ingredients. **Drying Technology**.; v. 23: p.1361–1394, 2005.

DOBLADO, R.; FRIAS, J.; VIDAL-VALVERDE, C. Changes in vitamin C content and antioxidant capacity of raw and germinated cowpea (*Vigna sinensis var. carilla*) seeds induced by high pressure treatment. **Food Chemistry**, v. 101, p.918–923, 2007.

DRUSCH, S.; SERFERT, Y.; HEUVEL, A.V.D.; SCHWARTZ, K., Physicochemical characterization and oxidative stability of fish oil encapsulated in an amorphous matrix containing trehalose. **Food Research International**. v.39,p. 807–815, 2006.

EL-AGAMEY, A.; LOWE, G. M.; MCGARVEY, D. J.; MORTENSEN, A.; PHILLIP, D. M.; TRUSCOTT, T. G.; YOUNG, A. J. Carotenoid radical chemistry and antioxidant/prooxidant properties. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.430, p. 37-48, 2004.

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

FAVARO-TRINDADE, C. S.; SANTANA, A. S.; MONTERREY-QUINTERO, E. S.; TRINDADE, M. A.; NETTO, F. M. The use of spray drying technology to reduce bitter taste of casein hydrolysate. **Food Hydrocolloids**, v. 24, p. 336–340, 2010.

FINLEY, J. W.; KONG, A.; HINTZE, K. J.; JEFFERY, E. H.; JI, L. L.; LEI, X. G. Antioxidants in Foods: State of the Science Important to the Food Industry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.59,p. 6837–6846, 2011.

GHARSALLAOUI, A.; LLE, R.; ODILE, C.; ANDRE'E, V.; RE'MI, S. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**. v. 40, p.1107–112, 2007.

GIBBS, B. F.; KERMASHA, S.; ALLI, I.; MULLIGAN, C. N. Encapsulation in the food industry: A review. **Food Sciences and Nutrition**, v. 50,p. 213–224, 1999.

HAMANO, P.S; MERCADANTE, A.Z. Mercadante, Composition of carotenoids from commercial products of cajá (*Spondias lutea*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 14, p. 335–343, 2001.

HOGAN, S.A.; MCNAMEE, B.F.; O'RIORDAN, E.D.; O'SULLIVAN, M. Microencapsulating properties of whey protein concentrate 75. **Journal Food Science**.v. 66, p. 675–680, 2001.

IMM, B.Y.; LEE, J.H.; LEE, S.H. Sensory quality index (SQI) for commercial food products. **Food Quality and Preference**, v. 22, p. 135–139, 2011.

JAFARI, S.M.; ASSADPOOR, E.; HE, Y.; BHANDARI, B. Encapsulation Efficiency of Food Flavours and Oils during Spray Drying. **Drying Technology**. v. 26, p. 816–835, 2008.

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

KAUR, C.; KAPOOR, H.C. Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium's health. **Food Science and Technology**. vol.36, p. 703-725, 2001.

KEOGH, M.K., O'KENNEDY, B.T., KELLY, J., AUTY, M.A., KELLY, P.M., FUREBY, A., HAAHR, A.M., Stability to oxidation of spray dried fish oil powder microencapsulated using milk ingredients. **Food Science and Technology**. v. 66, p. 217–224, 2001.

KIM, E. H. J.; CHEN, X. D.; PEARCE, D. Surface composition of industrial spray-dried milkpowders. 2. Effects of spray drying conditions on the surface composition. **Journal of Food Engineering**, v. 94, p.169-181, 2009.

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

KLINKESORN, U.; SOPHANODORA, P.; CHINACHOTI, P.; MCCLEMENTS; D.J. Stability and rheology of corn oil-in-water emulsions containing maltodextrin, **Food Research International**, v. 37, p. 851–859, 2004.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicacion de diversos metodos quimicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 25, p. 726-732, 2005.

LABMAQ, B. Ltda. **Manual de Operações do Mini-Spray Dryer MSD 0.5**. Depto de Engenharia, 2003.

LEDERMAN, I. E.; LIRA JÚNIOR, J. S.; SILVA JÚNIOR, J. F. **Spondias no Brasil: umbu, cajá e espécie afins**. Recife: IPA-UFRPE, 2008.

LEONG, L.P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruit in Singapore markets. **Food Chemistry**, v.76, p.69-75, 2002.

LAWLEE, H.T.; HEYMAMM, H. **Sensory evolution of food: principles and practices**. 2ª Ed. Springer, 620p., 2010.

MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M.J.; PROVAN, G. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.82, p.323-330, 2002.

MARTINEZ-VALVERDE, I.; PERIAGO, M.J.; ROS, G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. **Archives Latino Nutrition**., v.50, p.5-18, 2000.

MURRAY, D.G.; LUFT, L.R. Low-DE corn starches hydrolysates. Multi-functional carbohydrates aid in food formulation. **Food Technology**, v.27, p.32-40, 1973.

NENADIS, N.; WANG, L. F.; TSIMIDOU, M. ZHANG, H. Y. Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS+ assay. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v.52, p.4669-4674, 2004.

NIIZU, P. Y.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; New data on the carotenoid composition of raw salad vegetables. **Journal of Food Composition and Analysis** v.18, p.739-749, 2005.

NZARAMBA, M.N.; REDDIVARI, L.; BAMBERG, J.B.; MILLER, J.C.. Antiproliferative activity and cytotoxicity of *Solanum jamesii* tuber extracts on human colon and prostate cancer cells in vitro. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57 (18), p. 8308–8315, 2009.

PÉNICAUD, C.; PEYRON, S.; BOHUON, P.; GONTARD, N.; GUILLARD, V.; Ascorbic acid in food: Development of a rapid analysis technique and application to diffusivity determination. **Food Research International**, v.43, p. 838–84, 2010.

PIERUCCI, A.P.; ANDRADE, L.R.; FARINA, M.; PEDROSA, C.; ROCHA-LEHAO, M.H.M. Comparison of a-tocopherol microparticles produced with different wall materials: pea protein a new interesting alternative. **Journal of Microencapsulation**. v.24, p. 201–213, 2007.

POPPLEWELL, L. M.; BLACK, J. M.; NORRIS, L. M.; PORZIO, M. Encapsulation system for flavors and colors. **Food Technology**, v. 49, p. 76-82, 1995.

POKORNY, P.; YANISHLIEVA, N.; GORDON, M. **Antioxidants in food: Practical applications**. Nova York: CRC Press, 380 p., 2001.

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

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, p. 755-760, 2006.

SACRAMENTO, C.K., SOUZA, F.X. *Cajá (Spondias mombin L.)*. Jaboticabal: Funep, (Funep.Série Frutas Nativas, 4) 42p.,2000.

SADEGHI, A.; SHAHIDI, F.; MORTAZAVI, S.A.; MAHALATI, M.N. Evaluation of different parameters effect on maltodextrin production by – amylase Termamyl 2-x. **World Appliance Sciences Journal**. v.3, p. 34–39, 2008.

SHRESTHA, A. K.; UA-ARAK, T.; ADHIKARI, B. R.; HOWES, T.; BHANDARI, B. R. Glasstransition behavior of spray dried orange juice powder measured by differential scanning calorimetry (DSC) and thermal mechanical compression test (TMCT). **International Journal of Food Properties**, v. 10, p. 661–673, 2007.

SMITH, J.S.; HUI, Y.H. **Food processing : principles and applications** Food industry and trade. 1 ed. 511p, 2004.

SOUZA F.X.; COSTA J.T. A.; LIMA R. N.; CRISÓSTOMO J.R. Crescimento e desenvolvimento de clones de cajazeira cultivados na chapada do Apodi, Ceará. **Revista Brasileira de Fruticultura**., v. 28, p. 414-420, 2006.

SOUZA, F.X.; BLEICHER, E. Comportamento da Cajazeira enxertada sobre umbuzeiro em Pacajus,CE. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 790-792. 2002.

STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory evaluation practices**. 3rd ed. London: Academic Press, Inc., 408p., 2004.

SU, Y.L.; FU, Z.Y.; ZHANG, J.Y.; WANG, W.M.; WANG, H.; WANG, Y.C.; ZHANG, Q.J. Microencapsulation of Radix salvia miltiorrhiza nanoparticles by spray-drying. **Powder Technology**. V.184, p.114–121, 2008.

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS (TACO)/ NEPA – UNICAMP. Campinas.161 p, 4. ed. , 2011.

TIBURSKI J. H, ROSENTHAL A.,DELIZA; GODOY R. L.O, S.PACHECO. Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin L.*) pulp.**Food Research International**. v.44, p.226–233, 2011.

TOLEDO, A.; BURLINGAME, B. Biodiversity and nutrition: a common path toward global food security and sustainable development. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.19, p.477-483, 2006.

UENOJO, M.; MAROSTICA JUNIOR, M. R.; PASTORE, G. M. Carotenoides: propriedades, aplicações e bio transformação para formação de compostos de aroma. **Química Nova**, v. 30, p. 616-622, 2007.

VALKO, M.; LEIBFRITZ, D.; MONCOL, J.; CRONIN, M. T. D.; MAZUR, M.; TELSER, J. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. **International Journal of Biochemistry & Cell Biology**, v.39,p. 44–84, 2007.

VIEIRA NETO, R. D. **Frutíferas potenciais para os tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas**. Cap.2, 216p., 2002.

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.

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

WU, L. C.; HSU, H. W.; CHEN, Y. C.; CHIU, C. C.; CHANG, C. W.; LIN, Y. Y.; HO, J.A. Antioxidant and Antiproliferative Activities of Red Pitaya. **Food Chemistry**. v.95, p.319-327, 2005.

5. ARTIGO 1 – INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO NA SECAGEM POR ATOMIZAÇÃO DA POLPA DE CAJÁ

RESUMO

O cajá (*Spondias mombin L.*) é uma fruta tropical, com crescente aceitação em nível nacional e mercados internacionais, podendo ser comercializado *in natura*, ou como geleias, sorvetes, pós entre outros. Com a finalidade de expandir a quantidade de produtos elaborados a partir do cajá e aumentar sua vida útil, este trabalho teve por objetivo analisar a influência das variáveis do processo de secagem por atomização (*spray drying*) sobre as propriedades físico-químicas da polpa de cajá em pó através da metodologia de superfície de resposta, analisando o efeito da temperatura do ar de secagem (90 – 190°C), da vazão mássica de alimentação da mistura (0,2 – 1,0 L/h) e das diferentes concentrações do agente carreador (10 – 30%) no rendimento do processo, na umidade, na atividade de água, na higroscopicidade e na retenção de carotenoides, usando maltodextrina (Dextrose de 15) como agente carreador. A umidade foi influenciada significativamente por todas as variáveis, tanto linear quanto quadrática e as suas interações, a atividade de água não sofreu influência significativa estatisticamente das variáveis independentes, quanto a higroscopicidade a retenção de carotenoides e o rendimento obtiveram coeficientes de determinações (R^2) não podendo ser considerados os modelos como preditivos. Foram escolhidas as melhores condições de secagem: temperatura de 140°C, vazão mássica de 0,6 e 0,74 L/h e 20 e 10% de agente carreador, visando maiores valores de retenção de carotenoides, rendimentos em torno de 20%, baixo teor de umidade e atividade de água. A compreensão dos fatores que afetam as propriedades do produto é necessária para a otimização do processo, a fim de se obter produtos com melhores características nutricionais e melhor rendimento do processo.

Palavras-chave: *spray dryer*, maltodextrina, *Spondias mombin*, superfície de resposta

ABSTRACT

The yellow mombin (*Spondias mombin L.*) is a tropical fruit, with growing acceptance in national and international markets, which may be sold fresh or as jellies, ice creams, powders and more. In order to expand the number of products made from the yellow mombin and increase its lifespan, this study aimed to analyze the influence of process variables spray drying (spray drying) on the physico-chemical pulp of yellow mombin powder through the response surface methodology, analyzing the effect of the temperature of the drying air (90 - 190 ° C), the mass flow rate of feed mixture (0.2 - 1.0 L / h) and different concentrations of the agent carrier (10-30%) in the yield of the process, the moisture, water activity, the hygroscopicity and retention of carotenoids, using maltodextrin (dextrose 15) as a carrier agent. The humidity was significantly influenced by all variables either linear or quadratic and their interactions, the water activity was not affected statistically independent variables, as hygroscopicity retention of carotenoids and yield obtained coefficients of determination (R^2) can not be considered as predictive models. Were chosen the best drying conditions: temperature 140 °C, mass flow rate of 0.6 and 0.74 L/h and 20 and 10% maltodextrin, aiming higher retention values of carotenoids, yields around 20%, low moisture and water activity. Understanding the factors that affect the properties of the product is necessary to optimize the process in order to obtain products with better nutritional characteristics and better process efficiency.

Keywords: spray dryer, maltodextrin, *Spondias mombin*, response surface

5.1 INTRODUÇÃO

Com o rápido desenvolvimento econômico das últimas décadas, vem-se observando uma mudança na tendência do consumo de alimentos. Os consumidores de hoje estão mais conscientes da importância de uma alimentação segura e saudável. Este cenário tem aumentado a demanda do mercado para as frutas frescas e dentre elas está o cajá (*Spondias mombin L.*), que na região do Nordeste tem considerável importância social e econômica, fato comprovado pela crescente comercialização de seus frutos e produtos processados. Porém, o elevado teor de umidade e atividade de água dos frutos de cajá propiciam o aumento da atividade enzimática e do crescimento microbiano causando grandes perdas.

Com o intuito de suprir a demanda de mercado, diferentes técnicas de preservação têm sido utilizadas. A secagem é uma técnica antiga, utilizada para conservar os alimentos por diminuir a umidade e a atividade água, que pode ser feita de várias maneiras tais como a liofilização, convecção, condução, radiação, atomização e por diferentes equipamentos, como bandejas aquecidas, armários com circulação de ar, atomizador, congelador com o objetivo de conseguir o melhor controle do processo, aumentar a vida útil e a qualidade do produto.

O processo de atomização é dado pela transformação do material de alimentação em estado fluido (solução, dispersão ou pasta) em um produto particulado, formado pela atomização do fluido em um meio de secagem a quente. É um processo contínuo que envolve diversas fases: atomização do fluido, mistura do fluido atomizado com o ar quente, evaporação da água e separação do produto em pó do ar de secagem. Pode, também, transformar uma solução ou suspensão em um pó seco, em uma única etapa, o qual pode ser a vantagem por maximizar o lucro e minimizar o processo (GHARSALLAOUI et al., 2007; PHISUT, 2012).

A secagem por atomização é largamente utilizada para fabricação de produtos alimentares em pó, tais como leite (GABITES; ABRAHAMSON; WINCHESTER, 2010), óleo (JIANING; BANKSTON; SATHIVE, 2011), queijo (CATTANEO et al., 2013), chás (NADEEM; TORUN; OZDEMIR, 2011), própolis (SILVA et al., 2013) entre outros. Este processo é normalmente utilizado na produção de suco de fruta em pó, fato que tem gerado uma série de estudos com diversas frutas, abacaxi (JITTANIT; NITI-ATT; TECHANUNTACHAIKUL, 2010), laranja (GOULA; ADAMOPOULOS,

2010), amora preta (FAZAELI et al., 2012), melão (SOLVAL et al., 2012),caju (BASTOS et al., 2012), maracujá (BORRMANN et al., 2012) e outros. Porém os pós resultantes da secagem de sucos de fruta costumam apresentar alguns problemas de manipulação, tais como pegajosidade e alta higroscopicidade, decorrentes da presença e açúcares e ácidos de baixo peso molecular. Isso pode provocar a adesão do pó às paredes do secador, dificuldade de manipulação, empastamento e compactação, tornando seu armazenamento e utilização mais difíceis. A utilização de aditivos (agentes carreadores) é recomendada, a fim de aumentar a temperatura de transição vítrea do produto, facilitando a secagem e as operações de transporte e armazenamento. Os principais agentes carreadores utilizados em alimentos são os amidos e seus derivados, algumas gomas, lipídeos e proteínas. No caso dos sucos de frutas, os agentes mais comumente utilizados têm sido as maltodextrinas e a goma arábica (GABAS et al., 2007; SAGAR; KUMAR; 2010; YOUSEFI; EMAM-DJOMEH, MOUSAVI, 2011).

O processo de atomização de alimentos sofre influência de fatores de operação do sistema de pulverização, como temperatura de entrada, vazão de ar seco, vazão de alimentação, velocidade do atomizador, tipos de agente carreador e sua concentração afetando as propriedades do pó de suco de frutas (CHEGINI; GHOBADIAN, 2005; CHEGINI et al., 2008). Esta avaliação é útil para a indústria desenvolver a melhor condição de processamento e elevar a qualidade do produto. Com o intuito de determinar as melhores condições de processamento, objetivou-se avaliar o efeito da temperatura de secagem, vazão mássica e concentração de agente carreador (maltodextrina), sobre as respostas: atividade de água, umidade, higroscopicidade, rendimento e teor de carotenoides totais da polpa de cajá atomizada.

5.2. MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1. Material

5.2.1.1. Matéria-prima

Para a produção da polpa de cajá em pó foram utilizados frutos do cajazeiro, provenientes do Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco – CEASA/PE. Após a aquisição dos frutos, estes foram selecionados, lavados e sanitizados com água clorada (teor de cloro ativo de 2,38%) (Figura 1). O despulpamento dos frutos foi realizado em despulpadeira semi-industrial, modelo bobina compacta (Itabauna/BA). A polpa foi então embalada em sacos de polietileno, 20x30cm, e mantida a – 18°C até ser descongelada, de acordo com as quantidades necessárias para cada ensaio.



Figura 1. Cajá selecionado e sanitizado.

5.2.1.2. Agente carreador

O agente carreador utilizado foi a maltodextrina *MOR-REX® 1910*, com dextrose equivalente (DE) 15, 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. Local do estudo

O desenvolvimento dos produtos, as análises físico-químicas e sensoriais foram realizados nos Laboratórios de Processamento de Alimentos, Análises Físico-químicas de Alimentos e Análise Sensorial de Alimentos do Departamento de Ciências Domésticas/ UFRPE.

5.2.3. Métodos

5.3.1. Preparo das amostras

A polpa de cajá foi descongelada, homogeneizada em liquidificador doméstico e em seguida peneirada para eliminar os sólidos em suspensão (facilitando a passagem pelo bico atomizador). Após a pesagem da polpa peneirada foi adicionado cerca de 50% de água e, posteriormente, o agente carreador nas concentrações pré-determinadas, sendo esta mistura mantida sob agitação em triturador Tecnal, modelo TE-102(Piracicaba/SP) até completa dissolução.

5.2.3.2 Secagem por atomização

Para a secagem em escala laboratorial foi utilizado um mini *spray dryer* – Lab Maq, modelo MSDi 1.0 (Ribeirão Preto/São Paulo), que opera com vazão de líquido de 0,2 – 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 (Figura 2).



Figura 2. Atomizador utilizado nos ensaios de secagem.

5.2.3.3 Planejamento experimental

Os ensaios foram realizados de acordo com um delineamento composto central rotacional 2³ completo, com um total de 17 ensaios. O planejamento tem como objetivo avaliar a influência das variáveis independentes sobre as respostas. As variáveis independentes foram: temperatura do ar de secagem, vazão mássica de alimentação da

mistura e concentração do agente carreador. Os resultados obtidos foram ajustados ao seguinte polinômio:

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_{11}x_1^2 + \beta_{22}x_2^2 + \beta_{33}x_3^2 + \beta_{12}x_1x_2 + \beta_{13}x_1x_3 + \beta_{23}x_2x_3$$

Em que β_n são os coeficientes de regressão, x são as variáveis independentes codificadas e y é a resposta em questão: umidade, atividade de água, higroscopicidade, retenção de carotenoides e rendimento (calculado de acordo com a Equação 1).

$$R (\%) = \frac{A}{B} \times 100 \quad \text{[Equação 1]}$$

Onde: A = massa de pó de cajá obtida após secagem (g) e B = soma da quantidade de sólidos presentes na polpa integral (m.s.) mais o agente carreador adicionado (g).

As Tabelas 1 e 2 apresentam os valores das variáveis independentes codificadas, os ensaios codificados e os ensaios descodificados para o planejamento experimental, respectivamente. O produto em pó coletado foi acondicionado em vidros (240 mL) fechados hermeticamente e colocados em ambiente seco.

Tabela 1. Variáveis independentes codificadas.

Variável	-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	0,6	0,84	1,00
Agente carreador (%)	10	14	20	26	30

Tabela 2. Planejamento experimental codificado e decodificado da secagem por atomização.

Ensaio	Temperatura (°C)	Vazão mássica (l/h)	Agente carreador (%)
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(0,6)	0(20)
10	0(140)	0(0,6)	0(20)
11	0(140)	0(0,6)	0(20)
12	- α (90)	0(0,6)	0(20)
13	+ α (190)	0(0,6)	0(20)
14	0(140)	- α (0,2)	0(20)
15	0(140)	+ α (1,00)	0(20)
16	0(140)	0(0,6)	- α (10)
17	0(140)	0(0,6)	+ α (30)

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 realizados com o auxílio do *software* Statistica 7.0 (StatSoft, Tulsa, EUA).

5.2.4. Análises físico-químicas da polpa de cajá

Com a finalidade de caracterizar a polpa de cajá, as seguintes determinações físico-químicas foram realizadas: atividade de água, umidade, sólidos solúveis, cor, pH, acidez titulável, proteínas, lipídeos, cinzas e carotenoides totais. As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata, de acordo com os procedimentos descritos a seguir.

5.2.4.1. Atividade de água

A atividade de água foi determinada por meio do aparelho analisador de atividade de água Aqualab, modelo 4TE (Janiru/SP), na temperatura de 25°C. Esse aparelho usa o método da temperatura do ponto de orvalho por resfriamento e condensação em espelho, para determinar a atividade de água.

5.2.4.2. Teor de umidade

Para essa determinação, foi utilizado balança de umidade Marte, modelo IDSO (Piracicaba/SP), que operou na temperatura de 105°C durante 45 minutos. Os resultados foram expressos em porcentagem de umidade.

5.2.4.3. Teor de sólidos solúveis (SS)

O teor de SS foi determinado utilizando o refratômetro Atago, modelo Master-T (Japão), com escala de 0 °Brix a 32 °Brix. Uma alíquota da amostra de polpa de cajá foi colocada sobre o prisma do aparelho e procedeu-se a leitura direta do teor de sólidos solúveis, expresso em °Brix.

5.2.4.4. Cor

A cor foi avaliada em colorímetro Konica Minolta, modelo Chroma Meter CR 400 (Japão) operando em sistema CIELAB ($L^*a^*b^*$), onde L^* é uma medida da luminosidade de um objeto e varia do 0 (para o preto) até o 100 (para o branco), a^* é uma medida do vermelho (a^* positivo) ou do verde (a^* negativo); b^* é uma medida do amarelo (b^* positivo) ou do azul (b^* negativo) (McGUIRE, 1992).

5.2.4.5. pH

O pH foi determinado usando-se 3 g da amostra diluída em 30 mL de água destilada, até obtenção de uma mistura homogênea, com medição direta no pHmetro digital Tecnal, modelo TEC-5 (Piracicaba/SP), devidamente calibrado com solução tampão de pH 4,0 e 7,0.

5.2.4.6. Teor de acidez titulável (AT)

A AT foi determinada pela diluição de 3 g da amostra em 30 mL de água destilada. titulando-se a amostra com solução de NaOH 0,1N padronizada, usando

solução de fenolftaleína como indicador, conforme descrito nas normas AOAC (2006). Os resultados foram expressos em g de ácido cítrico/100 g de amostra.

5.2.4.7. Teor de proteínas

A fração protéica foi determinada pelo nitrogênio total, empregando-se a técnica de Kjeldahl, de acordo com a AOAC (1990). O nitrogênio protéico da amostra, multiplicado pelo fator de conversão 6,25 correspondeu ao percentual das amostras, sendo os resultados expressos em porcentagem de proteína bruta.

5.2.4.8. Teor de lipídeos

A fração lipídica foi determinada utilizando o método de Bligh e Dyer (1959), com algumas modificações. Este método tem sido recomendado por ser exato e reprodutível para a determinação de lipídeos totais em alimentos com alto teor de água, como as frutas. A extração dos lipídeos foi realizada a frio, utilizando uma mistura de três solventes (clorofórmio, metanol e água) em diferentes proporções. Foram formadas duas fases distintas, uma de clorofórmio, contendo os lipídeos, e outra de metanol e água, contendo os compostos não lipídicos. A fase de clorofórmio foi separada, evaporada em rotavapor (Heidolph, Laborata 4000), submetida a aquecimento em estufa de secagem e esterilização (Tecnal, TE-393/2) a 105°C por 1 hora, resfriada e pesada (as operações de aquecimento e resfriamento foram repetidas até peso constante). A fração lipídica foi então quantificada, sendo os resultados expressos em porcentagem de lipídeos.

5.2.4.9. Teor de Carboidratos

O teor de carboidrato foi calculado por diferença (100g - gramas totais de umidade + proteína + lipídios + cinzas).

5.2.4.10. Teor de cinzas

Os teores de cinzas foram obtidos pela incineração da amostra e permanência da mesma em mufla (Edgcon, 1P-7000) a 550°C, por um período suficiente para a queima de toda matéria orgânica. Os resultados foram expressos em porcentagem de cinzas.

5.2.4.11 Carotenoides totais (Extração e quantificação)

A extração da polpa obtida foi efetuada pelo método descrito por Rodriguez-Amaya (1999), baseada na extração dos carotenoides com acetona, seguida por transferência em éter de petróleo, completando o volume em balão volumétrico de 50 mL e posterior leitura em espectrofotômetro registrado no comprimento de onda de 450 nm. A expressão matemática descrita por Gross (1983), considerando o coeficiente de absorção de 2500, foi utilizada para expressar os resultados em equivalente μg de β -caroteno/g.

5.2.5. Análises físico-químicas da polpa de cajá em pó

A polpa de cajá em pó foi avaliada em relação ao teor de atividade de água, umidade, higroscopicidade e ao teor de carotenoides (de acordo com as metodologias descritas a seguir). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

5.2.5.1. Atividade de água

A análise atividade de água foi feita de acordo com o que foi descrito no item 5.2.4.1.

5.2.5.2. Teor de umidade

Para essa determinação, foi utilizado balança de umidade Marte, modelo IDSO (Piracicaba/SP), que operou na temperatura de 105°C durante 30 minutos. Os resultados foram expressos em porcentagem de umidade.

5.2.5.3. Análise de higroscopicidade

A higroscopicidade foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Cai e Corke (2000), com algumas modificações. 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/100 g).

5.2.5.4 Carotenoides totais (Extração e quantificação)

A extração e quantificação dos carotenoides foram feitas de acordo com o que foi descrito no item 5.2.4.11

De modo a avaliar a influência das diferentes condições de processo sobre o conteúdo de carotenoides, os resultados foram convertidos em termos de retenção de carotenoides totais, levando em conta a massa seca (m.s.) presente na polpa de cajá antes da secagem e desconsiderando a concentração de maltodextrina presente no pó.

5.2.5.5 Análise estatística

Foi feita 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 realizados com o auxílio do *software* Statistica 7.0 (StatSoft, Tulsa, EUA).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1. Caracterização da matéria-prima (polpa de cajá)

As análises físico-químicas da polpa tornam-se necessárias, uma vez que nos permite relacioná-las com outros aspectos de qualidade do produto processado. A Tabela 3 apresenta as características físico-químicas da polpa de cajá usada para secagem por atomização.

A polpa de cajá possui pH baixo (2,34), um dos fatores que caracteriza sua acidez. Tiburski et al. (2011), estudando as propriedades nutricionais da polpa de cajá, e Pinto et al. (2003), analisando a caracterização física, físico-química e química de frutos de genótipos de cajazeiras, encontraram valores um pouco mais elevado, 2,84 e 2,61, respectivamente.

A acidez desempenha um papel importante na percepção da qualidade do fruto e afeta não só o gosto ácido do fruto, mas também a doçura, mascarando o sabor dos açúcares (LOBIT et al., 2006). A acidez da polpa de 3,27% de ácido cítrico, foi mais que o dobro da encontrada por Tiburski et al.(2011) (1,46%), que consideram o cajá um fruto de acidez média, uma vez que a acidez esperada para este fruto está na faixa de 1 a 3%.

Os valores de pH e acidez encontrados na polpa de cajá estão de acordo com os valores mínimos (2,2 e 0,90% respectivamente), estipulados pela legislação vigente, conforme os padrões de identidade e qualidade para polpa de cajá (BRASIL, 2000).

O teor de carotenoides totais está entre os constituintes alimentícios mais importantes. São pigmentos naturais responsáveis pela cor, que varia de amarelo a laranja ou vermelho. Alguns são precursores de vitamina A, mas essa é apenas a propriedade mais conhecida. Outras atividades biológicas têm sido atribuídas, como fortalecimento do sistema imunológico, diminuição do risco de doenças crônicas, degeneração macular e catarata (KRINSKY e JOHNSON, 2005). O teor de carotenoides totais encontrado foi de 54,8µg/g de β-caroteno (Tabela 4) Este parâmetro tem grande importância nesta pesquisa, por servir como um dos indicadores para a retenção de nutrientes no produto seco.

A elevada atividade de água indica existir água livre disponível para reações bioquímicas e, portanto, vida útil mais curta para o produto (QUEK; CHOK; SWEDLUND, 2007). Com relação à atividade de água, os resultados encontrados para polpa de cajá foi de 0,98 valor representativo para polpa de frutas *in natura* (Tabela 4).

Os valores de sólidos solúveis encontrado para polpa de cajá (9,33° Brix) foi inferior ao encontrado por Tiburski et al. (2011)(14,93° Brix) porém, encontram-se próximos aos valores relatados por Dias, Schwan e Lima (2003), 10° Brix. Os sólidos solúveis das frutas são principalmente açúcares simples (glicose, frutose e sacarose), que podem contribuir para a aderência do pó durante a secagem por atomização (ADHIKARI et al., 2003).

Os parâmetros da cor da amostra em estudo estão apresentados na Tabela 4(L* teve valor de 73,82; b* 47,17 e a* 2,73). Permitem inferir que a polpa tem uma elevada intensidade da cor amarela e bem menos da cor vermelha, indicada pelos valores positivos e negativos de b* e a*, respectivamente.

Tabela 3. Caracterização físico-química da polpa de cajá.

Análises	Médias*
pH	2,34±0,02
Acidez(% de ácido cítrico)	3,27±0,11
Carotenoides(µg/g de β-caroteno)	54,80±6,92
Atividade de água(aw)	0,98±0,00
Sólido Solúveis(°brix)	9,33±0,57
Cor L*	73,82±0,48
a*	-2,73±0,17
b*	47,17±0,60

*Médias de triplicatas seguida de desvio padrão.

A composição centesimal da polpa de cajá está descrita na Tabela 4. A umidade encontrada neste estudo foi de 81,49 %, sendo este valor próximo ao apresentado por Tiburski et al.(2011), 83,66%. Por apresentarem um alto conteúdo de umidade cerca de 80% as frutas são altamente perecíveis e por isso, devem ser mantidas em refrigeração ou processadas o mais rapidamente possível após a colheita, a fim de diminuir as perdas.

Em relação aos lipídeos, Tiburski et al.(2011) encontraram valor de 0,62%, superior ao do presente estudo. Os Lipídios constituem apenas 0,1 a 0,2% da maioria das frutas frescas, com exceção de abacate, azeitonas e nozes. No entanto, os lipídeos são muito importantes, porque eles fazem a cera superficial que contribui para a aparência da fruta e a cutícula, que protege esta contra a perda de água e de agentes patogênicos e são também importantes constituintes das membranas celulares (BARRET, SAMOGU; RAMASWAMYH, 2005). O teor de proteína para polpa de cajá foi próximo ao encontrado por Tiburski et al. (2011), que foi de 1,06%.

Tabela 4. Composição centesimal da polpa de cajá.

Determinações	%*
Umidade	81,49±0,27
Lipídeos	0,33±0,03
Proteínas	1,02±0,13
Carboidratos	16,41±0,90
Cinzas	0,75±0,05

*Médias de triplicatas seguida de desvio padrão.

Segundo Barret; Samogu; Ramaswamyh (2004), o carboidrato é o componente alimentar derivado de plantas mais abundante e largamente distribuído. Frutas frescas variam grandemente no seu conteúdo de carboidrato, com a gama geral entre 10 e 25%. O valor de carboidrato para a polpa de cajá na presente pesquisa foi de 16,41%, superior ao valor encontrado por Tiburski et al.(2011), que foi de 13,90% .

Dentre as variáveis da composição centesimal da polpa de cajá, estão incluídas as cinzas, que encontram-se dentro do mínimo permitido pelo padrão de identidade e qualidade para polpa (BRASIL, 2000).

5.3.2. Planejamento experimental

Os resultados da secagem da polpa de cajá estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Valores das respostas obtidas na polpa de cajá atomizada.

ENSAIO	Atividade de água	Umidade (%)	Higroscopicidade (g/100g)	Rendimento (%)	Retenção dos carotenoides (%)
1	0,22	4,42	14,38	21,12	38,96
2	0,11	2,38	20,40	19,80	30,89
3	0,28	5,40	18,85	21,62	25,68
4	0,1	2,43	14,44	19,44	32,49
5	0,19	3,90	17,37	16,04	51,32
6	0,10	1,88	20,79	13,23	35,98
7	0,19	3,96	12,99	14,35	25,34
8	0,12	2,13	15,67	14,83	37,61
9	0,17	2,93	20,08	20,38	79,73
10	0,17	2,97	20,58	20,53	80,33
11	0,17	2,98	20,23	20,45	76,70
12	0,24	4,36	15,82	21,81	38,88
13	0,09	2,39	16,84	20,84	60,36
14	0,11	2,19	16,76	20,12	41,75
15	0,12	2,89	20,10	21,12	87,00
16	0,11	3,86	15,10	23,60	87,81
17	0,14	2,53	20,56	18,00	29,56

5.3.3. Atividade de água

Em relação a atividade de água os coeficientes de regressão lineares, quadráticos e da interação, não foram estatisticamente significativos em um nível de 95%.

Observando a Tabela 5 percebe-se que, dentre os ensaios realizados encontrou-se uma faixa de atividade de água que variou de 0,09 a 0,28, mostrando que todos os ensaios formam um pó microbiologicamente estável, Atividade de água inferior a 0,3 é bastante favorável à estabilidade dos alimentos, uma vez que não permitem a multiplicação de microrganismos e retardam o escurecimento não enzimático, uma das principais reações de deterioração, entretanto, baixas atividades de água favorecem a oxidação lipídica (BERG, 1991).O que não representa problema no caso da polpa de cajá atomizada, por ter baixo teor lipídico.

Valores de atividade de água semelhantes foram observados por Quek, Chok e Swedlund (2007), para o suco de melancia atomizado com maltodextrina, por Papadakis, Gardeli e Tzia (2006), trabalhando com suco de uva seca e maltodextrina 12 DE como carreador, e por Fazaeli et al. (2012), em suco de amora preta seca por atomização, utilizando maltodextrinas de diferentes DE's e goma arábica, em diferentes concentrações.

5.3.4. Teor de umidade

Os resultados da análise estatística, aplicados aos dados experimentais de umidade obtidos na secagem da polpa de cajá, são apresentados na Tabela 6. Os coeficientes de regressão dos fatores lineares, quadráticos e da interação, em negrito, são significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

Tabela 6. Coeficiente de regressão, erro, coeficiente t e grau de significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para umidade da polpa de cajá atomizada.

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(2)	Significância Estatística (p)
Temperatura(L)	-0,891886	0,007163	-124,521	0,000064
Temperatura (Q)	0,207506	0,007891	26,297	0,001443
Vazão mássica (L)	0,184393	0,007163	25,744	0,001505
Vazão mássica (Q)	-0,088342	0,007891	-11,196	0,007884
Concentração de agente (L)	-0,366030	0,007163	-51,104	0,000383
Concentração de agente (Q)	0,143730	0,007891	18,215	0,003000
Temperatura x Vazão	-0,092500	0,009354	-9,889	0,010072
Temperatura x Concentração	0,145000	0,009354	15,501	0,004136
Vazão mássica x Concentração	-0,090000	0,009354	-9,621	0,010631

*Os termos em negrito são significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

A umidade dos pós obtidos no processo variou entre 1,88 e 5,40% (Tabela 5), valores superiores aos obtidos por Papadakis; Gardeli; Tzia (2006) na secagem de suco de uva por atomização, utilizando maltodextrinas de diferentes DE's, em diferentes concentrações. No entanto, resultados dentro do encontrado no presente estudo foram obtidos por Solval et al. (2012), que relataram valores entre 3,81 e 5,39% em seu estudo sobre a atomização de melão.

Verificou-se a significância da regressão e da falta de ajuste em relação a 95% de confiança ($p \leq 0,05$), através do teste F, na análise de variância (ANOVA). A Tabela 7 apresenta os valores calculados e Tabelados de F.

Tabela 7. Análise de variância (ANOVA) do modelo ajustado para umidade.

	SQ	GL	MQ	F _{calculado}	F _{Tabelado} *
Regressão	14,25	9	1,59	8,54	4,74
Resíduo	1,30	7	0,19		
Falta de Ajuste	1,30	5	0,26	372,38	19,30
Erro	0,00	2	0,00		
Total SS	15,56	16			

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

SQ = soma quadrática, GL = grau de liberdade, MQ = média quadrática

O modelo codificado proposto para representar a umidade das partículas resultantes do processo de secagem da polpa de cajá, dentro dos limites de temperatura do ar de secagem, vazão mássica e concentração do agente carreador, é descrito pela Equação (2):

$$\text{Umidade} = 2,941932 - 0,891886T + 0,207506T^2 + 0,184393V - 0,088342V^2 - 0,366030C + 0,143730C^2 - 0,092500TV + 0,145000TC - 0,090000VC$$

(Equação 2)

Onde: T = temperatura do ar de secagem; V = Vazão mássica C = Concentração do agente carreador (Maltodextrina).

O coeficiente de determinação (R^2) para o modelo ajustado foi de 0,9168 indicando que o modelo explicou 91,68% da variação dos dados observados. O modelo apresentou regressão significativa ao nível de 95% de confiança ($F_{\text{calculado}}$ superior ao F_{Tabelado}) e o elevado valor do $F_{\text{calculado}}$ da falta de ajuste em relação ao F_{Tabelado} pode ser explicado pelo pequeno valor do erro puro em relação à falta de ajuste, o que indica uma boa repetibilidade da análise falta de ajuste significativa no mesmo nível de confiança. Sendo assim, o modelo ajustado para o teor de umidade no processo de secagem da polpa de cajá atomizado foi considerado preditivo.

A Figura 3 mostra as superfícies de resposta geradas através do modelo proposto, considerando-se os pontos médios de concentração de agente carreador, vazão mássica da mistura e temperatura do ar de secagem.

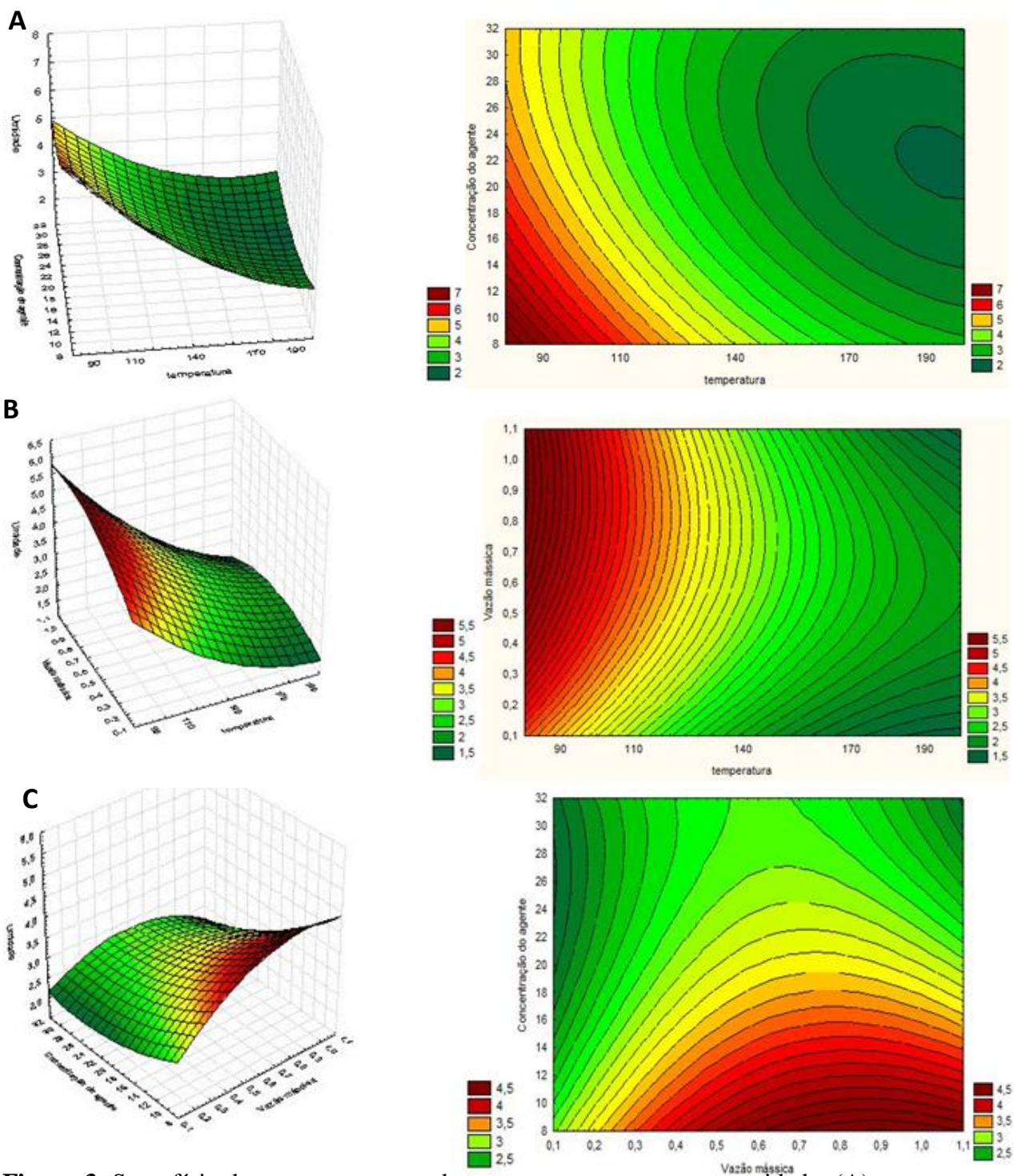


Figura 3. Superfície de resposta e curva de contorno para a resposta umidade, (A) em função da concentração de agente carreador \times temperatura do ar, (B) em função da vazão mássica \times temperatura do ar e (C) em função da concentração de agente \times vazão mássica.

Em relação a umidade todas as variáveis tanto linear quanto quadrática e as suas interações a influenciaram significativamente.

A temperatura do ar mostrou influência sobre a umidade final das partículas, com essa influencia negativa, ou seja, o aumento desta variável levou à redução da umidade do produto. Rattes; Oliveira (2007), trabalhando com microencapsulação e Grabowski; Truong; Daubert (2008), trabalhando com secagem de purê de batata doce, também observaram uma diminuição da umidade das partículas, com o aumento da temperatura de secagem. Na secagem por atomização em geral, o aumento da temperatura do ar tem resultado em maior perda de água do pó obtido devido a uma maior taxa de transferência de calor sobre as partículas, provendo grande força motriz para a evaporação de umidade (KHA; NGUYEN; ROACH, 2010).

A vazão mássica da mistura, por sua vez, apresentou um efeito positivo sobre a umidade, ou seja, os processos realizados com vazões mássicas mais elevadas resultaram em partículas mais úmidas. Assim, taxas de alimentação maiores fazem com que o tempo de contato entre o produto e o ar seja menor, tornando o processo de transferência de calor menos eficiente, resultando em uma menor evaporação de água do produto.

A concentração do agente carreador também apresentou um efeito negativo na resposta avaliada, ou seja, maiores concentrações levaram à produção de pós com umidades menores. Este efeito foi comprovado por Goula; Adamopoulos (2004) estudando diferentes concentrações de sólidos na secagem por atomização da polpa de tomate e também por Grabowski; Truong; Daubert (2006), Quek; Chok; Swedlund (2007), Gong et al.(2008) e Jittanit; Niti-att; Techanuntaichai (2010), utilizando diferentes concentrações de maltodextrina na secagem por atomização de purê de batata-doce, suco de melancia, suco de bayberry e suco de abacaxi, respectivamente. Isso pode ser justificado pelo fato da maltodextrina possuir a capacidade de obstáculo para os açúcares do pó de frutas que têm a natureza altamente higroscópica absorvendo com mais facilidade a umidade do ar circundante (SHRESTHA et al., 2007).

Os efeitos quadráticos da temperatura, da vazão mássica e da concentração de agente carreador sugerem a existência de curvaturas nos gráficos de superfície de resposta.

5.3.5. Higroscopicidade

Os resultados da análise estatística, aplicados aos dados experimentais de higroscopicidade obtidos na secagem da polpa de cajá, são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Coeficiente de regressão, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística (*p*), para cada fator no modelo codificado para higroscopicidade.

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(2)	Significância Estatística (<i>p</i>)
Temperatura do ar (L)	0,69064	0,069461	9,9428	0,009964
Temperatura do ar (Q)	-1,51579	0,076523	-19,8082	0,002539
Vazão mássica (L)	-0,39420	0,069461	-5,6752	0,029674
Vazão mássica (Q)	-0,77174	0,076523	-10,0851	0,009689
Concentração de agente (L)	0,58065	0,069461	8,3593	0,014010
Concentração de agente (Q)	-0,98433	0,076523	-12,8631	0,005990
Temperatura x Vazão mássica	-1,39625	0,090715	-15,3917	0,004195
Temperatura x Concentração	0,56125	0,090715	6,1870	0,025143
Vazão mássica x Concentração	-1,00125	0,090715	-11,0373	0,008109

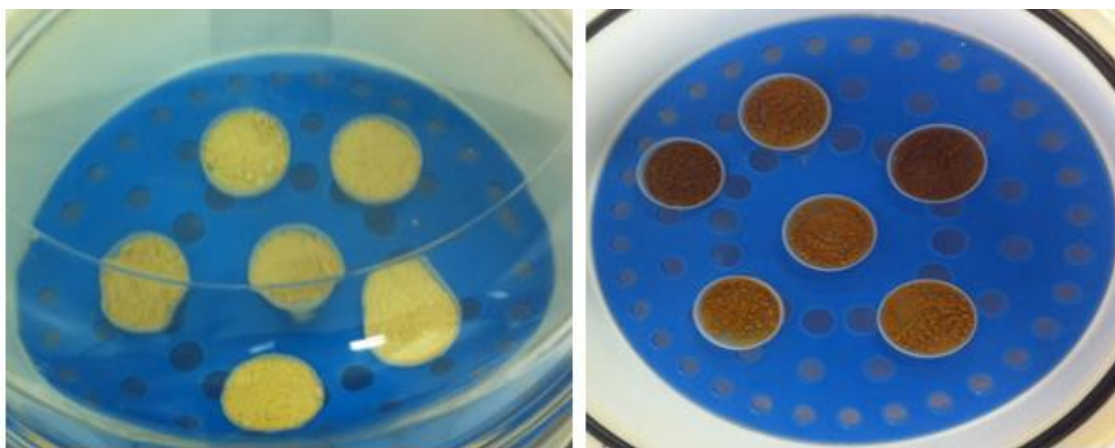
*Os termos em negrito são significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

A faixa de valores encontrados para higroscopicidade do pó de cajá foi de 12,99 a 20,79 g/100 g (Tabela 5). Os resultados encontrados na presente pesquisa são inferiores em sua maioria aos encontrados por Ruiz-Cabrera et al. (2009) em suco de maracujá em pó, produzido por atomização, utilizando lactose e maltodextrina como carreadores. Os autores realizaram 26 ensaios e encontraram valores de higroscopicidade entre 17,4 e 35,4 g/100 g.

O coeficiente de determinação (R^2) para o modelo ajustado foi de 0,6162, indicando que o modelo explicou apenas 61,62% da variação dos dados observados, não podendo ser considerado válido para prever a higroscopicidade dos pós em função das variáveis independentes estudadas.

Segundo Rodrigues; Lemma (2009), não se deve construir a superfície de resposta, para resultados com (R^2) muito baixo e resíduo alto, pois esses resultados podem não representar os dados experimentais obtidos. A partir disso, as superfícies de resposta para a variável higroscopicidade não foram construída na presente pesquisa.

Durante a análise de higroscopicidade, foram observadas mudanças nas características físicas dos pós. Após 7 dias, as amostras apresentaram aglomerados sólidos, que ficaram bastante aderidos na cápsula de plástico, e também bastante escuros em relação ao pó original (Figura 4). O fenômeno ocorrido no pó de cajá é conhecido como *caking*. De acordo com Aguilera; Del Valle; Karel (1995), o *caking* é um fenômeno danoso no qual um pó totalmente solto e com baixo teor de umidade é transformado em torrões, formando em seguida um aglomerado sólido, e finalmente um material adesivo, resultando em perda de funcionalidade e redução da qualidade do produto. Diversos autores citam a formação de *caking* em pós obtidos por atomização, submetidos a diferentes condições de umidade (GOULA; ADAMOPOULOS, 2005; JAYA; DAS, 2004; PAPADAKIS, GARDELI e TZIA, 2006; TONON, 2009). Essa mudança em pós produzidos a partir de alimentos com alta concentração de açúcares pode ser atribuído à absorção de umidade. A água é adsorvida na superfície das partículas, formando uma solução saturada e tornando as partículas pegajosas, capazes de formar pontes líquidas. Portanto, o grau de *caking* do pó está intimamente relacionado com sua higroscopicidade.



(a)

(b)

Figura 4. Mudanças nas características físicas do pó de cajá mantido a 25°C e 75,29% de umidade relativa (UR). (a) tempo = 0 dia; (b) tempo = 7 dias.

5.3.6. Rendimento

Os resultados da análise estatística, aplicados aos dados experimentais de rendimento do processo obtidos na secagem da polpa de cajá são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Coeficiente de regressão, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística (p), para cada fator no modelo codificado para rendimento.

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(2)	Significância Estatística (p)
Temperatura do ar (L)	-0,54670	0,020319	-26,906	0,001378
Temperatura do ar (Q)	-0,44761	0,022385	-19,996	0,002492
Vazão mássica (L)	0,12679	0,020319	6,240	0,024734
Vazão mássica (Q)	-0,69740	0,022385	-31,155	0,001029
Concentração de agente (L)	-2,41396	0,020319	-118,804	0,000071
Concentração de agente (Q)	-0,63362	0,022385	-28,306	0,001246
Temperatura x Vazão mássica	0,30375	0,026536	11,447	0,007546
Temperatura x Concentração	0,14625	0,026536	5,511	0,031380
Vazão mássica x Concentração	-0,02875	0,026536	-1,083	0,391852

*Os termos em negrito são significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$).

O rendimento médio para polpa de cajá atomizado foi de aproximadamente 19,5%, estando abaixo do encontrado por Fazaeli et al., (2012) na secagem por atomização de amora preta e por Papadakis; Gardeli; Tzia,(2006), estudando a secagem por atomização de suco de uva concentrado.

Segundo Wang; Langrish (2009), o rendimento de um processo de *spray drying* é altamente afetado pela quantidade de material que fica depositado no interior do secador fato esse observado na presente pesquisa.

O baixo rendimento pode ser explicado devido à presença de açúcares e ácidos de baixa massa molar, que têm baixa temperatura de transição vítrea. Assim, eles podem aderir à parede do secador durante o processo, levando a um baixo rendimento e problemas operacionais (GOULA; ADAMOPOULOS, 2005; WANG; LANGRISH, 2009). Além disso, as dimensões da câmara de secagem também afetam consideravelmente o rendimento do processo. Teoricamente, não haveria problemas de deposição de material se a câmara do secador fosse suficientemente grande (TRUONG;

BHANDARI; HOWES, 2005). No entanto, o secador utilizado neste trabalho, por se tratar de um equipamento de escala laboratorial, possui uma câmara com dimensões que não garantem que as partículas estejam totalmente secas ao colidir na parede, ocasionando depósito de material molhado, diminuindo assim o rendimento do processo.

Com relação ao rendimento a única variável que não influenciou estatisticamente foi a interação entre a vazão mássica e a concentração do agente carreador. Porém o coeficiente de determinação (R^2) para o modelo ajustado foi de 0,6732 indicando que o modelo explicou apenas 67,32% da variação dos dados observados, não podendo ser considerado válido para prever o rendimento dos pós em função das variáveis independentes estudadas.

Segundo Rodrigues; Lemma (2009), não se deve construir a superfície de resposta, para resultados com (R^2) muito baixo e resíduo alto, pois esses resultados podem não representar os dados experimentais obtidos. A partir disso, as superfícies de resposta para a variável rendimento não foram construídas na presente pesquisa.

5.3.7. Retenção de carotenoides totais

Os resultados da análise estatística, aplicados aos dados experimentais de rendimento do processo obtidos na secagem da polpa de cajá são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Coeficiente de regressão, erro, coeficiente *t* e grau de significância estatística (*p*), para cada fator no modelo codificado para retenção de carotenoides totais.

Fatores	Coeficiente de regressão	Erro Padrão	t(2)	Significância Estatística (p)
Temperatura do ar (L)	2,3274	0,526774	4,4181	0,047601
Temperatura do ar (Q)	-15,1632	0,580335	-26,1284	0,001462
Vazão mássica (L)	2,9308	0,526774	5,5637	0,030820
Vazão mássica (Q)	-9,9354	0,580335	-17,1201	0,003394
Concentração de agente (L)	-5,5428	0,526774	-10,5221	0,008912
Concentração de agente (Q)	-11,9514	0,580335	-20,5940	0,002350
Temperatura x Vazão mássica	5,3113	0,687959	7,7203	0,016367
Temperatura x Concentração	-0,2263	0,687959	-0,3289	0,773497
Vazão mássica x Concentração	-1,5838	0,687959	-2,3021	0,147935

Os valores de retenção dos carotenoides variaram de 25,34 a 87,81% (Tabela 6). Goula e Adamopoulos (2005) estudaram o efeito das condições de secagem em *spray drying* na degradação de licopeno e obtiveram uma faixa de retenção entre 80-90%, sendo alguns valores superiores ao encontrado nesse trabalho. Em outros estudos envolvendo carotenoides, os valores encontrados foram próximos aos da faixa de valores do presente estudo. Barbosa; Borsarelli; Mercadante (2005) reportaram 86% de retenção para bixina encapsulada com goma arábica/sacarose enquanto que, em maltodextrina, foi de 54%, aumentando para 75% quando adicionado um emulsificante (Tween 80). Shu et al. (2006), em seu estudo de microencapsulação de licopeno em gelatina e sacarose por atomização encontraram valores de retenção de 30 e 80%, que estão próximos ao da presente pesquisa. Segundo Goula e Adamopoulos (2005) o processo de secagem por atomização expõe o produto por pouco tempo a alta temperatura, acarretando assim uma perda reduzida de compostos termossensíveis.

A Tabela 11, mostra que os fatores lineares, quadráticos e a interação Temperatura x Vazão mássica, foram estatisticamente significativos sobre a retenção de carotenóides, em um nível de 95%, entretanto o coeficiente de determinação (R^2) para o modelo ajustado foi de 0,5155 indicando que o modelo explicou apenas 51,55% da variação dos dados observados, não podendo ser considerado válido para prever a retenção dos carotenóides dos pós em função das variáveis independentes estudadas.

Segundo Rodrigues; Lemma (2009), não se deve construir a superfície de resposta, para resultados com (R^2) muito baixo e resíduo alto, pois esses resultados podem não representar os dados experimentais obtidos. A partir disso, as superfícies de resposta para a variável rendimento não foram construídas na presente pesquisa.

5.4 Seleção das melhores condições de secagem

A atividade de água e a umidade de todas as amostras obtidas foram baixas (0,09 a 0,28 para atividade de água e 1,88 a 5,40 para umidade). Quanto as respostas higroscopicidade, retenção de carotenóides e rendimento apresentaram um coeficiente de determinação (R^2) baixo não podendo ser considerado válido para prever o rendimento dos pós em função das variáveis independentes estudadas.

Entretanto, visando à tendência de consumo por alimentos que sejam ricos em nutrientes, que apresentem compostos bioativos e que tenham boa aparência e qualidade, utilizou-se o critério de selecionar as melhores condições de secagem para os ensaios que apresentassem bons resultados de retenção de carotenóides.

Analisando a Tabela 6 pode-se observar que o melhor resultado para retenção de carotenóides e rendimento foi encontrado no ensaio que teve a menor concentração de agente carreador (Maltodextrina). Apesar deste agente influenciar negativamente a umidade, foi escolhida concentrações baixa e média, que resultaram em valores de umidade abaixo dos padrões da RDC nº272 de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que produtos de frutas secas ou desidratadas devem apresentar no máximo 25% de umidade (BRASIL, 2005).

Tendo em vista que a indústria alimentícia preconiza processos com bons rendimentos, baixo tempo de produção e boas características de durabilidade, foram escolhidas as vazões mássicas de 0,6 e 0,74 L/h e temperatura de 140°C, considerando que em menores vazões e maiores temperaturas observou-se a queima do material na

câmara de secagem e em menores temperaturas e maiores vazões ocorreu o gotejamento do material, ou seja, o produto passou pela câmara de atomização e não foi atomizado.

A partir dessas considerações, foram selecionadas duas condições de processo apontadas como ótimas para a secagem por atomização da polpa de cajá. A primeira com temperatura do ar de 140°C, vazão mássica de 0,6 L/h e concentração de agente carreador igual a 20% e a segunda com temperatura do ar de 140°C, vazão mássica de 0,74 L/h e concentração de agente carreador de 10%. Ensaios com rendimentos em torno de 20% e com bons resultados de retenção de carotenoides.

5.5 Validação dos modelos obtidos

Para validação dos modelos obtidos no planejamento experimental, foram realizados análises em dois ensaios nas condições ótimas escolhidas (condição A: 140°C, vazão mássica de 0,6L/h e concentração de agente carreador igual a 20% e Condição B: temperatura do ar de 140°C, vazão mássica de 0,74L/h e concentração de agente carreador de 10%). Os resultados experimentais, bem como os valores preditos pelos modelos e a diferença entre eles estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Valores experimentais e preditos para as análises realizadas nos pós produzidos nas condições selecionadas pelo planejamento experimental.

	Análises	Valor experimental	Valor predito	% Desvio relativo
Condição A (140°C, vazão de 0,6L/h e agente carreador 20%)	Umidade (%)	2,96	2,94	0,67
Condição B (140°C, vazão de 0,74L/h e agente carreador 10%)	Umidade (%)	4,07	3,74	8,10

Os valores experimentais foram coerentes com os preditos pelo modelo obtido no planejamento experimental, apresentando, em todos os casos, desvios relativos inferiores a 10%.

5.6 CONCLUSÃO

Algumas condições de secagem estudadas tiveram efeito sobre os parâmetros de qualidade da polpa em pó de cajá atomizada. Em relação a umidade todas as variáveis tanto linear quanto quadrática e as suas interações influenciaram significativamente já a atividade de água não sofreu influência significativa estatisticamente das variáveis independentes, em um nível de 95% de significância, por isso não foi possível a obtenção do modelo, quanto a higroscopicidade, a retenção de carotenoides e o rendimento encontraram coeficientes de determinação (R^2) baixo explicando apenas 61,62%, 51,55% e 67,32% respectivamente das variações dos dados observados, não podendo ser considerados os modelos como preditivos. A partir disso, foram escolhidas as melhores condições de secagem em relação aos melhores valores de retenção de carotenoides e rendimento, que foram duas: temperatura de 140°C, vazão mássica de 0,6 e 0,74L/h e 20 e 10% de agente carreador respectivamente. Os resultados experimentais de secagem de polpa de cajá por atomização apresentaram na sua maioria ajustes medianos para os modelos, e um erro relativo médio baixo na sua maioria confirmando uma validação aceitável para os métodos utilizados. Os resultados obtidos mostram a necessidade da compreensão dos fatores que afetam as propriedades do produto para a otimização do processo, a fim de se obter produtos com melhores características nutricionais, aumento de vida útil e melhor rendimento do processo.

5.7 REFERÊNCIAS

AGUILERA, J. M.; VALLE, J.M.D.; KAREL M. Caking phenomena in amorphous food powders. **Food Science & Technology**, v. 6, p.149-155, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – A.O.A.C. **Official Methods of Analysis**. v. 2, 17^a ed., Washington: AOAC, 1990.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – A.O.A.C. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists**. 18^a ed., Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2006.

ADHIKARI, B.; HOWES, T.; BHANDARI, B. R.; TROUNG, V. Characterization of the surface stickiness of fructose-maltodextrin solutions during drying. **Drying Technology**. v. 21, p. 17-34, 2003.

BARBOSA, M. I. J; BORSARELLI, C. D; MERCADANTE, A. Z. Light stability of spraydried encapsulated bixin with different edible polysaccharides preparations. **Food Research International**. v. 38, p. 989-994, 2005.

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

BASTOS, D. S.; ALVES, M. P. G.; ANDRADE, C.T.; ARAÚJO, K.G.L.; LEÃO, M. H. M.R. Microencapsulation of cashew apple (*Anacardium occidentale*, L.) juice using a new chitosan–commercial bovine whey protein isolate system in spray drying. **Food and Bioproducts Processing**, v.90, p.683–692, 2012.

BERG, C. V. D. Food-water relations: Progress and integration, comments and thoughts. In: LEVINE. H.B.; SLADE. L.(Ed.). **Water relationships in food: advances in the 1980s and trends for 1990s**. Plenum Press, new York, p.21-28, 1991.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911–917,1959.

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**, Brasília, 22 de dezembro de 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa n. 1, de 07 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, Seção 1, p. 54, 10 de janeiro de 2000,.

- BORRMANN, D. PIERUCCI, A. P.T. R.; LEITE S. G. F.; LEÃO, M. H. M. R. Microencapsulation of passion fruit (*Passiflora*) juice with n-octenylsuccinate-derivatised starch using spray-drying, **Food and Bioproducts Processing**, v. 90 p.683–692, 2012.
- CAI, Y.Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus* Betacyanin Pigments. **Journal of Food Science**, v.65, p. 1248-1252, 2000.
- CATTANEO, T. M. P.; MARINONI, L.; IAMETTI, S.; MONTI L. Behavior of a aflatoxin M₁ in dairy wastes subjected to different technological treatments: Ricotta cheese production, ultra filtration and spray-drying. **Food Control**, v. 32, p. 77-82, 2013.
- CHEGINI, G. R.; GHOBADIAN, B. Effect of spray-drying condition on physical properties of orange juice powder. **Journal of International Drying Technology**, v.23, p. 657–668, 2005.
- CHEGINI G.R.; KHAZAEI, J.; GHOBADIAN, B.; GOUDARZI, A.M. Prediction of process and product parameters in an orange juice spray dryer using artificial neural networks. **Journal of Food Engineering**, v. 84, p. 534–543, 2008.
- DIAS, D.R.; SCHWAN, R. F.; LIMA, L.C.O. Metodologia para elaboração de fermentado de cajá (*Spondias mombin L.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 342–350, 2003.
- 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.
- GABAS, A.L.; TELIS, V.R.N.; SOBRAL, P.J.A.; TELIS-ROMERO, J. 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.
- GHARSALLAOUI, A.; LLE, R.; ODILE, C.; ANDRE´E, V.; RÉMI, S. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**. v. 40, p.1107–112, 2007.
- GONG, Z.; ZHANG, M.; MUJUMDAR, A.S.; SUM, J. Spray drying and agglomeration of instant bayberry powder. **Drying Technology**, v.26, p.116-121, 2008.
- GOULA, A.M; ADAMOPOULOS, K.G.; KAZAKIS, N.A. Influence of spray drying conditions on tomato powder properties. **Drying Technology**, v.22, p.1129-1151, 2004.
- GOULA, A.M.; ADAMOPOULOS, K.G. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: I. The effect on product recovery. **Journal of Food Engineering**, v. 66, p.25-34, 2005.

- GOULA A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A new technique for spray drying orange juice concentrate, **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, p. 342–351, 2010.
- GABITES J.R.; ABRAHAMSON, J.; WINCHESTER, J.A. Air flow patterns in an industrial milk powder spray dryer. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 88, p. 899–910, 2010.
- GRABOWSKI, J.A.; TRUONG, V.D.; DAUBERT, C.R. Spray-drying of amylase hydrolyzed sweet potato pure and physicochemical properties of powder. **Journal of Food Science**, v.7, p.209-217, 2006.
- GRABOWSKI, J. A.; TRUONG, V. –D.; DAUBERT, C. R. Nutritional and rheological characterization of spray dried sweetpotato powder. **LWT– Food Science and Technology**, v. 41, p.206-216, 2008
- GROSS, J.; IKAN, R.; ECKHARDT, G. Carotenoids of the fruit of Averrhoa carambola. **Phytochemistry**, v.22, p.1479-1481, 1983.
- JAYA, S.; DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder 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 of Science**, v.37, p.498-506, 2010.
- JIANING P.; BANKSTON, D. J.; SATHIVE, S. Developing microencapsulated flaxseed oil containing shrimp (*Litopenaeus setiferus*) astaxanthin using a pilot scale spray dryer. **Biosystems engineering**, v. 108, p. 121-132, 2011.
- KHA, T. C.; NGUYEN, M. H.; ROACH, P. D. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. **Journal of Food Engineering**, v. 98, p. 385-392, 2010.
- KRINSKY, N.I; JOHNSON, E.J. Carotenoid action and their relation to health disease. **Molecular aspects of medicine**, v.26, p.469-516, 2005.
- LOBIT, P.; GENARD, M.; SOING, P.; HABIB, R. Modelling malic acid accumulation in fruits: relationships with organic acids, potassium, and temperature. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, p. 1471–1483, 2006.
- MCGUIRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **Horticultural Science**, v.27, p. 1254-1255, 1992.

NADEEM, H.S.; TORUN, M.; OZDEMIR, S. Spray drying of the mountain tea (*Sideritis stricta*) water extract by using different hydrocolloid carriers. **Food science and technology**, v. 44, p. 1626-1635, 2011.

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

PINTO, W.S.; DANTAS, A. C.V.L.; FONSECA, A.A.O.; LEDO, C. A. S.; JESUS, CALAFANGE S.C.; P.L. P.; ANDRADE; E. M. Caracterização física, físico-química e química de frutos de genótipos de cajazeiras. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 38, p. 1059-1066, 2003.

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 powder. **Chemical Engineering and Processing**, v. 46, p. 386-392. 2007.

RATTES, A.L.R.; OLIVEIRA, W.P. Spray drying conditions and encapsulating composition effects on formation and properties of sodium diclofenac microparticles. **Powder Technology**, v.171, p.7-14, 2007.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: ILSI Press, 1999. 64p.

RODRIGUES, M.I.; LEMMA, A.F. **Planejamento de experimento e otimização de processos**. Campinas, SP: casa do espírito amigo fraternidade fé e amor, 2009.

RUIZ-CABRERA, M. A.; ESPINOSA-MUÑOZ, L. C.; AVILES-AVILES C.; GONZÁLEZ-GARCÍA, R.; SANTILLÁN, M. M.; LAGUNES, A. G.; ABUD-ARCHILA M. 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.

SAGAR, V.R.; KUMAR, S. P. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v.47, p. 15-26, 2010.

SHRESTHA, A. K.; UA-ARAK, T.; ADHIKARI, B. R.; HOWES, T.; BHANDARI, B. R. Glass transition behavior of spray dried orange juice powder measured by differential scanning calorimetry (DSC) and thermal mechanical compression test (TMCT). **International Journal of Food Properties**, v. 10, p. 661–673, 2007.

SHU, B.; YU, W.; ZHAO, Y.; LIU, X. Study on microencapsulation of lycopene by spray drying. **Journal of Food Engineering**, v. 76, p. 664-669, 2006.

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

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

TIBURSKI J. H, ROSENTHAL A.; DELIZA, R.; GODOY R. L.O.; PACHECO, S. Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin L.*) pulp. **Food Research International**, v.44, p.226–233, 2011.

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

TRUONG, V.; BHANDARI, B. R; HOWES, T. Optimization of co-current *spray drying* process of sugar-rich foods. Part I – Moisture and glass transition temperature profile during drying. **Journal of Food Engineering**, v. 71, p.55-65, 2005.

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.

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

6. ARTIGO 2 – AVALIAÇÃO SENSORIAL E PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE POLPA DE CAJÁ ATOMIZADO

RESUMO

O cajá (*Spondias mombin L.*) é uma fruta típica do nordeste brasileiro altamente apreciada pelos consumidores, porém sua perecibilidade é um fator que limita sua comercialização durante longos períodos e a longas distâncias. A técnica de secagem por atomização representa uma possibilidade de conservação da polpa de cajá em forma de pó com boa qualidade físico-química e sensorial. Por meio da análise sensorial consegue-se ter uma ideia da aceitabilidade e a qualidade dos alimentos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a aceitação e a intenção de compra, bem como analisar as propriedades físicas, químicas e microbiológicas do pó de cajá atomizado. Foi realizado um teste afetivo com 66 provadores não treinados, que indicaram o quanto gostaram ou não do produto, em relação aos atributos de qualidade, através de uma escala hedônica de sete pontos. A intenção de compra foi avaliada com a utilização de uma escala hedônica de cinco pontos. O néctar feito com cajá atomizado que apresentou índice de aceitação e intenção de compra elevado (acima de 70%) foi caracterizado em relação à densidade aparente, solubilidade, morfologia e atividade antioxidante. O néctar feito com o pó obtido pelo ensaio B (temperatura do ar de 140°C, vazão mássica de 0,74 L/h e concentração de agente carreador de 10% (maltodextrina 15DE) apresentou as maiores médias no teste de aceitação e intenção de compra sendo escolhido para a realização das demais análises. O pó de cajá obteve valor de 0,59g/mL para densidade aparente, e solubilidade de 81,49%, em relação à morfologia, as partículas apresentaram uma tendência ao formato esférico, superfície lisa na sua maioria e em aglomerados. A atividade antioxidante medida pelo método DPPH e ABTS tiveram valores de ação entre intermediário e fraco, sendo justificado pelo baixo teor de fenólicos presentes no pó de cajá atomizado. As propriedades físicas do cajá atomizado estão de acordo com a maioria dos pós de frutas atomizados. Neste cenário, percebe-se que o mercado de pós de frutas tem um expressivo espaço para desenvolvimento, tanto em termos de produção quanto de consumo.

Palavras - chave: *Spondias mombin L.*, secagem, análise físico-químicas, análise sensorial

ABSTRACT

The yellow mombin (*Spondias mombin L.*) is a typical fruit of the Brazilian northeast highly appreciated by consumers, but its perishability is a factor that limits their marketing for long periods and long distances. The technique of spray drying is a possibility of preserving the pulp yellow mombin in powder form with good physico-chemical and sensory. Through sensory analysis can get an idea of the acceptability and quality of food. The aim of this study was to evaluate the acceptance and purchase intent, as well as analyze the physical, chemical and microbiological cajá atomized powder. A test was performed with 66 affective untrained, which indicated how much they liked the product or not, in relation to quality attributes, through a seven-point hedonic scale. The purchase intention was evaluated using a five-point hedonic scale. The nectar made with atomized yellow mombin which showed acceptance rate and buying intention high (above 70%) was characterized with respect to density, solubility, morphology, and antioxidant activity. The nectar made from the powder obtained by test B (air temperature of 140 ° C, mass flow rate of 0.74 L/h and carrier agent concentration of 10% (maltodextrin 15DE) had the highest average test acceptance and purchase intent being chosen for the rest of the analysis. The powder obtained yellow mombin value of 0.59 g/mL for density and solubility of 81.49% in relation to morphology, the particles tended to spherical shape, smooth surface and mostly in clusters. Antioxidant activity measured by ABTS method DPPH and had values intermediate between action and weak, being justified by the low content of phenolics the yellow mombin atomized powder. physical properties of the atomized yellow mombin agree with most fruit powders atomized. This scenario, it is clear that the market for fruit powders has a significant room for development, both in terms of production and of consumption.

Keywords: *Spondias mombin L.*, drying, physico-chemical, sensory analysis

6.1 INTRODUÇÃO

Os novos hábitos alimentares, bem como o novo estilo frenético de vida, expõem o homem a uma diversidade de fatores de risco para as doenças crônicas não transmissíveis. Dentre os principais fatores de risco, está o consumo de dietas desequilibradas, stress e sedentarismo, o que leva a uma mudança no perfil epidemiológico dos países, onde se observa aumento no número de doenças como obesidade, diabetes, hipertensão, doenças cardiovasculares, osteoporose e vários tipos de cânceres.

Com isso observa-se a necessidade do aumento no consumo de frutas e vegetais em razão do potencial na prevenção de algumas doenças, entre elas doenças cardiovasculares e câncer, uma vez que estes alimentos são fontes de vitaminas antioxidantes (C e E), compostos fenólicos, carotenos, fibras e outros nutrientes importantes (GARDNER et al.,2000).

É de conhecimento de todos que as necessidades nutricionais de uma pessoa variam com diversos fatores, como a idade, atividade física praticada, até sua absorção e utilização dos nutrientes. O crescimento e desenvolvimento saudáveis de uma pessoa dependem de uma boa nutrição. No que se refere aos hábitos alimentares, a baixa ingestão de fibras, vitaminas e minerais é uma constante em nossa população em função do baixo consumo de vegetais frescos.

Na tentativa de se elevar o consumo desses nutrientes, várias alternativas têm sido propostas, dentre elas a produção de novos itens alimentícios que possam ter um bom valor nutricional e que sejam acessíveis às classes economicamente menos favorecidas.

Sob esta perspectiva de inovação, bebidas não alcoólicas, como polpas de fruta em pó, chás e isotônicos ganham a preferência dos consumidores, pela praticidade de consumo. Em adição ao sabor e satisfação, refrescantes bebidas podem oferecer um fácil e único sistema de transferência de vitaminas, minerais e outros ingredientes que têm propriedades preventivas de doenças.

Um alimento, além de seu valor nutritivo, deve produzir satisfação e ser agradável ao consumidor. Isto é resultante do equilíbrio de diferentes parâmetros de

qualidade sensorial. No desenvolvimento de um novo produto, é imprescindível otimizar parâmetros, como forma, cor, aparência, odor, sabor, textura, consistência e a interação dos diferentes componentes, com a finalidade de alcançar um equilíbrio integral que se traduza em uma qualidade excelente .

Propriedades físicas e químicas de um alimento exercem grande influência sobre a qualidade final do produto, assim como a análise sensorial que é uma ferramenta-chave no seu desenvolvimento. A utilização de técnicas modernas para essa análise consiste em um meio seguro para caracterizar diferenças e semelhanças entre produtos, otimizar atributos sensoriais de aparência, cor, aroma, sabor e textura, bem como avaliar alterações sensoriais que podem ocorrer ao longo do tempo (IMM; LEE e LEE, 2011; STONE e SIDEL, 2004).

Entre os métodos sensoriais disponíveis para se medir a aceitação e preferência dos consumidores com relação a um ou mais produtos, a escala hedônica estruturada de sete ou nove pontos é provavelmente o método afetivo mais utilizado, devido à confiabilidade e validade de seus resultados, bem como sua simplicidade em ser utilizada pelos provadores (CHAE; LEE; LEE, 2010).

A partir disso, faz-se necessário o conhecimento das características sensoriais e das propriedades físico-químicas de um novo produto, como o pó de cajá atomizado, com o intuito de otimizar processos, minimizar custos e oferecer um produto de boa qualidade. O presente estudo teve como objetivos avaliar a aceitação e a intenção de compra da polpa de cajá atomizada e caracterizar suas propriedades físicas e químicas.

6.2. MATERIAL E MÉTODOS – Artigo 2

6.2.1. Material

6.2.1.1. Matéria-prima

Para a produção da polpa de cajá em pó foram utilizados frutos do cajazeiro, provenientes do Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco – CEASA/PE. Após adquiridos, estes foram selecionados, lavados e sanitizados com água clorada (teor de cloro ativo de 2,38%) (Figura 1). O despulpamento dos frutos foi realizado em despulpadeira semi-industrial, modelo bobina compacta (Itabauna/BA). A polpa foi então embalada em sacos de polietileno, 20x30 cm, e mantida a – 18°C até ser descongelada, de acordo com as quantidades necessárias para cada ensaio.

6.2.1.2. Agente carreador

O agente carreador utilizado foi a maltodextrina *MOR-REX® 1910*, com dextrose equivalente (DE) 15, 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.

6.2.2. Métodos

6.2.2.1. Obtenção do cajá atomizado

O cajá atomizado foi obtido seguindo o fluxograma descrito na Figura 1, as análises sensorial e físico-químicas foram realizadas nos Laboratórios de Análises Sensorial de Alimentos e Físico-química do Departamento de Ciências Domésticas da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

A polpa de cajá foi descongelada, homogeneizada em liquidificador doméstico e peneirada. Este procedimento foi realizado com a finalidade de eliminar os sólidos em suspensão (facilitando a passagem pelo bico atomizador). Após a pesagem da polpa peneirada, foi adicionado cerca de 50% de água e, posteriormente, o agente carreador nas concentrações de 20 0 10%, sendo esta mistura mantida sob agitação em triturador Tecnal, modelo TE-102 (Piracicaba/SP) até completa dissolução.

Para a secagem em escala laboratorial foi utilizado um mini *spray dryer* – Lab Maq, modelo MSDi 1.0 (Ribeirão Preto/São Paulo). Foram utilizados dois ensaios com as seguintes condições de secagem: Condição A (140°C, vazão de 0,6 L/h e agente carreador 20%) e condição B (140°C, vazão de 0,74 L/h e agente carreador 10%). Após a atomização, os pós foram pesados, embalados, em potes de vidro hermeticamente fechados (240 mL) e protegidos da luz com papel alumínio. As amostras foram armazenadas sob temperatura ambiente ($21\pm 2^\circ\text{C}$) em local seco até as análises.

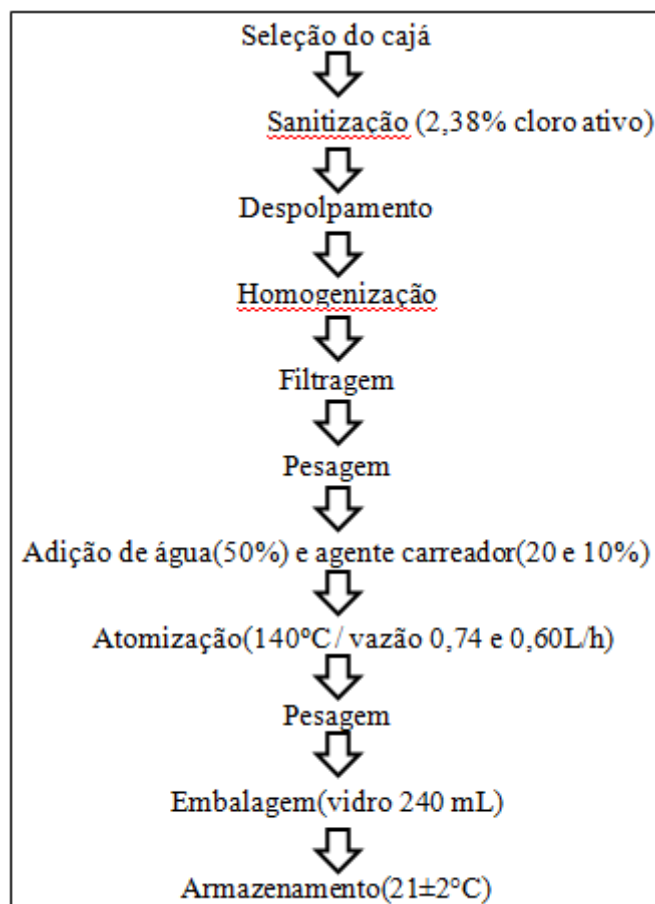


Figura 1. Fluxograma do desenvolvimento do cajá atomizado.

6.2.3. Aprovação do Comitê de Ética

Antes da realização dos testes sensoriais, este trabalho passou pela aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Pernambuco, com número de Registro CEP/UPE: 235/11 e Registro CAAE: 0236.0.097.000 -11 (Anexo 1). O termo de consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi afixado na porta do local de aplicação da avaliação sensorial do néctar de cajá. Cada provador assinou uma ficha na qual declarou concordar em participar voluntariamente da avaliação sensorial (Figura 2).

<p>Eu, _____, RG/CPF _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo Obtenção de polpa de cajá (<i>Spondias mombin</i> L.) em pó com possíveis propriedades antioxidantes utilizando atomizador, como sujeito. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pela pesquisadora Náira Paes de Moura 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.</p> <p>Recife, _____ de _____ de _____</p> <p>Nome e Assinatura do sujeito ou responsável: _____</p> <p>Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar. 02 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):</p> <p>Nome: _____</p> <p>Assinatura: _____</p> <p>Nome: _____</p> <p>Assinatura: _____</p>

Figura 2. Ficha de consentimento da participação na avaliação sensorial.

6.2.4. Análises microbiológicas

As análises microbiológicas das polpas de cajá em pó submetidas à análise sensorial foram realizadas no Laboratório Experimental de Análise de Alimentos Nonete Barbosa Guerra (LEAAL), do Departamento de Nutrição (UFPE). Foram investigados Coliformes a 45°C (NMP/g) de acordo com a AOAC, 2005; Método: 966.24) e Salmonella SSP/25g (AOAC, 2005; Método: 967.26), de acordo com o estabelecido na Resolução - CNNPA nº 12 (BRASIL, 1978) e na Resolução - RDC nº 12 (BRASIL, 2001).

6.2.5. Avaliação Sensorial do néctar de cajá

6.2.5.1 Preparo do néctar de cajá

Para avaliar sensorialmente o cajá atomizado, elaborou-se um néctar com a polpa *in natura* e outros dois com a polpa de cajá atomizado (Condição A e B, conforme tópico 6.2.2.1). O néctar obtido a partir da polpa de cajá *in natura* foi preparado diluindo-se a polpa na proporção de 1:4 com água mineral, sendo 250 g/L. O néctar de cajá atomizado foi preparado diluindo-se 30 g de pó (equivalente a 500 g de polpa) em 1 L de água. Três néctares de cajá foram obtidos: polpa *in natura*, pó atomizado pelo ensaio A e pó atomizado pelo ensaio B. Todos os néctares sucos foram adoçados com 8% de sacarose, sendo esses preparados com uma hora de antecedência e mantidos a $6 \pm 2^\circ\text{C}$ antes de serem servidos aos provadores.

6.2.5.2. Análise sensorial

As formulações do néctar feito com cajá atomizado foram submetidas aos testes de aceitação, intenção de compra e preferência.

6.2.5.2.1. Teste de aceitação e intenção de compra

O teste de aceitação foi realizado utilizando-se a escala hedônica de sete pontos, variando de “desgostei extremamente” a “gostei extremamente”, em que 66 provadores não treinados avaliaram os atributos sensoriais: cor, aroma, sabor e aparência, como mostra a Figura 3. O índice de aceitabilidade (IA) foi calculado somando as médias acima de 5 e calculando o percentual de acordo com a quantidade de provadores (TEIXEIRA; MEINERT; BARBETTA, 1987). Enquanto a intenção de compra foi investigada empregando uma escala estruturada de cinco pontos, variando de “certamente não compraria” a “certamente eu compraria” (Figura 3).

Os testes foram conduzidos em cabines individuais, sob luz branca. As amostras foram codificadas com números aleatórios de três dígitos e apresentadas monadicamente, seguindo ordem de apresentação em blocos completos casualizados. Os néctares foram servidos à temperatura em torno de 9°C , em copos de 50 mL contendo, aproximadamente, 30 mL, acompanhados de água e bolacha tipo água e sal para limpeza do palato entre as amostras.

Teste de aceitação do néctar feito com cajá	
Nome: _____ Idade: _____ Data: _____	
Avalie a amostra de néctar de cajá codificada e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou da amostra.	
Código da amostra: _____	
7 – Gostei extremamente	
6 – Gostei moderadamente	
5 – Gostei ligeiramente	
4 – Indiferente	
3 – Desgostei ligeiramente	
2 – Desgostei moderadamente	
1 – Desgostei extremamente	
Por favor, indique na escala abaixo se você compraria ou não compraria este produto. Marque com um X.	
<input type="checkbox"/> Certamente eu compraria	
<input type="checkbox"/> Provavelmente eu compraria	
<input type="checkbox"/> Talvez eu compraria / Talvez eu não compraria	
<input type="checkbox"/> Provavelmente eu não compraria	
<input type="checkbox"/> Certamente eu não compraria	
Comentários: _____	

Figura 3. Ficha de respostas para o teste de aceitação e intenção de compra.

6.2.5.2.2. Teste de Preferência

O teste de preferência de comparação múltipla foi aplicado para avaliar os atributos, aroma e sabor dos três néctares, utilizando uma escala de sete pontos variando de “extremamente menos preferido que o padrão (1)” para “extremamente mais preferido que o padrão (7)”, sendo o 4 igual ao padrão (Figura 4). Considerando – se como amostra Padrão o néctar obtido a partir da polpa de cajá *in natura*.

Os testes foram conduzidos em cabines individuais, sob luz vermelha, para mascarar possíveis diferenças de coloração entres os néctares. As amostras foram codificadas com números aleatórios de três dígitos seguindo ordem de apresentação em blocos completos casualizados e servidas à temperatura a cerca de 8°C, em copos de 50 mL contendo, aproximadamente, 30 mL, acompanhadas de água e bolacha tipo água e sal para limpeza do palato entre as amostras.

<p>Teste de preferência de comparação múltipla de néctares de cajá</p> <p>Nome: _____ Idade: _____ Data: _____</p> <p>Néctar de Cajá</p> <p>Você recebeu uma amostra-padrão (P) e 2 amostras codificadas. Compare cada amostra com o padrão (se é MELHOR, IGUAL OU PIOR que o PADRÃO) em relação a sua preferência, avaliando o grau de preferência de acordo com a ESCALA abaixo.</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> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">Código da amostra</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">AROMA</td> <td style="width: 33%; text-align: center;">SABOR</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">_____</td> <td style="text-align: center;">_____</td> <td style="text-align: center;">_____</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">_____</td> <td style="text-align: center;">_____</td> <td style="text-align: center;">_____</td> </tr> </table> <p>Comentários: _____</p>			Código da amostra	AROMA	SABOR	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Código da amostra	AROMA	SABOR									
_____	_____	_____									
_____	_____	_____									

Figura 4. Ficha de respostas para o teste de preferência.

6.2.6. Análises físico-químicas

O produto desenvolvido foi caracterizado de acordo com as seguintes determinações descritas a seguir.

6.2.6.1. Densidade aparente

A densidade aparente (ρ_b) foi medida seguindo o procedimento descrito em estudos anteriores com algumas modificações (Barbosa-Canovas et al., 2005; Caparino et al., 2012). Polpa de cajá em pó (2g) foram transferidas para uma proveta graduada de 10 mL. O pó foi compactado batendo-se a proveta 50 vezes sobre a bancada. A densidade foi calculada de acordo com a Equação (1) e o resultado expresso em g/mL:

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

[Equação 1]

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

6.2.6.2. Análise de solubilidade

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

6.2.6.3 Morfologia das partículas

O estudo da morfologia das partículas foi realizado através da microscopia eletrônica de varredura (MEV), no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Microanálise (Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste – CETENE). As amostras foram fixadas em porta espécimens metálicos (*stubs*), com uma fita adesiva de dupla face condutora convencional. Em seguida, foram metalizadas com ouro, em um metalizador Leica, modelo EM SCD500 (Wetzlar/Alemanha), a uma taxa de recobrimento de 10nm de espessura, por 80 segundos, com corrente de 40 mA. As amostras foram então observadas em um microscópio eletrônico de varredura FEI, modelo Quanta 200 FEG (Holanda), operando com 20 kV. A aquisição das imagens foi realizada pelo *software*, XT microscop.

6.2.6.4 Compostos fenólicos

6.2.6.4.1 Obtenção dos extratos

Uma alíquota do cajá atomizado (2,5g) foi mantida sob agitação permanente em agitador magnético Fisatom, modelo 752 (São Paulo/SP), à temperatura ambiente ($24 \pm 2^\circ\text{C}$), por 20 minutos, em acetona (20 mL), e em seguida, centrifugada a 4000 rpm em centrífuga Cientec, modelo CT-6000R (Charqueada/SP), também durante 20 minutos. O sobrenadante foi coletado e filtrado, o precipitado ressuspensão no mesmo solvente e submetido ao mesmo processo acima descrito, por mais dois ciclos de extração,

utilizando no ultimo ciclo metanol em substituição a acetona, totalizando 60 minutos de extração. Ao término do processo de extração, os sobrenadantes foram combinados concentrados, sob pressão reduzida a 40°C, e o volume final aferido para 50 ml. Todo o processo de extração foi efetuado em triplicata.

6.2.6.4. 2. Fenólicos totais

A determinação do teor de fenólicos totais dos extratos foi efetuada, por método espectrofotométrico, utilizando o reagente 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 (20 a 240µg/ml). O resultado foi expresso em mg/g da amostra.

6.2.6.7. Análise da Atividade Antioxidante

6.2.6.7.1. Capacidade de sequestrar o radical DPPH

A capacidade de sequestrar o radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazina (DPPH) foi determinada segundo método descrito por Brand-Williams et al. (1995), modificado por Sánchez-Moreno, Larrauri e Saura-Calixto (1998). Visando apresentar o potencial antioxidante do produto final, os ensaios foram conduzidos utilizando uma solução de cajá atomizado/etanol contendo 2g do cajá em pó com volume final de 10ml. A solução cajá atomizado/etanol com diferentes concentrações de cajá em pó foi adicionada à solução de DPPH• em metanol (0,1M). A absorbância a 515nm foi monitorada, em espectrofotômetro Shimadzu, modelo UV-1650PC (Japão) até a reação atingir o platô. A capacidade de sequestrar o radical DPPH• foi expressa em percentual, calculada em relação ao controle (sem antioxidante). Em seguida, a concentração do extrato eficiente para diminuir em 50% a concentração inicial do DPPH• (EC_{50}) foi calculada a partir do gráfico da concentração da amostra (g de cajá atomizado/g DPPH-1) versus $DPPH_{REM}\%$, cujo resultado foi expresso em g de cajá atomizado por g de DPPH•. O percentual de sequestro foi calculado conforme equação (3).

$$\% \text{ sequestro} = \frac{\text{Abs branco} - \text{Abs pó (10')}}{\text{Abs branco}} \times 100$$

[Equação 3]

6.2.6.7.2. Capacidade de sequestro do radical ABTS

A capacidade de sequestro do radical 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico (ABTS•+) foi determinada segundo o método descrito por RE et al. (1999). O radical ABTS•+ foi gerado a partir da reação da solução aquosa de ABTS (7mM) com 2,45mM de persulfato de potássio. Esta solução foi mantida ao abrigo da luz, em temperatura ambiente por 16h. Em seguida, a solução do radical foi diluída em etanol até obter uma medida de absorbância de $0,7 \pm 0,05$, em comprimento de onda de 734 nm. A solução de cajá atomizado/etanol (descrita no tópico 6.2.6.7.1) com diferentes concentrações de cajá em pó, em triplicata, foi adicionada à solução do ABTS•+ e a absorbância medida, após 6 minutos, em espectrofotômetro Shimadzu, modelo UV-1650PC (Japão) a 734nm. A capacidade antioxidante da amostra foi

calculada em relação a atividade do antioxidante do Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico), nas mesmas condições, e os resultados foram expressos em atividade antioxidante equivalente ao Trolox ($\mu\text{mol TEAC/g}$ de amostra).

6.2.6.8. Análise estatística

Todas as determinações foram efetuadas em triplicata e os resultados submetidos à análise de variância (Anova) e teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico “SAS for Windows” 6.0.

6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1 Análises microbiológicas

Com o objetivo de garantir a segurança alimentar dos provadores na análise sensorial, foram realizadas as análises microbiológicas que comprovaram (Tabela 1) que o cajá atomizado atende a RDC 12/2001 – ANVISA, quanto aos parâmetros obrigatórios para a amostra.

Tabela 1. Resultados das análises microbiológicas na polpa em pó de cajá atomizado.

Análises	Condição A	Condição B
<i>Salmonella</i> spp/25g	Ausência	Ausência
Coliformes a 45 °C (NMP/g)	< 3,0	< 3,0

Condição A (140°C, vazão de 0,6L/h e agente carreador 20%) Condição B (140°C, vazão de 0,74L/h e agente carreador 10%). NMP – número mais provável.

A enumeração das bactérias do grupo dos coliformes, cujo *habitat* da maioria é o trato intestinal do ser humano e de outros animais homeotermos é utilizada para avaliar as condições higiênicas do produto, pois quando em alto número indica contaminação decorrente de falha durante o processamento, limpeza inadequada ou tratamento térmico insuficiente, no produto (ASHBOLT; GRABOW; SNOZZI, 2001).

A ausência de *Salmonella* e Coliformes confirmam que os procedimentos sanitários e higiênicos foram corretamente seguidos no desenvolvimento do cajá atomizado e que não houve contato com o microrganismo após o processamento.

6.3.2 Análise sensorial

6.3.2.1. Teste de Aceitação e Intenção de Compra dos néctares de cajá

Os resultados da análise sensorial para as diferentes formulações podem ser observados na Tabela 2. Ao se comparar estatisticamente as médias de cada atributo, verificou-se que não há diferença significativa ($p > 0,05$) entre os atributos analisados diferiu estatisticamente. Percebe-se que para o néctar formulado na condição B as notas atribuídas foram superiores em quase todos os atributos.

Tabela 2. Médias das notas seguidas do desvio padrão para os atributos avaliados pelo teste afetivo de aceitação do néctar reconstituído de polpa em pó de cajá atomizado.

Formulações	Atributos			
	Cor	Aroma	Sabor	Aparência
Condição A	5,5 ^a ±1,3	4,8 ^a ±1,4	4,9 ^a ±1,4	5,4 ^a ±1,3
Condição B	5,9 ^a ±1,0	4,7 ^a ±1,2	5,2 ^a ±1,2	5,5 ^a ±1,5

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de “student” Condição A (140°C, vazão de 0,6L/h e agente carreador 20%) Condição B (140°C, vazão de 0,74L/h e agente carreador 10%).

Nota-se, através dos resultados, que não houve uma formulação mais aceita provadores em relação aos atributos avaliados individualmente.

A aceitação poderia ter sido melhor, se o pó de cajá fosse utilizado como ingrediente adicionado a outros tipos de produtos alimentícios como sorvete, bebida láctea ou iogurte. Entretanto, o néctar foi escolhido por ser a opção que menos esconderia as características reais do pó de cajá, pois na sua composição utilizou-se apenas água açúcar e o pó pesquisado (polpa + agente carreador). Dessa forma, realizou-se a análise do índice de aceitação e rejeição para cada atributo e, de forma geral, objetivando um melhor entendimento dos resultados (Tabela 3 e 4).

Tabela 3. Índice de aceitação e rejeição dos atributos dos néctares de cajá.

	Índice de aceitação (%)				Índice de rejeição (%)			
	Cor	Aroma	Sabor	Aparência	Cor	Aroma	Sabor	Aparência
Condição A	83	66	66	83	10	18	16	10
Condição B	91	54	77	83	3	16	16	12

Condição A (140°C, vazão de 0,6L/h e agente carreador 20%) Condição B (140°C, vazão de 0,74L/h e agente carreador 10%).

Para o índice de aceitabilidade (IA) foram consideradas as notas acima de 5 da escala hedônica, sendo calculado para cada um dos atributos. Analisando a Tabela 3, é possível afirmar que os atributos cor, sabor e aparência, da condição B e a cor e aparência da condição A obtiveram IA acima de 70%, caracterizando como aceitos tais atributos. Porém, quanto ao atributo sabor para condição A e aroma para ambas as condições, a aceitação foi inferior a 70%. Esse fato pode ser explicado devido ao processamento térmico utilizado para produção do pó que promove alterações significativas em prejuízo da qualidade sensorial do produto, visto que características como odor e sabor podem ser conferidas por compostos voláteis, na maioria das vezes termossensíveis (JIAO, CASSANO e DRIOLI, 2004).

Em relação ao índice de rejeição (IR), todos os atributos mostraram percentual bastante inferior a 50% sendo o maior percentual encontrado de 18% para o atributo aroma na condição A (Tabela 3). Apesar de alguns atributos terem um percentual de aceitação menor que 70% seu índice de rejeição foi bem abaixo de 50% o que caracteriza uma imparcialidade dos julgadores quanto a esses atributos não o aceitando, porém não o rejeitando.

Tabela 4. Índice de aceitação e rejeição global para néctares de cajá

Formulações	Média	Aceitação global (%)	Rejeição global (%)
Condição A	5,0	75,0	14,0
Condição B	5,1	76,5	12,1

Condição A (140°C, vazão de 0,6L/h e agente carreador 20%) Condição B (140°C, vazão de 0,74L/h e agente carreador 10%).

Ao se desenvolver um novo produto, um dos pontos fundamentais é analisar sua aceitabilidade, a fim de predizer seu comportamento frente ao mercado consumidor

(MOSCATTO; PRUDÊNCIO-FERREIRA; HAULY, 2004). Analisando a Tabela 4, fica evidenciado que ambas amostras apresentaram médias semelhantes (5,0 e 5,1). Os índices de aceitação foram de 75,0% e 76,5% para as condições A e B, respectivamente. Sendo assim, observou-se que o néctar feito com o cajá atomizado pela condição B apresentou maior índice de aceitabilidade, porém muito semelhante à condição A, o que é justificada pela falta de diferença estatística para os parâmetros analisados individualmente.

Os resultados do teste de intenção de compra para os néctares de cajá podem ser observados nas Figuras 5 e 6.

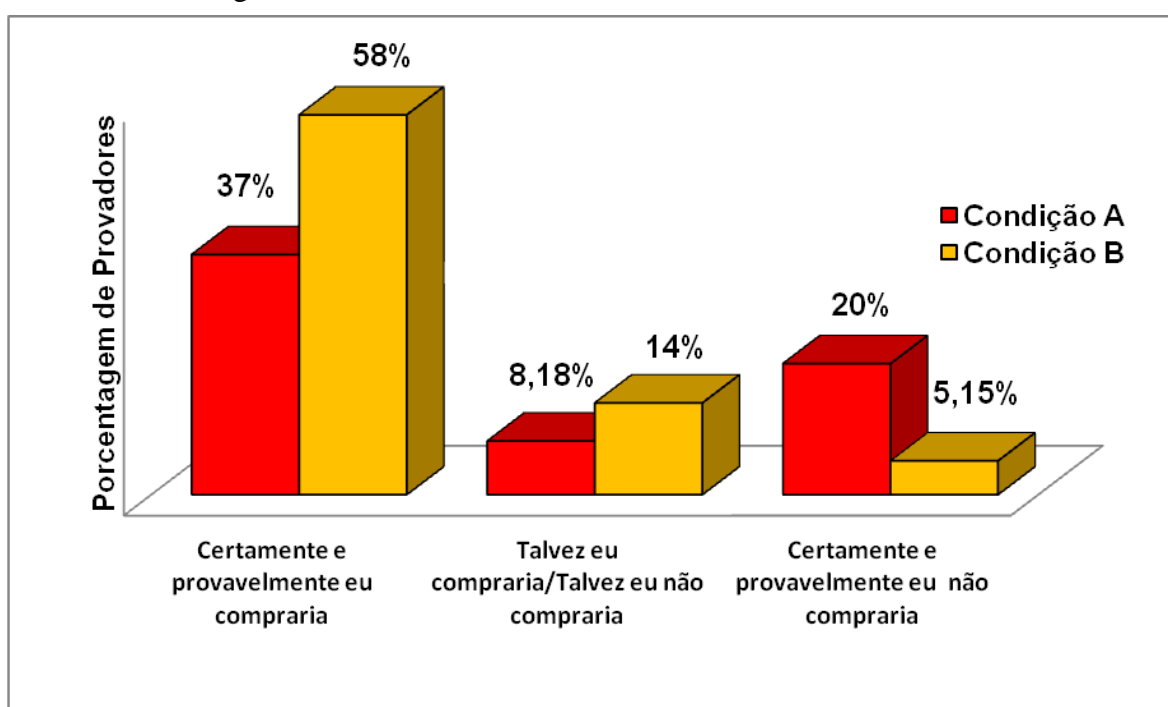


Figura 5. Intenção de compra dos provadores para os dois néctares de cajá. (Condição A (140°C, vazão de 0,6L/h e agente carreador 20%) Condição B (140°C, vazão de 0,74L/h e agente carreador 10%)).

A porcentagem de provadores que “certamente” e “provavelmente comprariam” o produto foi de 37% e 58%, para o néctar obtido pela condição A e B, respectivamente. Para as atitudes “certamente” e “provavelmente não comprariam” foi verificado 20% e 5,15 % para o néctar obtido pela condição A e B respectivamente. Observou-se, também, que nenhum provador optou pela atitude de “certamente não comprar” o produto, sendo que 8,18% e 14% da condição A e B optaram pela categoria “Talvez compraria/ Talvez eu não compraria”, mostrando assim a indecisão de alguns provadores.

Observando a Figura 6, verifica-se que o néctar obtido pela condição B obteve o índice intenção de compra de (73%) superior ao néctar obtido pela condição A, que apresentou apenas 64,8%.

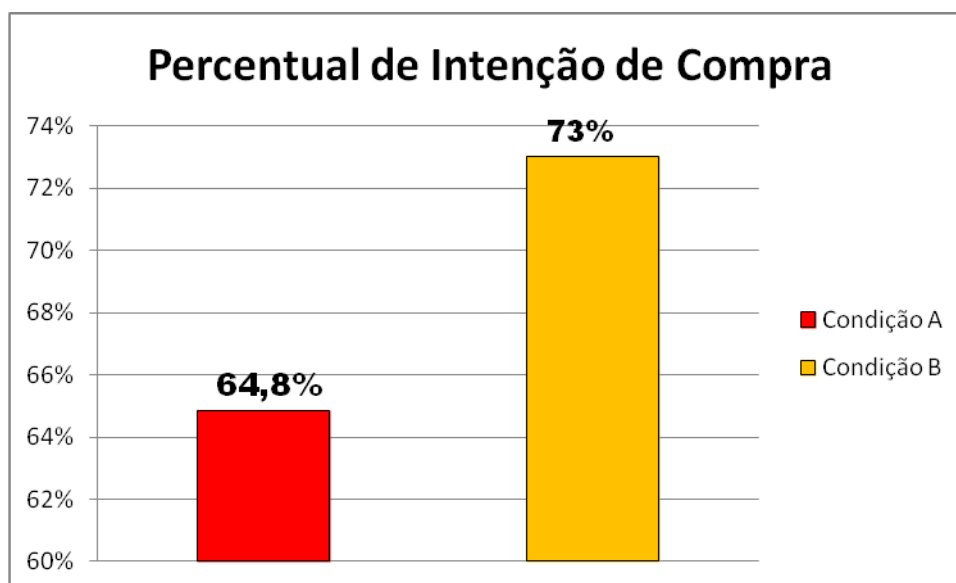


Figura 6. Intenção de compra pelos provadores dos néctares obtidos pela condição A e B (Condição A (140°C, vazão de 0,6L/h e agente carreador 20%) Condição B (140°C, vazão de 0,74L/h e agente carreador 10%)).

6.3.2.2. Teste de preferência do néctar de Cajá

O teste de preferência dos néctares das duas formulações do pó de cajá atomizado e o néctar feito com a polpa de cajá *in natura* foi realizado aplicando-se o teste de comparação múltipla, avaliando os atributos sensoriais aroma e sabor. Os resultados do teste de *Student* a 5% de probabilidade para as duas formulações, bem como as médias das notas atribuídas pelos 66 provadores, para cada atributo e formulação, estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Teste de preferência (comparação múltipla) para os néctares feitos com cajá atomizado e cajá *in natura*.

	Médias	
	Aroma	Sabor
Condição A	2,4 ^a ± 1,2	3,0 ^a ± 2,0
Condição B	2,7 ^a ± 1,5	3,3 ^a ± 1,9

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de *student*, condição A (140°C, vazão de 0,6L/h e agente carreador 20%) condição B (140°C, vazão de 0,74L/h e agente carreador 10%).

Analisando a Tabela 5 observa-se que para todos os atributos não houve diferença significativa, porém o néctar obtido pela condição B obteve melhores resultados para ambos atributos mostrando que essa condição proporcionou características mais próximas da formulação *in natura* e que, as médias dos valores obtidos pelos tratamentos na escala sensorial apresentada para comparação múltipla pelos provadores quanto ao atributo aroma ficaram entre os termos hedônicos “regularmente menos preferido que o padrão” para os dois néctares e em relação ao atributo sabor, as notas recebidas obtiveram médias em termo hedônico “ligeiramente menos preferido que o padrão” o que mostra que o néctar feito com a polpa de cajá *in natura* foi mais preferido que os néctares feito com cajá atomizado tanto para o sabor quanto para o aroma.

Fato que pode ser atribuído a alterações no produto pelo processo de atomização, que alterou o sabor, além disso, o processo de atomização também pode ter causado modificações no aroma da polpa de cajá. As substâncias voláteis do aroma são sensíveis e podem ser perdidas com aquecimento em corrente de ar (JIAO, CASSANO e DRIOLI, 2004).

Na presente avaliação sensorial, foi observado que os atributos sabor e aroma foram afetados pelo processamento da polpa, e que as características diferentes que foram atribuídas ao produto final não foram preferidas pelos provadores em relação ao néctar feito com polpa de cajá *in natura*.

6.3.3. Análises Físico-químicas

Durante a avaliação sensorial foi possível observar que as médias para o néctar obtido pela condição B foram superiores ao néctar obtido pela condição A, além do néctar obtido pela condição B ter um índice de aceitação e intenção de compra superior a 70%, o que fez com que o mesmo fosse escolhido para dar continuidade à pesquisa sendo submetido às seguintes análises: densidade aparente e solubilidade, morfologia das partículas e análise da atividade antioxidante (DPPH e ABTS).

A densidade é uma propriedade extremamente importante em misturas secas, enquanto que em líquidos, a solubilidade é uma das características mais relevantes. O conhecimento da densidade é essencial em processos industriais, no ajuste das condições de estocagem, processamento, embalagem e distribuição. A densidade aparente, densidade da partícula, porosidade e a solubilidade do pó de cajá atomizado são apresentadas na Tabela 6.

Estas propriedades são importantes para a facilidade da reconstituição do suco e são influenciadas pela natureza do alimento (teor de sólidos, viscosidade e temperatura) e as condições operacionais (BARBOSA-CÁNOVAS; JULIANO, 2005; CALISKAN; DIRIM, 2013).

Tabela 6. Densidade aparente e solubilidade do pó de cajá atomizado (Condição B (140°C, vazão de 0,74L/h e agente carreador 10%)).

Análises	Resultados*
Densidade aparente (g/mL)	0,59±0,03
Solubilidade (%)	81,49±0,4

*Médias de triplicata seguidas de desvio padrão.

A densidade aparente do pó de cajá atomizado foi de 0,59 g/mL e está entre os valores observados por Caliskan e Dirim (2013) para atomização de extrato de sumagre, que variou entre 0,58 a 0,77 g/mL (Tabela 6). E, entretanto, foi inferior aos encontrados por Kha et al. (2010), com valores na faixa de 0,70 a 0,73 g/mL, para atomização de suco de fruta Gac usando maltodextrina como agente carreador, e superior aos valores encontrados por Fazaeli et al. (2012), que foi de 0,53 g/mL, Caparino et al. (2012), que foi de 0,57g/mL, e Goula et al. (2004), que foi de 0,10 a 0,25 g/mL.

A solubilidade é um critério importante para avaliar o comportamento do produto na fase aquosa, uma vez que alimentos em pó devem ter uma boa solubilidade para serem úteis e funcionais. Solubilidade é a etapa final de dissolução do pó e é considerada como fator determinante da qualidade geral da reconstituição (CHEN; PATEL, 2008; FANG; SELOMULYA; CHEN, 2008). O pó de cajá atomizado apresentou um teor de solubilidade de 81,49%, resultado coerente com os encontrados por Abadio et al. (2004), que foi de 81,56%, e Fazaeli et al. (2012), que foi de 81%, e superior aos valores encontrado por Kha et al. (2010), que foi de 37% e Liu et al. (2010) que foi de 30 a 72% para abacaxi, amora preta, fruta gac e tomate respectivamente. A boa solubilidade do pó de cajá atomizado pode ser atribuída ao fato da adição de maltodextrina no processamento, pois esta é usada principalmente em processos de atomização, devido as suas propriedades físicas, tais como elevada solubilidade em água (CANO-CHAUCA et al., 2005; GRABOWSKI; TRUONG e DAUBERT, 2006; GOULA e ADAMOPOULOS, 2010)

6.3.3.1 Morfologia das partículas

As variáveis de processo de secagem por atomização exercem influência sobre a morfologia das partículas. Isso é devido, principalmente, à natureza específica de cada material, que torna difícil a classificação das propriedades morfológicas em relação ao processo de secagem, uma vez que a natureza físico-química da “microcápsula” formada durante a secagem determina o comportamento da partícula (WALTON, 2000).

Ainda segundo Walton, (2000) o estudo da morfologia das partículas secas oferece um conhecimento valioso sobre os fundamentos da secagem dos alimentos, assim como dos aspectos físicos e químicos que governam a estrutura das partículas.

As imagens apresentadas na Figura 7 correspondem à morfologia das partículas de cajá atomizado.

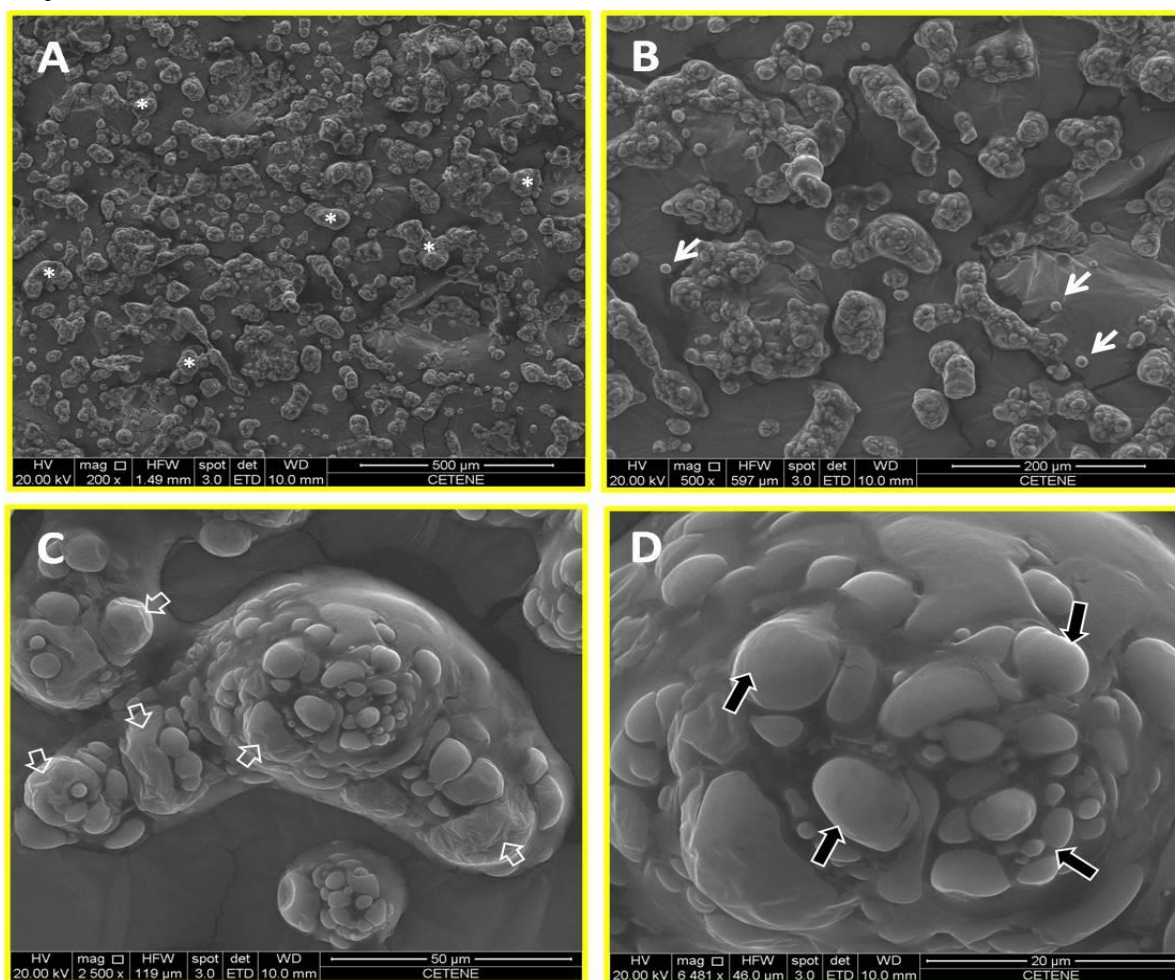


Figura 7. (A-D): Eletromicrografias das partículas de cajá atomizado. **A** – Visão geral da distribuição das partículas em forma de aglomerados apresentando tamanhos variados (asteriscos); **B** – Partículas isoladas (setas curtas); **C** e **D** – Detalhe do aglomerado formado por partículas de diferentes tamanhos que apresentam superfície rugosa (seta aberta) e superfície lisa (seta fechada).

Rosenberg; Kopelman; Talmon (1990); Gharsallaoui, et al. (2007) sugerem que materiais com propriedades carreadoras pobres originam partículas com superfícies muito porosas, altamente rugosas e com quebras. O que não foi observado no atual estudo (Figura 7 D), pois a maioria das partículas possuem paredes contínuas e superfícies externas lisas com tendência a formato esférico e pouca fragmentação.

Analisando a Figura 7(B), verifica-se a presença de uma menor quantidade de partículas isoladas, sendo essas com formato esférico bem pronunciado. No entanto, pode ser observada a presença de algumas partículas com tamanho mais elevado, que em sua maioria possui superfícies rugosas (Figura 7C). Deste modo, a presença de estruturas rugosas pode ser explicada pela formação de vacúolos dentro das partículas após o desenvolvimento da microcápsula (NIJDAM; LANGRISH, 2006).

De acordo com as eletromicrografias, é possível afirmar que o cajá atomizado apresenta partículas empilhadas (aglomeradas) formando grumos e com uma forte atração entre si (Figura 7 A-C), fato também observado por Cano-chauca (2005); Georgett et al (2008) e Fazaeli et al.(2012), estudando atomização de tomate, soja e amora preta, respectivamente. De acordo com Gharsallaoui, et al. (2007), a conversão de materiais ricos em açúcar, como as frutas, não é fácil, devido à presença de uma proporção elevada de açúcares de baixo peso molecular em sua composição, tais constituintes apresentam baixa temperatura de transição vítrea (T_g), uma das principais razões para viscosidade e aglomeração do pó.

6.3.3.2 Atividade antioxidante

Nos últimos anos, tem sido adaptada uma ampla gama de ensaios de espectrofotometria para medir a capacidade antioxidante de alimentos, os mais utilizados empregam os radicais ABTS e o DPPH. A capacidade do antioxidante de capturar o DPPH• baseia-se na transferência de hidrogênio e/ou de elétrons de um composto antioxidante para o DPPH• com conseqüente perda da coloração púrpura da solução do radical DPPH. O grau desta descoloração, monitorado espectrofotometricamente, evidencia a habilidade do(s) composto(s) de sequestrar o radical (FLOEGEL et al., 2013; CRAFT et al., 2012).

Por tanto, a capacidade antioxidante do cajá atomizado medida pelo método DPPH e expressa em EC_{50} foi de $159,39 \pm 3,81$ g amostra /g DPPH. Considerando que a maior eficiência em sequestrar o DPPH• é inversamente proporcional ao valor de EC_{50} ,

a capacidade do pó de cajá sequestrar o radical DPPH (EC_{50}) foi superior a de algumas frutas. Rufino et al. (2010) fazem referência a valores de EC_{50} de 906; 890; 933 g de amostra/ g DPPH para caju, mangaba, umbu, respectivamente. Ainda, segundo Rufino et al. (2010), o valor de EC_{50} encontrado para polpa de cajá foi de 1064 ± 162 g de amostra/g de DPPH evidenciando a superioridade do cajá atomizado. No entanto, ao comparar com a capacidade de sequestro de outros pós atomizados percebe-se que o do cajá não apresentou uma capacidade antirradical muito expressiva. Fang e Bhandari (2011) relatam valor de EC_{50} de 0,013 amostra/g DPPH para bayberry atomizada. Couto et al. (2012), Peng et al. (2010) e Martins et al.(2012); estudando alecrim, batata-doce roxa e cúrcuma atomizadas encontraram, valores de EC_{50} de 0,0176 a 0,0219; de 0,024 e de 0,053 a 0,083g de amostra/g DPPH, respectivamente.

Avaliando a capacidade de sequestro do DPPH• expressa em percentual de sequestro do radical aos 10 minutos de reação, foi observado uma ação de aproximadamente 62,56%. Este valor encontra-se na faixa de valores determinados por Silva et al. (2013) para própolis atomizado (61 e 74%) e superior ao encontrado por Krishnaiah; Sarbatly e Nithyanandam (2012) para *Morinda citrifolia* atomizada (28, 36 %), contendo maltodextrina como agente carreador. Segundo a classificação estabelecida por Melo et al. (2008) que avalia a capacidade de sequestro em forte quando o percentual de sequestro atingir valores acima de 70 %, moderada entre 50 e 70% e fraca abaixo de 50%, pode-se considerar que o pó de cajá atomizado exibiu uma moderada capacidade de sequestro do DPPH•.

De acordo com Craft et al. (2012), a capacidade antioxidante equivalente ao trolox (TEAC) é um ensaio baseado na capacidade do antioxidante de capturar o radical ABTS por reação de transferência de elétron e/ou de hidrogênio. Elevado valor de TEAC demonstram elevada capacidade antioxidante, tendo em vista que a atividade antirradical está diretamente relacionada ao valor de TEAC. A capacidade do pó de cajá atomizado de sequestrar o radical ABTS•+ foi de $19,63 \pm 0,94$ $\mu\text{mol TEAC/g}$ de amostra, mostrando-se inferior a ação da polpa de cajá ($40,7 \pm 2,2$ $\mu\text{mol TEAC/g}$) determinada por Rufino et al. (2010).

Ao comparar a ação antioxidante do cajá atomizado deste estudo com valores encontrados na literatura para produtos que empregaram a mesma tecnologia, constata-se que o cajá atomizado é pouco eficaz para a captura do radical ABTS. Langrish; Premarajah (2012) encontraram 321 $\mu\text{mol TEAC /g}$ para extrato de vegetais atomizado;

valores de 80 a 140 $\mu\text{mol trolox/g}$ de amostra foram relatados por Kha; Nguyen e Roach (2010) para fruto Gac aril atomizado.

Segundo Craft et al. (2012), o mecanismo de ação do antioxidante frente ao radical ABTS pode ser por transferência de elétron e/ou de hidrogênio. A interação do antioxidante com o meio, o tamanho, a polaridade e a acidez do grupo hidroxil do fenólico vai determinar se o mecanismo predominante será o de transferência de hidrogênio ou de elétron. Por outro lado, a estrutura química e a concentração do composto na amostra são fatores que também influenciam na ação antioxidante. Assim, considerando os resultados obtidos, é possível inferir que os polifenóis presentes no cajá atomizado, especialmente os majoritários, adotaram mecanismo de ação que os tornaram menos efetivos na captura do radical ABTS, porém frente ao radical DPPH exibiram ação intermediária. Além disso, a baixa concentração de fenólicos totais no produto (0,81 mg EAG/g) pode ter influenciado na eficácia da ação antirradical, tendo em vista que a literatura faz referência a existência de relação positiva entre o teor de fenólicos totais e a capacidade antioxidante de pós de frutos atomizados (Krishnaiah, Sarbatly e Nithyanandam, 2012; Krishnaiah et al. 2012; Fang e Bhandari, 2011).

6.4 CONCLUSÃO

O cajá atomizado na condição B (140°C, vazão de 0,74L/h e agente carreador 10%), apresentou os melhores valores em relação à análise sensorial com índices mais elevados de aceitação e intenção de compra, sendo então esta condição escolhida para a continuidade da pesquisa.

A densidade da partícula apresentou valor semelhante ao encontrado na literatura para o processamento utilizado.

O pó de cajá tem um bom percentual de solubilidade, característica importante para uma futura utilização do produto.

A partícula do pó de cajá apresentou uma tendência à forma esférica em sua maioria com superfície lisa e formando aglomerados, apresentando em menor quantidade partículas maiores com a superfície enrugada e algumas partículas isoladas.

Frente à ação antioxidante exibida para o radical DPPH e o ABTS, o cajá atomizado apresentou níveis de atividade intermediária e baixa, respectivamente, fato relacionado com o baixo teor de compostos fenólicos encontrado no pó.

Diante desse panorama percebe-se que o cajá atomizado tem um expressivo espaço para desenvolvimento, tanto em termos de produção quanto de consumo.

6.5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHBOLT, N.; GRABOW, J. W. O. K.; SNOZZI, M. Indicators of microbial water quality. **Water Quality: Guidelines, Standards and Health**. Ed. Lorna Fewtrell and Jamie Bartram, London, p.289-316, 2001.

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.

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

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v.28, n.1, p.25-31, 1995.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 10 de janeiro de 2001.

CALISKAN, G.; DIRIM, S. N. The effects of the different drying conditions and the amounts of maltodextrin addition during spray drying of sumac extract. **Food and Bioproducts Processing**, in press, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2013.06.00>

CAPARINO, O.A.; TANG, J.; NINDO, C.I.; SABLANI, S.S.; POWERS, J.R.; FELLMAN, J.K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine ‘Carabao’ var.) powder, **Journal of Food Engineering**, v.111, p.135-148, 2012.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.5, p.420-428, 2005.

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.

CHEN, X.D.; PATEL, K.C. Manufacturing better quality food powders from spray drying and subsequent treatments. **Drying Technology**, v.26, p.1313–1318, 2008.

CRAFT, B.D; KERRIHAD, A.L.; AMAROWIEZ, R.; PEGG, R.B.; Phenol-based antioxidants and the in vitro methods used for their assessment. **Food science**, v. 11, p. 148-173, 2012.

COUTO, R.O.; CONCEIÇÃO E. C.; CHAUL, L. T.; OLIVEIRA, E. M. S.; MARTINS, F. S.; BARA, M. T. F.; REZENDE, K. R.; ALVES, S. F.; Paula, J. R. Spray-dried rosemary extracts: Physicochemical and antioxidant properties, **Food Chemistry**, v.131, p. 99–105, 2012.

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

FANG, Y.; SELOMULYA, C.; CHEN, X.D. On measurement of food powder reconstitution properties. **Drying Technology**, v. 26, p.3–14, 2008 .

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.

FLOEGEL, A.; KIMB, D.O.; CHUNG, S.J.; KOOA, S.; CHUN O. K. Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 24, p. 1043–1048, 2013.

GARDNER, P. T.; WHITE, T. A. C.; MCPHAIL, D. B.; DUTHIE, G. G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruits juices. **Food Chemistry**, v. 68, n. 4, p. 471-474, 2000.

GEORGETTIA, S. R.; CASAGRANDE, R.; SOUZA, C. R. F.; OLIVEIRA W. P.; FONSECA, M. J. V. Spray drying of the soybean extract: Effects on chemical properties and antioxidant activity, *Science and Technology*, v. 41, p. 1521–1527, 2008.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Application 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.; KAZAKIS, N.A. Influence of spray drying conditions on tomato powder properties. **Drying Technology**, v.22, n.5, p.1129-1151, 2004.

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.

GRABOWSKI, J.A.; TRUONG, V.D.; DAUBERT, C.R. Spray-drying of amylase hydrolyzed sweetpotato puree and physicochemical properties of powder. **Journal of Food Science**, v.71, p.209-217, 2006.

IMM, B.Y.; LEE, J.H.; LEE, S.H. Sensory quality index (SQI) for commercial food products. **Food Quality and Preference**, v. 22, n. 8, p. 135–139. 2011.

JIAO, B.; CASSANO, A.; DRIOLI, E. Recent advances on membrane processes for the concentration of fruit juices: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 63, p. 303-324, 2004.

KHA, T. C.; NGUYEN, M. H.; ROACH, P. D. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. **Journal of Food Engineering**, v. 98, p. 385-392, 2010.

KRISHNAIAH D.; BONO A.; SARBATLY R.; NITHYANANDAM R.; ANISUZZAMAN S.M. Optimisation of spray drying operating conditions of *Morinda citrifolia* L. fruit extract using response surface methodology. **Journal of King Saud University – Engineering Sciences** (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jksues.2012.10.004>.

KRISHNAIAH, D.; SARBATLY, R.; NITHYANANDAM, R. Microencapsulation of *Morinda citrifolia* L. extract by spray-drying, **Chemical Engineering Research and Design**, v. 90, p. 622–632, 2012.

LANGRISH, T.A.G.; PREMARAJAH, R. Antioxidant capacity of spray-dried plant extracts: Experiments and simulations, **Advanced Powder Technology**, v. 24, p. 771–779, 2013.

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

MARTINS, R. M.; PEREIRA, S. V.; SIQUEIRA, S.; SALOMÃO, W. F.; FREITAS, L. A. P. Curcuminoid content and antioxidant activity in spray dried microparticles containing turmeric extract, **Food Research International**, v. 50, p.657–663, 2013.

MELO, E. A; MACIEL, M. I. S; LIMA, V. L. A. G; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmaceuticas**, v. 44, 2008.

MOSCATTO, J.A.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S.H.; HAULY, M.C.O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n.4, p. 634-640, 2004.

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

PENG Z.; LI, J.; GUAN, Y.; ZHAO, G.; Effect of carriers on physicochemical properties, antioxidant activities and biological components of spray-dried purple sweet potato flours, **Food Science and Technology**, v. 51, p. 348-355, 2013.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, 26, p. 1231–1237, 1999.

ROSENBERG, M.; TALMON, Y.; KOPELMAN, I. J. Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatile materials. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 36, p. 1288-1294, 1990.

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

SANCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F., A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 76, p.270–276, 1998.

SILVA, F.C.; FONSECA, C. R.; ALENCAR, S. M.; THOMAZINIA, M.; BALIEIRO C. C.; PITTIA, P.; FAVARO-TRINDADE, C.S. Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried propolis, a natural food additive, using gum Arabic and OSA starch-based carrier systems, **Food and Bioproducts Processing**, v.9, p.1 28–36, 2013.

STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory evaluation practices**. 3rd ed. London: Academic Press, Inc., 408p., 2004.

TEIXEIRA, E; MEINERT, E; BARBETTA, P. A. **Análise sensorial dos alimentos**. UFSC, 182p, 1987.

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

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

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.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho demonstra que a obtenção de polpa de cajá atomizada pode ser viável seguindo as seguintes variáveis de processamento da condição B (Temperatura de 140°C, vazão mássica de 0,74L/h e 10% de agente carreador, respectivamente).

O cajá atomizado apresenta grande potencial de utilização, com boa solubilidade e retenção de carotenoides totais, além do baixo conteúdo de umidade e atividade de água, que facilitam seu armazenamento e transporte, com boa aceitação e intenção de compra (acima de 70%) pelos prováveis consumidores, a comercialização deste produto, como também a sua utilização como ingrediente em diversos produtos alimentícios pode ter um significativo espaço e incrementar a produção de cajá, ampliando as perspectivas econômicas dos pequenos e médios produtores e consequentemente da região Nordeste.

Anexo



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO

Registro CEP/UPE: 235/11

Registro CAAE: 0236.0.097.000-11

Área de Conhecimento: Ciências Domésticas/Tecnologia de Alimentos Grupo: III

Instituição de Origem: Universidade Federal Rural de Pernambuco

Título: Desenvolvimento de produtos alimentícios inovadores a partir de polpas de frutos diversos.

Pesquisador Responsável: Maria Inez Sucupira Maciel

Pesquisadoras: Diana Teresa de B. Cavalcanti, Jackeline de A. Silva e Náira Paes de Moura

O plenário do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Pernambuco CEP/UPE, no exercício de suas atribuições legais e em consonância com a Resolução 196/96 do CNS/MS, considera que o estudo objeto deste documento, é pertinente, com metodologia adequada aos objetivos propostos, não apresenta riscos, contém medidas protetoras ao sujeito, apresenta toda documentação exigida e não apresenta agravo ético. Sendo assim o CEP opina favoravelmente ao pleito do pesquisador, considerando o projeto como **"APROVADO"**.

O CEP/UPE informa ao pesquisador que tem por obrigação:

- Comunicar toda e qualquer alteração do projeto e/ou do TCLE. Nestas circunstâncias, a inclusão de pacientes deve ser suspensa temporariamente, até a resposta do Comitê, após análise das mudanças propostas;
- Comunicar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento do estudo;
- Para pesquisas com duração até 18 meses, apresentar relatório final após o término da pesquisa;
- Para pesquisas com duração acima de 18 meses, apresentar relatório parcial neste período e o final após o término da pesquisa;
- O relatório final deverá ser entregue ao CEP uma via em CD.

Agradecemos a oportunidade de podermos contribuir para o avanço da ciência e na apreciação do referido projeto. Colocamo-nos à disposição, para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários.

Reiteramos votos de sucesso.

Recife, 20 de dezembro de 2011.

Prof. Dr. Antonio Pereira Filho
 Prof. Adjunto de Universidade de Pernambuco - UPE
 Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa
 do Departamento de Psicologia

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP/UFPE
 Av. Agamenon Magalhães, s/n Santo Amaro Recife - PE
 CEP - 50100-010 - FONE: 3183.3775