



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



DISSERTAÇÃO

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO DE
PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**ESTABILIDADE DOS COMPOSTOS BIOATIVOS DA POLPA DE SERIGUELA EM
PÓ OBTIDA POR SECAGEM EM LEITO DE JORRO**

ANALHA DYALLA FEITOSA LINS

Campina Grande - Paraíba

FEVEREIRO– 2016

ANALHA DYALLA FEITOSA LINS

**ESTABILIDADE DOS COMPOSTOS BIOATIVOS DA POLPA DE SERIGUELA EM
PÓ OBTIDA POR SECAGEM EM LEITO DE JORRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Processamento e Armazenamento de Produtos
Agrícolas**

**ORIENTADORAS: Prof^a. Dr^a. Ana Paula Trindade Rocha
Prof^a. Dr^a. Josivanda Palmeira Gomes**

**Campina Grande- Paraíba
FEVEREIRO – 2016**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

L759e Lins, Analha Dyalla Feitosa.
Estabilidade dos compostos bioativos da polpa de seriguela em pó obtida por secagem em leito de jorro / Analha Dyalla Feitosa Lins. – Campina Grande, 2016.
99 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.
"Orientação: Profa. Dra. Ana Paula Trindade Rocha, Profa. Dra. Josivanda Palmeira Gomes".
Referências.

1. *Spondias purpurea* L - Seriguela. 2. Desidratação. 3. Leite Ativo. 4. Análise Químicas. I. Rocha, Ana Paula Trindade. II. Gomes, Josivanda Palmeira.. III. Título.

CDU 634.442(043)



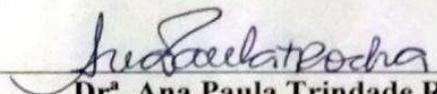
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

ANALHA DYALLA FEITOSA LINS

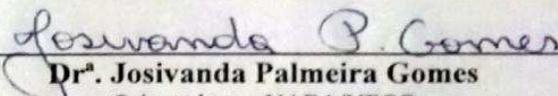
**ESTABILIDADE DOS COMPOSTOS BIOATIVOS DA POLPA DE SERIGUELA
EM PÓ OBTIDA POR SECAGEM EM LEITO DE JORRO**

APROVADA: 25 de fevereiro de 2016

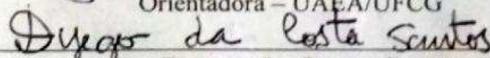
BANCA EXAMINADORA



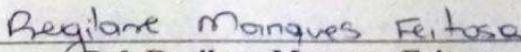
Dr^a. Ana Paula Trindade Rocha
Orientadora - UAEALi/UFPG



Dr^a. Josivanda Palmeira Gomes
Orientadora - UAEA/UFPG



Dr. Dycgo da Costa Santos
Examinador - PDJ/CNPQ/UFPG



Dr^a. Regilane Marques Feitosa
Examinadora - PNPd/CAPES/UFPG

*Dedico este trabalho a minha
Mãe, Maria Sales Feitosa e ao
meu Irmão, Antonio Mauricio
Feitosa Lins.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar saúde e força e me mostrar que todos os dias que eu tenho uma nova chance para fazer diferente e dar o meu melhor.

A minha mãe, que sempre desempenhou o papel de Mãe e Pai com todo amor, garra, dedicação, integridade, honestidade e que nunca mediu esforços para me ajudar, me apoiar e mostrar sempre o que a vida tem a oferecer.

A meu irmão, por ser meu amigo, companheiro, conselheiro, paciente e por sempre me orientar, me apoiar nas escolhas e acreditar que posso ir mais além.

A meu pai, Francisco Cleibones Morais Lins que, apesar de ausente, nunca me desamparou quanto ao que precisava para sobreviver.

A toda minha família, pelo imenso amor e compreensão pela minha ausência nos momentos felizes e tristes, em especial a minha avó Eulina e a meu primo, Carlos Eduardo (*in memoriam*), os quais perdi durante a caminhada do mestrado, mas sei o quanto ficaram felizes e que continuarão me olhando e protegendo juntamente com Deus.

A meu namorado, Gregory por todo amor, paciência, incentivo, compreensão e por me ajudar em tudo, nesta trajetória.

Às minhas companheiras de apartamento e da vida, Livia e Regilane, por todo o ensinamento, conselhos, carinho e por terem paciência comigo em todos os momentos.

A meus mestres da Faculdade, em especial Luciana Façanha, Edna Mori, Janeanne e Mellissa por toda dedicação e incentivo para o ingresso no mestrado.

A todos os amigos que deixei e conquistei obrigada pela torcida e por me fazerem feliz, tornando meus dias mais alegres e as labutas menos pesadas; às cearenses, em especial a Francinalva, que me orientou desde o início do projeto; a Inácia, Deise e Luzia que me ajudaram a desenvolver etapas do trabalho. Às meninas do laboratório, Renata e Rebeca, que me ajudaram sempre que precisei e às amigas que conquistei no mestrado, Josenara e Marcela, por compartilharem momentos felizes, nossos medos e anseios mas que, no final sempre faziam com que isto se tornasse sorrisos.

Às minhas orientadoras, Ana Paula e Josivanda, por me nortearem, mostrando por onde e como seguir, por toda compreensão, paciência, experiência e conhecimentos repassados e aos membros da banca, Regilane e Dyego, por todas as contribuições necessárias.

À Universidade Federal de Campina Grande, por propiciar este crescimento na minha vida acadêmica, aos laboratórios utilizados, pela disponibilidade de equipamentos e materiais e aos laboratoristas responsáveis, obrigada por me ajudarem a desempenhar com êxito este papel.

À CAPES, pela bolsa concedida.

A todos, meu Muito Obrigada!!!

"A máquina, que produz abundância, tem-nos deixado em penúria. Nossos conhecimentos fizeram-nos céticos; nossa inteligência, empedernidos e cruéis. Pensamos em demasia e sentimos bem pouco. Mais do que de máquinas, precisamos de humanidade. Mais do que de inteligência, precisamos de afeição e doçura. Sem essas virtudes, a vida será de violência e tudo será perdido. (...) Soldados! Não batalheis pela escravidão! Lutai pela liberdade! No décimo sétimo capítulo de São Lucas está escrito que o Reino de Deus está dentro do homem — não de um só homem ou grupo de homens, mas dos homens todos! Está em vós! Vós, o povo, tendes o poder — o poder de criar máquinas. O poder de criar felicidade! Vós, o povo, tendes o poder de tornar esta vida livre e bela... de fazê-la uma aventura maravilhosa. Portanto — em nome da democracia — usemos desse poder, unamo-nos todos nós. Lutemos por um mundo novo... um mundo bom que a todos assegure o ensejo de trabalho, que dê futuro à mocidade e segurança à velhice. (...)"

Charlie Chaplin

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo geral.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Seriguela.....	4
2.2 Secagem.....	6
2.2.1 Secagem em leito de jorro.....	9
2.3 Maltodextrina.....	12
2.4 Compostos bioativos.....	13
2.4.1 Vitamina C.....	13
2.4.2 Taninos.....	15
2.4.3 Flavonóides.....	17
2.4.4 Antocianinas totais.....	18
2.4.5 Compostos fenólicos.....	19
2.4.6 Antioxidantes.....	20
2.4.7 Carotenóides.....	22
2.5 Estado da arte: Compostos bioativos.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 Local de realização dos experimentos.....	29
3.2 Matéria-prima.....	29
3.3 Características físicas do fruto seriguela.....	29
3.3.1. Massa individual.....	29
3.3.2 Volume.....	29
3.3.3 Massa específica real.....	30
3.3.4 Massa específica aparente.....	30
3.3.5 Porosidade.....	30
3.3.6 Dimensões mutuamente perpendiculares.....	31
3.3.7 Circularidade.....	31

3.3.8 Esfericidade.....	31
3.3.9 Cor.....	32
3.4 Processamento da seriguela para obtenção da polpa.....	32
3.4.1 Caracterização físico- química da polpa de seriguela.....	33
3.4.1.1 Atividade de água.....	33
3.4.1.2 Teor de água.....	33
3.4.1.3 Sólidos solúveis totais.....	33
3.3.1.4 pH.....	33
3.3.1.5 Acidez total titulável.....	33
3.3.1.6 Cinzas.....	33
3.3.1.7 Açúcares totais, redutores e não redutores.....	34
3.3.1.8 Cor.....	34
3.4.2 Caracterização química da polpa de seriguela.....	34
3.4.2.1 Vitamina C.....	34
3.4.2.2 Taninos condensados.....	36
3.4.2.3 Flavonóides amarelos.....	35
3.4.2.4 Fenólicos totais.....	35
3.4.2.5 Antocianinas.....	35
3.4.2.6 Atividade antioxidante.....	36
3.4.2.7 Clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenóides totais.....	36
3.5 Elaboração e secagem das polpas formuladas em secador de leito de jorro.....	37
3.6 Caracterização química dos pós de seriguela.....	38
3.7 Seleção e Caracterização do pó selecionado.....	38
3.7.1 Caracterização física do pó selecionado.....	38
3.7.1.1 Molhabilidade.....	38
3.7.1.2 Solubilidade.....	39
3.7.1.3 Higroscopicidade.....	39
3.7.1.4 Densidade aparente.....	39
3.7.1.5 Densidade compactada.....	40
3.7.1.6 Fator de Hausner	40
3.7.1.7 Índice de compressibilidade.....	40
3.7.2 Caracterização química do pó.....	40
3.8 Isotermas de adsorção de agua.....	41

3.9 Análise morfológica dos pós de seriguela.....	42
3.10 Análise estatística.....	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1 Propriedades físicas dos frutos de seriguela.....	43
4.2 Caracterização físico- química da polpa integral de seriguela.....	45
4.3 Caracterização química da polpa integral de seriguela.....	47
4.4 Caracterização físico-química dos pós obtidos por secagem em leito de jorro...	50
4.5 Caracterização química dos pós obtidos por secagem em leito de jorro.....	61
4.6 Seleção do melhor pó e determinação das suas propriedades físicas e químicas	67
4.7 Caracterização física e química do melhor pó selecionado.....	68
4.8 Isotermas de adsorção.....	71
4.9 Microscopia da polpa integral e do pó selecionado.....	74
5. CONCLUSÕES.....	78
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Composição centesimal, de minerais e vitaminas em 100 g de seriguela..	5
Tabela 3.1 Formulações de polpa de seriguela e maltodextrina destinadas à secagem em leito de jorro.....	377
Tabela 3.2 Modelos utilizados para representação dos dados experimentais.....	41
Tabela 4.1 Propriedades físicas dos frutos de seriguela	433
Tabela 4.2 Parâmetros físicos- químicos da polpa integral de seriguela.....	455
Tabela 4.3 Parâmetros químicos da polpa integral de seriguela.....	477
Tabela 4.4 Valores das comparações da a_w dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.....	500
Tabela 4.5 Resultados das comparações dos teores de água dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.....	522
Tabela 4.6 Resultados dos valores de pH dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.....	544
Tabela 4.7 Resultados das comparações dos valores de acidez total titulável dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.	555
Tabela 4.8 Resultados das comparações do conteúdo de cinzas dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.	566
Tabela 4.9 Resultados das comparações da luminosidade (L^*), Intensidade de vermelho (a^*) e Intensidade de amarelo (b^*) dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.	577
Tabela 4.10 Resultados das comparações dos sólidos solúveis totais dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.	600
Tabela 4.11 Resultados das comparações dos teores de vitamina C dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.	611
Tabela 4.12 Resultados das comparações dos teores de taninos condensados dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.	6363
Tabela 4.13 Resultados das comparações dos valores de flavonóides amarelos dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.	644
Tabela 4.14 Resultados das comparações dos teores de clorofila a, b e total dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.	655
Tabela 4.15 Resultados das comparações dos teores carotenóides dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.	666

Tabela 4.16. Propriedades físicas e químicas do pó a 80 °C e 3% de Maltodextrina.	68
Tabela 4.17. Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de umidade do pó de seriguela a 80 °C e 3% de Maltodextrina.	722

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. A serigueleira e a seriguela madura (<i>Spondias purpurea</i> L.).	5
Figura 2.2. Secador de leite de jorro.	9
Figura 2.3. Esquema do leite de jorro utilizado na secagem.	10
Figura 2.4. Estrutura do ácido ascórbico.	14
Figura 2.5. Estruturas dos taninos condensados ou proantocianidinas.	16
Figura 2.6. Estrutura básica dos flavonóides (C6-C3-C6).	17
Figura 2.7. Estrutura do cátion flavilium (R1 e R2: H, OH ou OCH ₃ ; R3: H ou glicosídeo; R4: OH ou glicosídeo).	18
Figura 2.8. Estrutura química de antioxidantes naturais, α -tocoferol, ácido ascórbico e β -caroteno.	212
Figura 2.9. Alguns exemplos de carotenóides.	23
Figura 3.1. Fluxograma do processamento da seriguela	32
Figura 4.1. Isotermas de adsorção de umidade da seriguela em pó com ajustes pelo modelo de Peleg.	73
Figura 4.2. As imagens de microscopia eletrônica de varredura da polpa de seriguela integral; ampliações A-250x, B- 350x, C- 700x, D- 1400x, E- 2100 e F- 3500x.	75
Figura 4.3 As imagens de microscopia eletrônica de varredura do pó de seriguela produzido na condição de secagem em leite de jorro a 80 °C com adição de 3% de maltodextrina; ampliações A-250x, B- 350x, C- 700x, D- 1400x, E- 2100 e F- 3500x.	76

RESUMO

A seriguela é um fruto com sabor exótico, rica em nutrientes e com bastante aceitação no mercado, porém, por ser um fruto climatérico, torna-se muito perecível acarretando grandes perdas. A secagem se destaca como alternativa de processamento pós colheita, no entanto, a mesma pode resultar em danos significativos de compostos susceptíveis a reações de oxidações ocorridas durante o processamento comprometendo a qualidade do produto final; assim, o objetivo desta pesquisa é obter a seriguela em pó pelo processo de secagem em leito de jorro e a avaliar a estabilidade dos compostos bioativos dos pós após o processamento. Foram realizadas análises físicas dos frutos, físico-químicas e químicas da polpa integral e dos pós obtidos a partir da secagem em secador de leito de jorro nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e quatro concentrações de maltodextrina (0, 3, 6 e 9%). Prodeceu-se à seleção do melhor pó de acordo com os dados de atividade de água, teor de água e teor de compostos bioativos. Quanto ao comportamento dos compostos bioativos, de acordo com o aumento da temperatura, todos tenderam a se concentrar. Referente ao aumento da concentração de maltodextrina, o teor de vitamina C, taninos condensados e flavonoides amarelos tenderam a reduzir, porém o teor de clorofila a, b e total e os carotenoides totais, tendem a aumentar mas não apresentaram comportamento definido. O pó que apresentou boa estabilidade e concentração de compostos bioativos, foi obtido a temperatura de 80 °C com 3% de maltodextrina. Entre os modelos de GAB, Oswin e Peleg, o último foi o que apresentou os melhores ajustes aos dados experimentais das isotermas de adsorção de água com coeficiente de determinação $> 0,99$ e desvio percentual médio $< 1,7\%$ e apresentaram comportamento típico da curva do tipo II, denominada sigmoide ou em forma de S. Quanto à morfologia das partículas da polpa de seriguela e pó obtido a 80 °C com 3% de maltodextrina apresentaram-se organizadas e com formato esférico.

Palavras-chave: *Spondias purpurea* L., desidratação, leito ativo, análises químicas.

ABSTRACT

The hog plum is a fruit with exotic flavor, rich in nutrients and well accepted in the market, however, as a climacteric fruit, it is very perishable causing great losses. Drying stand out as crop processing pós Alternatively, however, it can result in significant damage compounds susceptible to oxidation reactions that occur during processing compromising the quality of the final product; thus, the objective of this research is to get the hog plum powder by drying process in a spouted bed and to assess the stability of the bioactive compounds of post after processing. Physical analyzes of fruits, physicochemical and chemical characteristics of the whole pulp and powders were performed obtained from the drying spouted bed dryer at temperatures of 60, 70 and 80 °C and four maltodextrin concentrations (0, 3, 6 and 9%). Proceeded to the selection of the best powder according to the data water activity, water content and content of bioactive compounds. The behavior of the bioactive compounds in accordance with the increase in temperature all tended to concentrate. Referring to the concentration of maltodextrin, the content of vitamin C, flavonoids, condensed tannins and yellow tended to decrease, but the content of chlorophyll a and b and total carotenoids, tendenram increase but showed no definite behavior. The powder had good stability and concentration of bioactive compounds was obtained at 80 °C with 3% maltodextrin. Among the models of GAB, Oswin and Peleg, the latter was what presented the best fit to the experimental data of water adsorption isotherms with determination coefficient $> 0,99$ and average percentage deviation $<1,7\%$ and showed typical behavior curve type II, called sigmoid or form of S. Regarding the particle morphology of pulp and hog plum powder obtained at 80 °C with 3% maltodextrin they presented themselves arranged and spherically shaped.

Keywords: *Spondias purpurea* L., dehydration, active bed, chemical analysis.

1 INTRODUÇÃO

A seriguela (*Spondias purpurea* L.) é um fruto exótico tropical, pertencente à família *Anacardiaceae* originada na América central, mas amplamente cultivada na região Nordeste do Brasil; possui alta concentração de carboidratos totais e boa fonte de minerais; além disso, apresenta fonte de vitamina C, possui capacidade antioxidante, teores de taninos, clorofila, carotenoides, compostos fenólicos, flavonoides e antocianinas, que conferem ao fruto, cor, sabor, aroma, amargor, adstringência e textura e ao ser humano protegem as células de dano oxidativo, antitumor, anticarcinogênico, antibacteriano, prevenção de doenças cardiovasculares, atividade anti-inflamatória, defesa e retardo do envelhecimento.

Segundo Correia (2011) devido à enorme capacidade de produção e em virtude das características fisiológicas da seriguela serem de um fruto climatérico, há uma busca constante de técnicas e processos para reduzir seu desperdício, prolongar a vida útil do fruto, isolar substâncias para fins nutricionais, ampliando métodos para a conservação e disponibilidade desses nutrientes, dos compostos bioativos, apresentar qualidade sensorial e conseqüentemente, diversificando a apresentação e a forma desse fruto no mercado.

Polpas de fruta desidratadas ou na forma de pó possuem inúmeras vantagens sobre a forma líquida, como volume, peso e embalagem reduzidos, facilidade de manuseio, armazenamento e transporte; além disto, tem-se mostrado uma alternativa de processamento pós-colheita garantindo a obtenção de um produto que apresenta baixo teor de água, maior estabilidade e disponibilidade desse produto fora da safra.

A utilização do secador tipo leito de jorro apresenta uma alternativa interessante devido às suas características, tais como alta taxa de circulação de partículas inertes, bons coeficientes de transferência de calor e massa e a uniformidade da temperatura no leito (MELO et al., 2010). Este secador admite que se obtenha um produto com granulometria fina e uniforme, com tempos de contato curtos entre partícula-ar na zona de jorro, o que contribui para a qualidade do produto (ROCHA et al., 2008). É usado para a secagem de pastas e suspensões produzindo um pó de alta qualidade e de baixo custo (BEZERRA et al., 2013).

O uso de aditivos (ou agentes carreadores) no processo de secagem é um método indispensável na maioria das polpas de frutas devido ao alto teor de açúcares presentes nesses materiais o que os tornam propícios à caramelização, inviabilizando o processo (SHAHIDI e HAN, 1993). Além disto, a utilização de agentes carreadores pode causar um manuseio melhor do produto final obtido, promovendo maior proteção contra a adsorção de umidade do ambiente, tornando-o menos higroscópico (TONON et al., 2009).

O processamento de alimentos, principalmente a secagem pode, resultar em perdas significativas podendo comprometer a qualidade produto final. Assim, faz-se necessário que as características do processo estejam unidas à preservação das propriedades físicas, químicas e sobretudo, nutricionais.

Segundo Melo et al. (2008), a presença de fotoquímicos em frutas é amplamente influenciada por diversos fatores, dentre eles variedade, fatores genéticos, estágio de maturação, condições climáticas e edáficas, além de que, os compostos bioativos estão susceptíveis às reações de oxidações ocorridas durante o processamento e a estocagem de alimentos, pois alguns desses compostos são instáveis; assim, após a secagem as frutas que apresentam esses compostos sensíveis podem sofrer degradação (MUSSI et al., 2015).

Torna-se imprescindível, portanto, melhor compreensão desse processo de secagem em secador de leito de jorro e das propriedades pertencentes à seriguela a fim de avaliar a estabilidade dos compostos bioativos após o processamento almejando a qualidade desse novo produto.

1.1 Objetivo geral

Obter seriguela em pó pelo processo de secagem em leito de jorro e a avaliar a estabilidade dos compostos bioativos dos pós.

1.2 Objetivos específicos

- Avaliar as propriedades físicas (massa individual, volume real, massa específica real, massa específica aparente, porosidade, dimensões mutuamente perpendiculares, circularidade, esfericidade e cor (L^* , a^* e b^*)) dos frutos in natura;
- Caracterizar a polpa integral quanto aos parâmetros físico-químicos (atividade de água, sólidos totais, teor de água, sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), pH, acidez, cinzas, açúcares totais, redutores e não redutores e cor - L^* , a^* e b^*), químicos (vitamina C, taninos condensados, flavonoides amarelos, antocianinas, compostos fenólicos, antioxidantes, clorofila a, clorofila b e carotenoides) e morfológico;
- Secar em secador de leito de jorro nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e quatro concentrações de maltodextrina (0, 3, 6 e 9%) a polpa de seriguela e avaliar a influência dessas variáveis sobre as características químicas da polpa de seriguela em pó;

- Caracterizar as amostras em pó quanto aos parâmetros físico-químicos (atividade de água, sólidos totais, teor de água, sólidos solúveis (°Brix), pH, acidez, cinzas e cor- L*, a* e b*) e químicos (vitamina C, taninos condensados, flavonoides amarelos, clorofila A, clorofila B e carotenoides);
- Verificar as características físicas (molhabilidade, solubilidade, higroscopicidade, densidade aparente, densidade compactada, fator de Hausner, índice de compressibilidade e morfologia do pó) e químicas (antioxidantes, compostos fenólicos e antocianinas) do pó selecionado através das análises físico-químicas e químicas;
- Determinar as isotermas de adsorção de água na amostra do pó selecionado, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Seriguela

A produção mundial de frutas chega a mais de 800 milhões de toneladas e Brasil é o terceiro colocado no ranking das principais nações produtoras, atrás apenas da China e da Índia, respectivamente. Foram mais de 40 milhões de toneladas produzidas, o suficiente para colocar o Brasil nesta posição (ABF, 2015). No Nordeste do Brasil há muitas áreas cujo clima e solo são especialmente favoráveis para a produção de frutas tropicais (TIBURSKI et al., 2011) com sabores exóticos distintos.

Nesta produção os frutos da família *Anacardiaceae* possuem em média, 80 gêneros e 600 espécies apresentando características diferenciadas como a presença de substâncias terpenoides, polissacarídeos e outros compostos (OLIVEIRA, 2011). A família é subdividida em cinco tribos: *Anacardiaceae*, *Spondiadeae*, *Rhoaceae*, *Semecarpeae* e *Dobineae* (WANNAN, 2006); a tribo das *Spondiadeae* inclui 17 gêneros e 140 espécies com cerca de 14-15 espécies pertencentes ao gênero *Spondias* (BACHELIER e ENDRESS, 2009).

O gênero *Spondias* possui dezoito espécies dentre as quais seis são cajazeira, umbuzeiro, serigueleira, cajaraneira, umbuguela e umbu-cajazeira, cultivadas no Nordeste brasileiro (PEREIRA, 2008). A seriguela (*Spondias purpurea* L.) é uma espécie originada na América Central mas se encontra difundida no México, Caribe e em vários países da região Norte da América do Sul. São frutos tropicais muito perecíveis, que se destacam pelo sabor exótico e apresenta crescente aceitação no mercado consumidor (BRITO, 2010). É conhecida por nomes diferentes que variam em função da região, como cajá vermelho, siriguela, seriguela, ceriguela, jocote, jocote de corona, ciruela, ciruela mexicana, jobilo e ameixa espanhola (FURTADO et al., 2010; BICAS et al., 2011).

A serigueleira é uma árvore de porte médio, podendo chegar a até sete metros com inflorescências panículas terminais, ramificadas com flores masculinas, femininas e hermafroditas (SILVA, 2011). A seriguela é um fruto exótico, de película fina, quando imaturo se apresenta na cor verde, quando maduro amarelo ou vermelho (Figura 2.1). Possui polpa amarelada, sabor doce-acidulado e aroma bastante agradável; seu caroço é relativamente grande e esponjoso (LORENZI et al., 2006), o endocarpo é súbero-lenhoso e estéril, ou seja, sem embrião, são drupas redondas, retangulares, ovais ou de vários formatos e tamanhos, frequentemente de 4 a 43 g e de 2 a 5 cm, respectivamente (ALIA-TEJACAL et al., 2012).

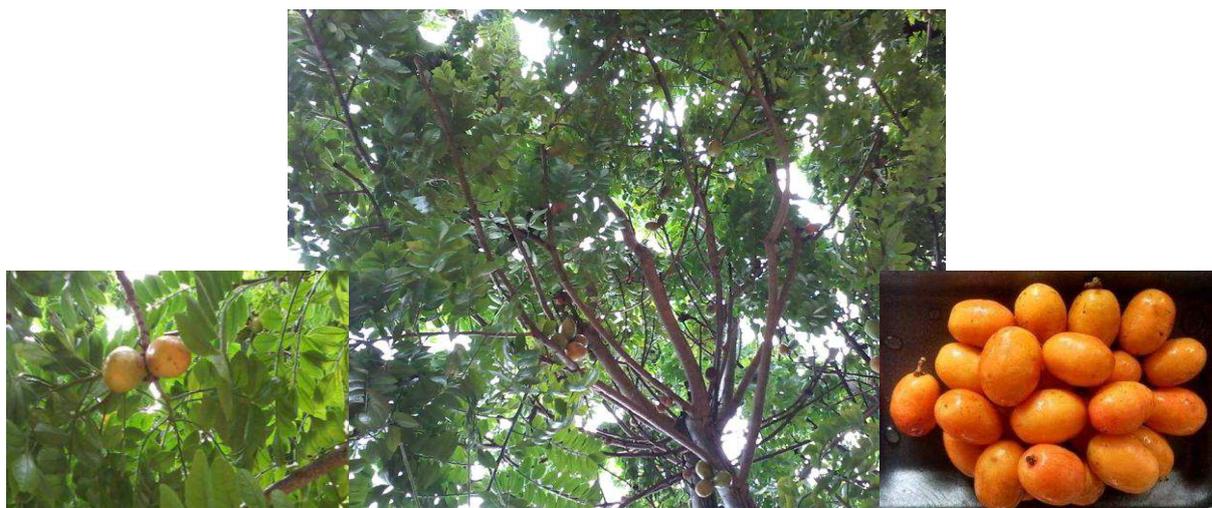


Figura 2.1. A serigueleira e a seriguela madura (*Spondias purpurea* L.).

A seriguela tem uma boa densidade calórica em decorrência da alta concentração de carboidratos totais (18,9%), frutose, glicose e sacarose que, unidos correspondem a 65% do total de sólidos solúveis; apresenta-se com fonte moderada de fósforo e amido e boa fonte de vitamina C, destacando-se também pelo alto teor de potássio atingindo valores aproximados dos encontrados para a banana, que é uma fruta reconhecida pela riqueza desse mineral (Tabela 2.1).

Tabela 2.1. Composição centesimal, de minerais e vitaminas em 100 g de seriguela*. Fonte: TACO (2011).

Umidade	(%)	78,7
Cinzas	(g)	0,7
Energia	(kcal)	76
Proteínas	(g)	1,4
Lipídeos	(g)	0,4
Carboidrato	(g)	18,9
Fibra alimentar	(g)	3,9
Cálcio	(mg)	27
Magnésio	(mg)	18
Manganês	(mg)	0,06
Fósforo	(mg)	49
Ferro	(mg)	0,4
Sódio	(mg)	2
Potássio	(mg)	248
Cobre	(mg)	0,12
Zinco	(mg)	0,5
Tiamina	(mg)	0,14
Vitamina C	(mg)	27

* Valor diário não estabelecido

Quando maduros os frutos da serigueleira possuem grande aceitação para o consumo sobretudo de forma fresca, em virtude de suas qualidades sensoriais no estágio ótimo de maturação, se tornando com paladar mais agradável em decorrência do desenvolvimento do sabor e odor específicos e ainda como boa opção para industrialização. A polpa pode ser transformada em geleia, suco, vinho, licor e sorvetes, podem também ser consumidos ainda verdes e acompanhados com sal como aperitivo. No México, a fruta madura è por vez cozida em água com ou sem sal, secadas e em seguida são consumidos. Na Flórida fatias de frutas maduras secas têm sido ocasionalmente comercializadas (JANICK e PAULL, 2006).

Sua importância não se restringe apenas ao setor primário da economia, mas abrange a indústria e o comércio, proporcionando alto valor agregado aos produtos vegetais, como as frutas destinadas ao consumo in natura ou industrializadas (LEDERMAN et al., 2008). Alguns autores relatam o uso da seriguela na elaboração de novos produtos como Lima e Meleiro (2012) que desenvolveram uma geleia e doce de corte; Correia (2011) que elaborou rolinhos; Vial et al. (2007) também elaboraram geleias; Souza Filho et al. (2000) desenvolveram néctares; Muniz et al. (2002) elaboraram uma bebida fermentada; Cipriano et al. (2002) desenvolveram licores com seriguela.

2.2 Secagem

Quanto mais distantes da matriz de produção maiores serão os preços dos produtos assim como o aumento dos riscos. Diversos fatores comprometem o preço aprovado pelos agricultores, entre eles: a quantidade de informação do produtor, atributos do produto, as despesas de transformação, os custos de transportes, os custos comerciais, o ponto de venda na cadeia de comercialização, perda de peso e de valor com o tempo (CHAVES et al., 2009). A produção e o processamento de frutas constituem atividades econômicas importantes, não só devido à comercialização regional relevante mas também para atender aos crescentes mercados nacionais e internacionais (TIBURSKI et al., 2011).

Apesar da disponibilidade de produtos hortícolas e esses serem acessíveis a uma grande parte da população brasileira, notam-se níveis inadmissíveis de perdas desses produtos em decorrência de planos de manejos inadequados empregados desde a colheita até o armazenamento (ALVES et al., 2010).

Partindo deste pressuposto é importante ressaltar a necessidade de processos simples e baratos que possam oferecer meios para aumentar a conservação desses alimentos extremamente perecíveis (SANTOS et. al., 2010).

Assim, surge a importância do processo de secagem, que é um processo combinado de transferência de calor e massa em que a maioria da água existente no produto é eliminada, reduzindo assim, a atividade de água que, conseqüentemente, afeta o crescimento microbiano, reações enzimáticas e outras de origem química e física (GAVA et al., 2008). Além disso, tal processo pode provocar danos, como a perda de componentes voláteis, degradação ou concentração de compostos bioativos, interferir na cor, textura e forma, oxidação de lipídeos e, conseqüentemente, a perda de nutrientes e qualidade. Tratando-se dos aspectos nutricionais, as frutas perdem seu teor de umidade favorecendo o aumento da concentração de alguns componentes em sua massa restante, como as proteínas, gorduras e carboidratos, porém pode haver perda de vitaminas, pois as solúveis em água como ácido ascórbico são parcialmente oxidadas (FELLOWS, 2006).

Além de conservar, impedir a deterioração e perdas do valor comercial, resulta em uma transformação do produto, agregando valor e dando origem a uma nova opção no mercado. Este método permite que o produto obtido tenha maior vida de prateleira, o que é associado à redução no custo do transporte e armazenamento em razão de leveza e compactação combinadas com efeitos benéficos da estabilidade microbiológica e química dos alimentos (FELLOWS, 2006).

Os altos valores de taxa de secagem e o pouco tempo total de processo podem ser devidos ao mecanismo dominante de transferência de calor, que ocorre do interior para fora da partícula fazendo com que tanto a remoção da umidade superficial quanto a interna tenha início imediatamente após o começo do processo de secagem (HOLTZ et al., 2010). O conhecimento das características de materiais biológicos é essencial para a criação, otimização e controle do processo de secagem (SHI et al., 2011).

Atualmente, o mercado nacional e o internacional para polpas de frutas na forma de pó estão crescendo, pois a oferta de produtos sazonais pode ser prolongada pelo processo de secagem atribuindo uma preservação ao produto (JANGAM et al., 2008), com peso reduzido, alta estabilidade e conveniência, parece uma alternativa muito interessante para reduzir custos com refrigeração, no caso de polpas congeladas, transporte de produtos, e principalmente para facilitar a exportação de sucos na forma de pó (OLIVEIRA, 2010), embalagem reduzida e maior vida de prateleira (GOULA e ADAMOPOULOS, 2010).

Todisco (2012) analisou a estabilidade da polpa de seriguela atomizada (*Spondias purpurea* L.) armazenada a 25 °C. O pó foi obtido por secagem de uma solução contendo 90% de polpa integral e 10% de maltodextrina a temperatura de 120 °C; os resultados mostraram alterações na umidade relativa do ar, açúcar e atividades aquáticas; o valor do pH permaneceu praticamente inalterado e não houve mudança na cor do pó no final do armazenamento, com

aumentos e diminuições em tonalidade e brilho. O mesmo estudou a estabilidade dos compostos bioativos desse pó de seriguela em intervalos de 15 dias, cujos resultados demonstraram que houve alterações em relação aos compostos fenólicos e flavonoides, teores de vitamina C e carotenoides.

Todisco (2012) também estudou as características físicas e o comportamento higroscópico de seriguela em pó, o qual foi obtido por secagem de uma solução contendo 90% de polpa integral e 10% de maltodextrina (DE = 20) em um *spray-dryer*, em que a temperatura de entrada de secagem foi de 120 °C e temperatura de saída 80 °C, com alimentação de 240 mL/h. Os resultados demonstraram que o pó de seriguela é altamente higroscópico e conseqüentemente, apresenta altos teores de *caking* (grau de aglutinação).

Furtado et al. (2010) realizaram a secagem de polpa de seriguela pelo método de camada de espuma; a secagem foi realizada em estufa de circulação de ar forçada nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C. A fim de avaliar e selecionar o modelo mais apropriado foram testados, ajustados e comparados, três diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais de umidade. Com os resultados obtidos concluiu-se que o modelo matemático de Midilli & Kucuk, foi o que melhor descreveu o comportamento da secagem; os valores do coeficiente de difusão e da energia de ativação da polpa de seriguela são diretamente proporcionais à temperatura do ar de secagem e os melhores resultados para o teor de ácido ascórbico foram obtidos para as temperaturas de 70 e 80 °C.

Silva Júnior et al. (2013) verificaram a influência das variáveis do processo de secagem por atomização na qualidade de polpa de seriguela e concluíram que o ensaio realizado a 110 °C, com uma vazão mássica de 0,36 l/h e uma concentração de 26% do agente carreador foi o que teve mais destaque e apresentou as melhores condições de secagem, pois obteve um teor mais elevado de carotenoides totais, baixo teor de atividade de água e baixa higroscopicidade, o que contribuiu com a estabilidade do pó.

Ferreira et al. (2014) atomizaram a polpa de seriguela utilizando diferentes agentes carreadores de secagem, estudaram o seu comportamento higroscópico e observaram que a formulação de polpa de seriguela em pó tendo como agente carreador a goma arábica, apresentou os menores valores de umidade (4,84%), higroscopicidade (8,36%) e grau de *caking* (35,68%), quando comparado às demais formulações, indicando que este produto apresenta melhor qualidade e tempo de vida útil mais prolongado.

2.2.1 Secagem em leito de jorro

Muitos estudos têm evidenciado que a utilização do secador tipo leito de jorro (Figura 2.2) apresenta uma alternativa interessante devido às suas características, tais como alta taxa de circulação de partículas inertes, bons coeficientes de transferência de calor e massa e a uniformidade da temperatura no leito, o que resulta principalmente na utilização dessa técnica na secagem de pasta a suspensão de materiais termossensíveis (LIMA et al., 2008).



Figura 2.1. Secador de leito de jorro.

Unida às suas características já conhecidas, a secagem em leito de jorro admite que se obtenha um produto com granulometria fina e uniforme, com tempos de contato curtos entre partícula-ar na zona de jorro (região central), o que contribui para a qualidade do produto (ROCHA et al., 2008).

No processo de secagem do leito de jorro o ar de secagem é fornecido ao sistema por um compressor (1) e aquecido por um conjunto de resistências (3). A vazão do ar na entrada é medida por um rotâmetro (2) e controlada por uma válvula (4). A pressão dentro do leito é medida através de um manômetro diferencial em U (15). A suspensão de cada mistura (8) é transportada por uma bomba peristáltica (9) até o bico atomizador de duplo fluido (7) e uma linha de ar comprimido (10) fornece ar ao bico atomizador sendo a pressão do ar medida por um manômetro Bourdon (12) e a vazão controlada por uma válvula (Figura 2.3).

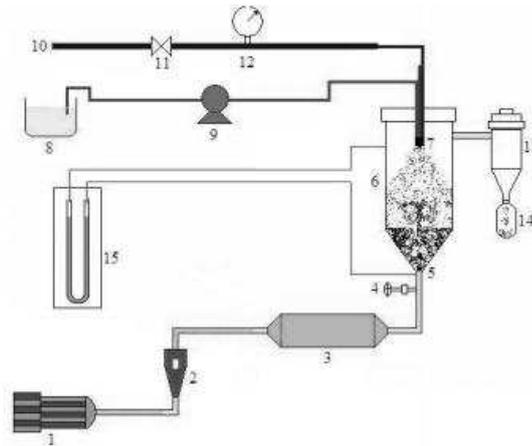


Figura 2.2. Esquema do leito de jorro utilizado na secagem. Fonte: Melo et al. (2010).

Diferente de leitos fluidizados, no processo de leito de jorro a fase granular é ejetada por um gás com uma velocidade elevada a partir de um bico injetor o qual faz com que o padrão de fluxo no leito consista em três regiões: "bico", região onde o fluxo gás-sólido existe no centro na parte cima; "anel" região em torno do local onde o fluxo de gás-sólido descendente existe e região; "fonte" em cima do leito da superfície. Para as necessidades industriais de eficiência e melhoria tecnológica estudos fundamentais de materiais granulares em leito de jorro são de grande importância (QIU et al., 2016).

No processo de secagem o gás injetado percola o leito de partículas sólidas cuja circulação principia quando a vazão do gás é suficiente para provocar o movimento central e ascendente dessas partículas a níveis acima do leito; forma-se, então, uma região central de alta porosidade ($\epsilon > 0,7$) denominada jorro, em que as partículas são arrastadas pneumáticamente, formando no topo uma fonte de sólidos que se espalham radicalmente e descem pelo espaço anular que envolve o jorro, em contracorrente com o fluido. Esta região anular é caracterizada pela baixa porosidade ($\epsilon < 0,6$), e pelo movimento descendente de sólidos cujo comportamento se assemelha ao de um leito deslizante. Embora as partículas possam voltar ao jorro ao longo da interface jorro-anel, a maior parte retorna pela região inferior da base tronco-cônica, onde inverte o sentido do movimento deslocando-se ascendentemente caracterizando, assim, o movimento cíclico dos sólidos (SOUZA, 2009).

Existem dois fatores que tornam esse tipo de secagem limitante: as taxas de transferência de calor e massa e a aderência da película sobre a partícula inerte, que poderá ocasionar aglomeração no leito acompanhado de acúmulo do material dentro do secador. Daí as variáveis do processo, como a vazão da alimentação da suspensão e do ar; as propriedades e características do material a ser secado; e pela localização da alimentação, que afeta o

desempenho do secador e como consequência a qualidade do produto final (umidade, granulometria, densidade, etc) pode ser influenciada por esses fatores (SOUZA, 2009).

Ainda que a qualidade do pó atenda aos requisitos básicos para o uso comercial, alguns aspectos, como a estabilidade do jorro, a aglomeração de partículas e depósitos de pó dentro do leito podem dificultar a sua aplicação (PALLAI e SZENTMARJAY, 2006). Mas secagem de polpas de frutas em secadores de leito de jorro tem apontado bom desempenho juntamente com partículas inertes e com agentes de secagem e podem ser competitivos em relação aos outros convencionais devido ao seu baixo custo de construção e à possibilidade de se obter alimentos em pó em pequena escala (SOUZA e OLIVEIRA, 2005).

As características físico-químicas da polpa de caju em pó obtida pelo método de secagem em leito de jorro foram analisadas por Santos et al. (2013); na polpa de caju foi adicionado 10% de maltodextrina e submetida às secagens nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, processada pelo contato fluido-partícula e também pelo atrito entre os inertes (polietileno), provocados pela circulação das mesmas no interior do leito. Observou-se que o teor de água (16,55 a 12,37%) e a atividade de água (0,318 a 0,308) reduziram significativamente com o aumento da temperatura de secagem. Houve concentração das cinzas (1,44 a 1,57%) e tendência significativa de redução dos valores de pH (4,00 a 3,93) com o aumento da temperatura; comportamento oposto foi observado para a acidez total (1,82 a 2,32%), em que o aumento da temperatura favoreceu o aumento significativo desse parâmetro; os açúcares totais (24,34 a 28,56%) aumentaram significativamente com a elevação da temperatura de secagem, fatos ocasionados pelo menor teor de água das amostras ao final das desidratações. O aumento da temperatura de secagem promoveu clareamento significativo nos pós com os valores de L* variando de 68,13(50 °C) a 82,38 (70 °C). As cromaticidades a* e b* variaram significativamente de 2,57 (50 °C) a -0,55 (70 °C) e de 29,79 (50 °C) a 20,22 (70 °C), respectivamente.

Bezerra et al. (2013) verificaram o potencial nutricional de farinha de banana verde obtida por secagem em leito de jorro, nas condições de 12 cm de altura e temperatura de 80 °C. Os resultados indicam que as farinhas de banana verde, principalmente com casca, são boas fontes de fibras e amido resistente, com média de 21,91 e 68,02 g/100 g respectivamente. O teor médio de proteína encontrado foi para 4,76 g/100 g, sendo classificada como uma proteína de baixo valor biológico tendo a lisina como o primeiro aminoácido limitante.

Gomes et al. (2004) avaliaram a estabilidade da polpa de acerola em pó produzida pela secagem do tipo leito de jorro e embalada em sacos de polietileno durante 60 dias, sob atmosfera ambiente. A cada 10 dias foram feitas avaliações dos parâmetros ácido ascórbico, umidade, pH

e cor, cujos resultados demonstraram diminuição no teor de ácido ascórbico de 29, 72%; aumento de 51, 31% na umidade; o valor do pH permaneceu praticamente inalterado oscilando entre 3,7 e 3,8 unidades de pH observando-se alterações na cor do pó de acerola ao final do armazenamento, com acréscimo nos valores da intensidade de vermelho e amarelo e diminuição da luminosidade.

Medeiros (2001) estudou a influência da composição química, correlacionada com propriedades físicas das suspensões, na secagem de polpas de frutas tropicais em leito de jorro. Os resultados comprovaram que a evaporação ocorre praticamente nos instantes iniciais de secagem sendo identificada uma interferência significativa das polpas modificadas nos parâmetros fluidodinâmicos do leito. A composição das polpas não interferiu nas taxas de evaporação nem no grau de saturação observando-se, entretanto, sua influencia no máximo grau de saturação atingindo, em alguns ensaios, problemas de instabilidade. O autor observou a baixa eficiência de produção de pó em muitos ensaios, verificando a elevada retenção de sólidos e a grande quantidade de material disperso ou aderido às paredes do equipamento. Com respeito ao ângulo de repouso, tanto o filme líquido como o seco provocaram o aumento do ângulo diminuindo a fluidez do leito.

Diversos trabalhos com este secador também estão sendo realizados por diferentes autores, como Araújo et al. (2015) realizaram a produção e secagem em leito de jorro de suco de acerola contendo oligossacarídeos. Fujita et al. (2013) estudaram o impacto da secagem em leito de jorro sob os compostos bioativos, antimicrobiana e antioxidante de polpa congelada comercial de camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh). Mussi et al. (2015) fizeram a secagem em leito de jorro do resíduo de jambolão (*Syzygium cumini*) verificando a cinética de secagem e o efeito sobre a atividade antioxidante, antocianinas e teores de nutrientes. Costa et al. (2015) estudaram o efeito das condições operacionais sobre o rendimento e qualidade de açai (*Euterpe oleracea* Mart.) em pó, produzido no leito de jorro.

2.3 Maltodextrina

Os amidos modificados são aqueles nos quais uma ou mais de suas características originais tenham sido modificadas mediante processo tecnológico adequado, através de tratamentos físico, enzimático e/ou químico. O processo de hidrólise enzimática permite a fabricação de uma ampla gama de hidrolisados, como os xaropes de glicose, maltose e maltodextrinas (COUTINHO, 2007).

A maltodextrina foi definida pela “Food and Drug Administration” (FDA) como um polímero de sacarídeo nutritivo não doce o qual consiste de unidades D-glicose ligadas principalmente à cadeia alfa 1-4 e que tem dextrose equivalente (DE) menor que 20. As maltodextrinas são classificadas pelo seu DE, que se relaciona com o grau de polimerização (GP) da molécula do amido, de acordo com $DE = 100/GP$. O GP corresponde ao número de unidades monoméricas ou monossacarídeos. Como a maltodextrina consiste de uma mistura de polímeros de vários tamanhos (glicose, maltose, oligossacarídeos e polissacarídeos), o DE é um valor médio. A maltodextrina se apresenta na forma de um pó branco ou solução concentrada e é solúvel em água constituindo-se de um aditivo alimentar seguro para consumo humano (LÓPEZ et al., 2004).

Segundo Landim (2008) a maltodextrina é utilizada porque, além de possuir baixo custo, se destaca por sua baixa higroscopicidade, evitando a aglomeração das partículas; possui efeito antioxidante e apresenta retenção de voláteis na faixa de 65 a 80 %; no entanto, possui baixo poder emulsificante. As características físicas, químicas e funcionais das maltodextrinas são influenciadas pelo grau de hidrólise do amido (COUTINHO, 2007).

As maltodextrinas com diferentes dextroses equivalentes (DE) são usadas como adjuvantes de secagem, pois possuem solubilidade em água elevada, baixa viscosidade e baixos teores de açúcar (ROBERT et al., 2010).

A maltodextrina é usada na microencapsulação, que é descrita como uma técnica na qual um composto bioativo é encapsulado por um biopolímero, protegendo as partículas da umidade, luz, melhora sua estabilidade (GHARSALLAOUI et al., 2007) e facilita o manuseio. Esta técnica na qual substâncias no estado sólido, líquido ou gasoso, são revestidas, o produto obtido se constitui de partículas sólidas com dimensões microscópicas; ela apresenta aplicações em vários setores industriais proporcionando, entre muitos outros aspectos, estabilidade e uma liberação controlada dos compostos encapsulados (BRASILEIRO, 2011).

2.4 Compostos bioativos

2.4.1 Vitamina C

Também conhecida como ácido ascórbico, a vitamina C é fornecida para a nutrição humana por meio de frutas e vegetal (SPÍNOLA et al., 2014). Este composto se apresenta quando puro, como sólido branco, inodoro e solúvel em água. É facilmente oxidado para formar o ácido dehidroascórbico, sendo a sua oxidação um processo reversível (STANA et al., 2014).

Atualmente, sabe-se que este composto está envolvido em vários processos biológicos, como na síntese de colágeno e adrenalina, formação de ácidos biliares e de alguns neurotransmissores (BAYNES e DOMINICZAK, 2015).

O ácido ascórbico é um composto que corresponde a uma forma oxidada da glicose, $C_6H_8O_6$ (176,13 g/mol) sendo uma alfacetolactona de seis átomos de carbono formando um anel lactona com cinco membros e um grupo enadiol bifuncional com um grupo carbonilo adjacente (VANNUCCHI e ROCHA, 2012). Apresenta uma estrutura contendo 6 carbonos e algumas formas isoméricas podem ser encontradas: ácido L-ascórbico (LAA), ácido D-ascórbico (DAA), ácido L-isoascórbico (LIAA) e ácido D-isoascórbico (DIAA) (Figura 2. 4).

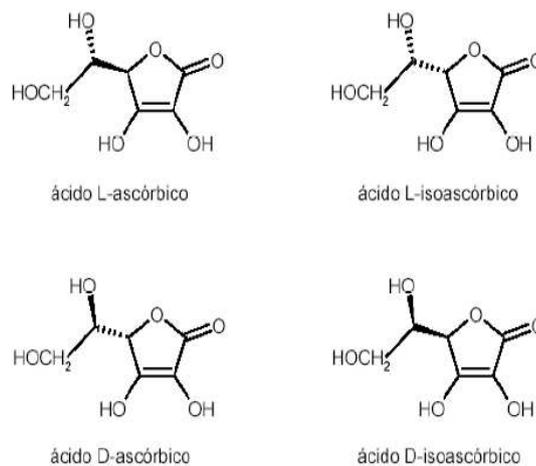


Figura 2.3. Estrutura do ácido ascórbico. Fonte: Oliveira (2010).

A ingestão diária de vitamina C pelo homem se faz necessária uma vez que o organismo humano não é capaz de sintetizá-la, estando presente em abundância em frutas e hortaliças e, em menor quantidade, em produtos cárneos e no leite de vaca in natura (FRANKE et al., 2004).

O ácido ascórbico auxilia não somente na absorção de ferro no intestino, mas entre outros benefícios no organismo (CAYE et al., 2013), é necessária para a produção e manutenção do colágeno; cicatrização de feridas, fraturas, contusões e sangramentos gengivais; reduz a suscetibilidade à infecção, desempenha papel na formação de dentes e ossos, previne o escorbuto (MAIA et al., 2007), doenças cardiovasculares, algumas complicações pré-natais, tumores malignos, inflamações, catarata, mal de parkinson e Alzheimer e a aceleração do processo de envelhecimento celular (SIKORA et al., 2008). No entanto, o ácido ascórbico é uma vitamina instável em altas temperaturas e facilmente oxidada (SHIBAYAMA et al., 2008).

Adepoju (2009) ressalta a importância de compostos antioxidantes (ácido ascórbico e carotenoides) por apresentarem, juntamente com quantidades importantes de fibra dietética

(celulose, hemicelulose, lignina, e compostos pécnicas) no fruto de cajazeira, bem como seu papel na prevenção de doenças crônico-degenerativas, como câncer e diabetes, entre outros.

O teor de ácido ascórbico de *Spondias purpurea* é relatado na faixa entre 7,36 e 88,1 mg/100 g de peso fresco, o qual é maior do que outras espécies de *Spondias*, como *S. cytherea*, *S. tuberosa* e cajazeira (ALMEIDA et al., 2011; NAVA-KURI; SOUZA, 2008).

Em estudo com seriguelas oriundas do Crato/CE, em diferentes estádios de maturação (verde, amarelo e vermelho), Filgueiras et al. (2001) encontraram teores de vitamina C de 46,06; 33,21 e 34,01 mg/100 g de polpa, respectivamente. Esses valores são próximos dos relatados por Koziol e Macía (1998) que avaliando a composição química, nutricional e perspectivas econômicas de seriguelas cultivadas na região norte do Equador, encontraram um teor desta vitamina de 49 mg/100 g de polpa na porção comestível do fruto.

Por outro lado e utilizando dois métodos diferentes, Almeida et al. (2011) mediram a capacidade antioxidante do fruto *S. purpurea* tanto Trolox (TEAC) e atividade antioxidante equivalente à vitamina C (VCEAC) e observaram diferenças significativas; especificamente, os autores gravaram valores de VCEAC de 93,78 e 47,21 mg/100 g em comparação com os valores de TEAC de 6,25 e 1,5 mg/g usando os métodos ABTS (2,2-azinobis- [3-etil-benzotiazolin-6-ácido sulfônico) e DPPH (2,2- Difenil-1- picrilhidrazil), respectivamente. Resultados semelhantes foram relatados por Silva et al. (2012b), que encontraram genótipos de *S. purpurea* com valores de TEAC entre 1,6 e 6,6 mg/g.

Yamashita et al. (2003) analisaram a estabilidade do ácido ascórbico presente em acerola (*Malpighia glabra*) frente a processos industriais e verificaram que a degradação foi proporcional à temperatura empregada, isto é, quanto maior a temperatura maior também a perda de ácido ascórbico. A incidência de luz, a presença de oxigênio e de compostos metálicos e a atividade de água alta, também podem acelerar reações de degradação por oxidação (GABAS, 2003). Além da perda nutricional essa degradação é, muitas vezes, responsável por alterações durante a estocagem de alimentos, limitando sua vida de prateleira por meio da formação de compostos intermediários; assim, os processamentos de alimentos contendo ácido ascórbico devem, então, ser realizados de modo a evitar tais degradações (AL-ZUBAIDY e KHALIL, 2007).

2.4.2 Taninos

Taninos são polifenóis complexos presentes na maioria das espécies de plantas, com o propósito de desempenhar papel fundamental nas defesas químicas; são divididos em moléculas

de taninos condensados e hidrolisáveis, em que os condensados (Figura 2.5) têm um núcleo flavonoide como estrutura fundamental e os hidrolisáveis são os ésteres de glucose de ácidos gálico e elágico, formados a partir do chiquimato, sendo os grupos hidroxila do açúcar esterificados com os ácidos fenólicos.

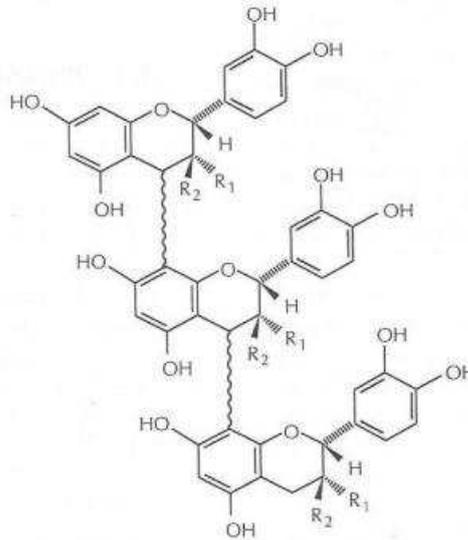


Figura 2.4. Estruturas dos taninos condensados ou proantocianidinas. Fonte: Damodaram et al. (2010).

Os taninos condensados ou proantocianidinas, assim denominados provavelmente pelo fato de apresentarem pigmentos avermelhados da classe das antocianidinas (MONTEIRO et al., 2005) são os responsáveis por um inúmero conjunto de gradação de cor que varia entre rosa, vermelha, violeta e azul em flores, folhas, frutos, sucos e vinhos. Proporcionam a precipitação de proteínas incluindo as salivares da cavidade oral e estão presentes em uma quantidade maior quando os frutos estão no estágio de maturação verde. Localizam-se principalmente na casca, pois atuam como substâncias de defesa contra agressores (DAMODARAN et al., 2010).

A concentração de taninos pode ser influenciada por alguns fatores, como o tecido vegetal, a idade e tamanho da planta, a parte coletada a época ou, ainda, o local de coleta (MONTEIRO et al., 2005). Os taninos hidrolisáveis são encontrados em dicotiledôneas lenhosas e herbáceas e os taninos condensados ou proantocianidinas estão presentes, sobretudo em gimnospermas e angiospermas (BRUNETON, 1991).

Os taninos condensados possuem menor capacidade de complexação com proteínas do que os taninos hidrolisados, resultando em baixa adstringência (PERTUZATTI et al., 2008), o que é sensorialmente positivo. Podem interagir com proteínas alimentares e formar complexos insolúveis passíveis de provocar danos à saúde, como baixa digestibilidade proteica, inibição

de enzimas, comprometimento do crescimento e outros. Por isto é importante a caracterização desse constituinte a fim de dar segurança ao uso, tanto do fruto inteiro como de suas frações, na indústria alimentícia (BOARI LIMA et al., 2008).

2.4.3 Flavonoides

Os flavonoides são considerados um dos maiores grupos de metabólitos secundários das plantas e são encontrados amplamente em frutas, folhas, chás e vinhos. Nas plantas, possuem a função de proteger esses organismos contra agentes oxidantes e são os pigmentos naturais importantes (LOPES et al. 2010). Em células humanas participam da atividade antioxidante pelo sequestro de radicais livres, inibição de enzimas hidrolíticas e oxidativas e funções anti-inflamatórias e anticarcinogênicas (MANDAL et al., 2009).

Segundo Georgiev et al. (2014) praticamente todos os flavonoides são constituídos de três anéis; carbonos podem sofrer variações químicas, como hidroxilação, hidrogenação metilação e sulfonação, proporcionando a formação de mais de quatro mil compostos flavonóides, que são agrupados em classes, identificados na Figura 2.6 como A, B e C. Entre as muitas subclasses de flavonoides estão as flavanonas (dihidroflavonas), dihidroflavonois, flavan-3,4-diois, antocianidinas, flavonas, flavonois, flavan-3-ois, proantocianidinas e isoflavonas (MARTENS et al., 2010).

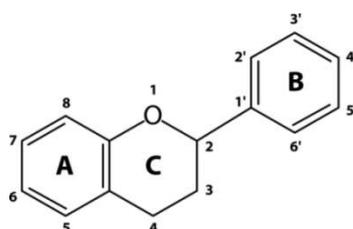


Figura 2.5. Estrutura básica dos flavonoides (C6-C3-C6). Fonte: MARTENS et al. (2010).

Volp et al. (2008) concluíram que os flavonoides são estruturas polifenólicas de baixo peso molecular encontradas naturalmente nas plantas. Encontram-se distribuídos em frutas, folhas, sementes e em outras partes da planta na forma de glicosídeos ou agliconas (HARBORNE et al., 1999). Em alimentos esses compostos são responsáveis pela cor, adstringência, aroma (PELEG et al., 1998) e estabilidade oxidativa (NACZKe SHAHIDI 2004).

2.4.4 Antocianinas totais

As antocianinas são compostos polares cuja estrutura básica é o cátion flavilium ou flavílico, conforme Figura 2.7. Podem apresentar diferentes formas estruturais além do cátion flavilium; tais estruturas são suscetíveis a diversos fatores, como temperatura, pH e possíveis ligações com outras substâncias, como açúcares, influenciando principalmente nas suas diferentes colorações (CARDOSO et al., 2011).

As antocianinas são classificadas quimicamente como flavonoides e formam um grupo de pigmentos responsáveis pela maior parte das cores vermelho, violeta, de flores, frutas, folhas, caules e raízes de plantas (CASTAÑEDA-OVANDO et al., 2009). Consideradas como substitutas potenciais de corantes sintéticos, as antocianinas são solúveis em água e apresentam ampla faixa de cores, que varia do vermelho alaranjado ao roxo, passando pelo vermelho vivo (MITIĆ et al., 2012).

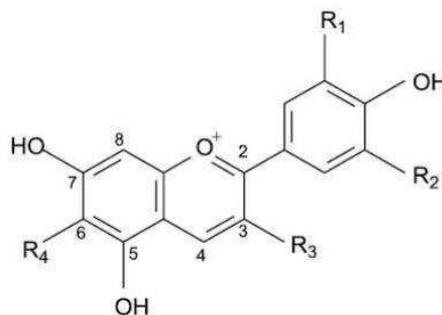


Figura 2.6. Estrutura do cátion flavilium (R_1 e R_2 : H, OH ou OCH_3 ; R_3 : H ou glicosídeo; R_4 : OH ou glicosídeo). Fonte: Guimarães et al. (2012).

Numerosos estudos têm ressaltado os efeitos terapêuticos positivos das antocianinas, tais como antioxidante, anti-inflamatórios, protetor de DNA e protetor de doenças cardiovasculares (VIZZOTTO, 2012).

De acordo com Francis (1989), vários fatores podem influenciar a estabilidade das antocianinas, tais como sua estrutura química (número de hidroxilas, grau de metilação e glicosilação), o pH, a temperatura, a luz, a presença de oxigênio, degradação enzimática e as interações entre os outros componentes do alimento, tal como o ácido ascórbico, íons metálicos, açúcares e copigmentos prejudicando, assim, seu armazenamento e a utilização em sistemas alimentícios. Tal fato tem estimulado a busca por novos métodos que aumentem a estabilidade das antocianinas de forma a tornar possível sua aplicação sem que ocorram perdas ou alterações que afetem sua funcionalidade (GIUSTI e WROLSTAD, 2003).

2.4.5 Compostos fenólicos

Os diversos compostos fenólicos são os mais amplamente distribuídos no reino vegetal (JELASSI et al., 2014), sendo que mais de 8000 compostos fenólicos já foram encontrados em plantas. Muitos vegetais, frutas e produtos industrializados contêm, na sua constituição, este grupo complexo. Podem ser pigmentos que conferem a aparência colorida aos alimentos, ou produtos do metabolismo secundário. Esses compostos possuem a capacidade de agir como antioxidantes não somente pela sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons, mas também devido aos seus radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de ingredientes do alimento, principalmente de lipídeos (SILVA et al., 2010).

Os compostos fenólicos participam de mecanismos de defesa das plantas protegendo-as contra ataque de bactérias, vírus, fungos e outros, semelhante à função exercida pelo sistema imunológico nos animais e humanos, sendo consumidos através da dieta alimentar. São descritos como fenóis os ácidos fenólicos e derivados, ligninas, taninos e flavonoides, os quais estão presentes nos alimentos de origem vegetal como folhas, cereais, leguminosas, frutas em geral e bebidas como chás, café e vinho tinto (SCHENKEL et al., 2007).

Segundo Melo et al. (2011) a atividade antioxidante dos compostos fenólicos se dá por meio da relação que cada fenol exerce sobre determinado meio, o que dependerá da estrutura química do composto e da ação da molécula como agente redutor, ou seja, pela velocidade de inativação do radical livre, pela reatividade com outros antioxidantes e pelo potencial de quelatação de metais.

Os compostos fenólicos compreendem o maior grupo dentre os compostos bioativos presentes nos vegetais, sendo subdivididos em classes de acordo com a estrutura química de cada substância (ARTS e HOLLMAN, 2005). Os principais grupos são os ácidos fenólicos tendo, como exemplos: o ácido clorogênico, presente no café; os estilbenos, como o resveratrol, presente nas uvas e vinho; as cumarinas, como as furanocumarinas do aipo; as ligninas, como as lignanas da linhaça e os flavonoides (ROSS e KASUM, 2002). No entanto, alguns compostos específicos estão em maiores concentrações em determinados alimentos como a quercetina na cebola, miricetina no brócolis, as antocianinas em frutas de coloração vermelho-arroxeadas, tais como cereja, morango e uvas, e as flavanonas em frutas cítricas, como laranja e tangerina (MANACH et al., 2004).

Alguns fatores podem influenciar no conteúdo final desses compostos, como maturação, espécie, prática de cultivo, origem geográfica, estágio de maturação, condições de colheita e processo de armazenamento (HEIM et al. 2002). No entanto, a eficácia desses compostos como

antioxidante depende da estrutura química e da concentração desses fitoquímicos no alimento (MELO et al., 2008).

Os compostos fenólicos presentes nas plantas estão relacionados principalmente com a proteção conferindo alta resistência a microrganismos e pragas. Nos alimentos esses compostos podem influenciar o valor nutricional e a qualidade sensorial conferindo atributos como cor, textura, amargor e adstringência. Na maioria dos vegetais os compostos fenólicos constituem os antioxidantes mais abundantes (EVERETTE et al., 2010). Referidos compostos fenólicos quando presentes em baixas concentrações em relação ao oxidante, previnem ou retardam a oxidação do substrato protegendo a saúde contra doenças crônico-degenerativas (PROESTOS et al., 2013).

Além da atividade antioxidante que esses compostos fenólicos apresentam, diversos autores têm relatado inúmeras atividades biológicas atribuídas a eles, como efeito antibacteriano, efeito antitrombótico, efeito vasodilatador, efeitos anti-inflamatório e anticarcinogênico, intercedidos por diferentes mecanismos de ação (GIBELLINI et al., 2011).

Assim, a avaliação e a determinação de compostos fenólicos totais em frutas e hortaliças produzidas e consumidas no Brasil, são essenciais para avaliar os alimentos-fonte de compostos bioativos e estimar sua ingestão pela população (SUCUPIRA et al., 2012).

2.4.6 Antioxidantes

Antioxidantes são substâncias químicas que reagem com os radicais livres e assim limitam seus efeitos adversos sobre o corpo (BORGUINI e TORRES, 2009); são considerados também como qualquer substância capaz de retardar ou impedir danos devidos à oxidação (como rancificação e formação de off-flavors em alimentos) estando presente em pequenas concentrações, quando em comparação com o agente oxidante (MAISUTHISAKUL et al., 2007).

O corpo humano tem a capacidade para produzir determinados antioxidantes endógenos mas a maioria deles vem do alimento ingerido (BORGUINI e TORRES, 2009), podendo ser encontrados nos vegetais. São formados pelas formas isoméricas dos polifenóis e das flavonas, das isoflavonas, dos flavonóis, das catequinas, das cumarinas e dos ácidos fenólicos, dentre outras substâncias (MESSIAS, 2009).

As substâncias antioxidantes (Figura 2.8) podem desempenhar várias propriedades protetoras e atuar em muitas etapas do processo oxidativo funcionando por diferentes mecanismos e são, portanto, classificadas em duas categorias principais: antioxidantes

primários, que são os compostos de ação antioxidante capazes de inibir ou retardar a oxidação por inativação de radicais livres graças à doação de átomos de hidrogênio ou de elétrons, o que transforma os radicais em substâncias estáveis e os antioxidantes secundários que apresentam grande variedade de modos de ação: ligação de íons metálicos (alteração de valência); inativação de espécies reativas de oxigênio (EROs), conversão de hidroperóxidos em espécies não-radicalares ou absorção de radiação UV (MAISUTHISAKUL et al., 2007). Sintéticos ou naturais, os antioxidantes devem ter sua segurança para a saúde confirmada, antes de serem empregados em alimentos, produtos farmacêuticos ou cosméticos. Dentre os antioxidantes naturais o ácido ascórbico, a vitamina E, o β -caroteno e os compostos fenólicos se destacam (Figura 2.8) (MELO, 2010).

Ultimamente, os antioxidantes naturais presentes em frutas, legumes e ervas e seus benefícios terapêuticos, foram divulgados em alguns setores da indústria e da medicina, (DAMIANI et al., 2012), como atividade antibacteriana, antiviral, anti-inflamatória, antialérgica, antitrombótica e ações vasodilatadoras (BABBAR et al., 2011) que são frequentemente associados com a capacidade antioxidante (DAMIANI et al., 2012).

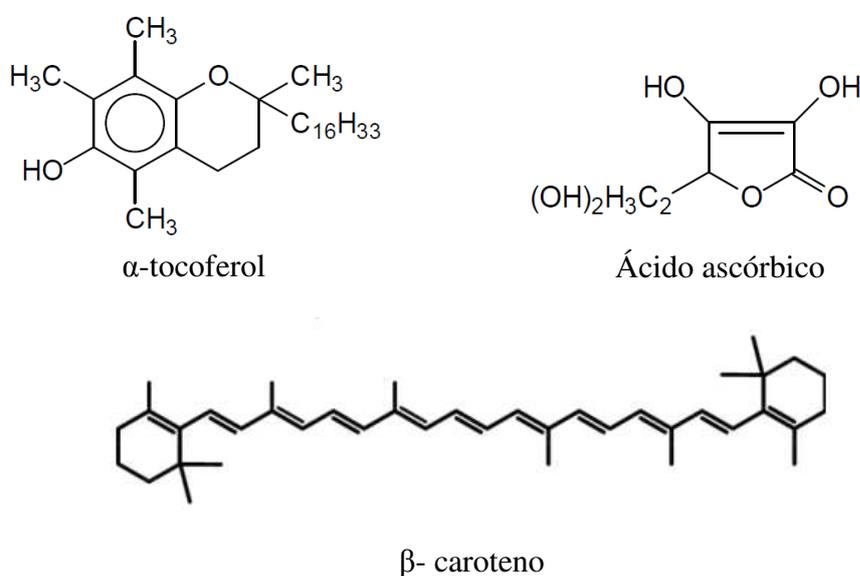


Figura 2.7. Estrutura química de antioxidantes naturais, α -tocoferol, Ácido ascórbico Fonte: α -tocoferol (NAKATANI (1996) e β - caroteno (SILVA et al., 2010).

À parte das propriedades biológicas, os antioxidantes naturais também são de interesse nas indústrias alimentícias, pois são utilizados em substituição dos antioxidantes sintéticos favorecendo a proteção contra deterioração oxidativa de óleos e gorduras nos alimentos, já que a oxidação desses compostos pode ser responsável por odores e sabores desagradáveis, com

consequente diminuição na aceitação sensorial e na qualidade nutricional dos alimentos (HO et al., 2010).

Os antioxidantes presentes nos vegetais exercem efeitos benéficos aos organismos como a capacidade de sequestrar os radicais livres. Dentre os antioxidantes naturais os compostos mais estudados são o ácido cafeico, o ácido gálico e o ácido elágico, os quais podem inibir o processo de peroxidação lipídica. Os compostos antioxidantes apresentam semelhanças quanto à estrutura molecular básica, pois apresentam pelo menos um anel aromático, ao qual está ligado um grupo hidroxila. Esses compostos representam os antioxidantes que agem por diversos mecanismos de maneira a conferir defesa contra o ataque de radicais livres (PRADO, 2009).

A eficiência dos fitoquímicos bioativos como antioxidante depende de sua estrutura e da sua concentração no alimento. Além dos fatores genéticos e condições ambientais, do grau de maturação e variedade da planta, entre outros fatores que também podem influenciar na quantidade dessas substâncias em vegetais (ANDRADE, 2013). Contudo, na quantificação desses compostos o substrato utilizado no ensaio, o solvente e a técnica de extração utilizada, também são fatores que influenciam a capacidade antioxidante (PÉREZ-JIMÉNEZ et al., 2008).

2.4.7 Carotenoides

Carotenoides são os compostos bioativos dos alimentos mais estudados em vários aspectos, incluindo a elucidação de suas propriedades físico-químicas, estabilidade e alterações durante o processamento e armazenamento, biossíntese e metabolismo, assim como sua biodisponibilidade, implicações na saúde humana e relação entre estrutura e função biológica. Além de que são muito utilizados no desenvolvimento de produtos alimentícios enriquecidos, devido às suas propriedades como corantes naturais, antioxidantes e fontes de vitamina A (ISHIDA e CHAPMAN, 2009).

Em plantas superiores os carotenoides estão localizados em organelas subcelulares como nos cloroplastos e cromoplastos. Nos cloroplastos esses pigmentos se encontram associados sobretudo às proteínas e são, normalmente, encobertos pela presença de outros pigmentos clorofílicos dominantes (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

São classificados, segundo sua estrutura química, como carotenos, quando constituídos por carbono e hidrogênio ou como xantofilas, quando constituídos por carbono, hidrogênio e oxigênio. Possuem sistema de ligação dupla conjugada na cadeia poliênica e podem ter ou não anel nas extremidades da cadeia e grupos funcionais (carbonila, hidroxila, entre outros). Essas

propriedades influenciam tanto a capacidade de absorver luz no visível como a atividade antirradical livre do carotenoide (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008).

A presença dessas ligações também facilita a oxidação dos carotenoides, o que provoca uma perda da coloração dos alimentos. Por serem facilmente oxidados, é que apresentam uma atividade antioxidante (DAMODARAN et al., 2008).

Os carotenoides são notáveis por possuírem ampla distribuição na natureza, estruturas químicas diversas (Figura 2.9) e funções variadas. Embora sejam micronutrientes presentes em níveis muito baixos (microgramas por grama), os carotenoides estão entre os constituintes alimentícios mais importantes. São pigmentos naturais responsáveis pelas cores amarelo, laranja ou vermelho de muitas frutas, hortaliças, gema do ovo, crustáceos cozidos e alguns peixes; são substâncias bioativas, com efeitos benéficos à saúde (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008) além de atuarem como pigmentos fotoprotetores na fotossíntese e como estabilizadores de membranas. Nos cromoplastos são depositados na forma cristalina, como nos tomates e cenouras ou como gotículas de óleo, na manga e na páprica (KURZ et al., 2008).

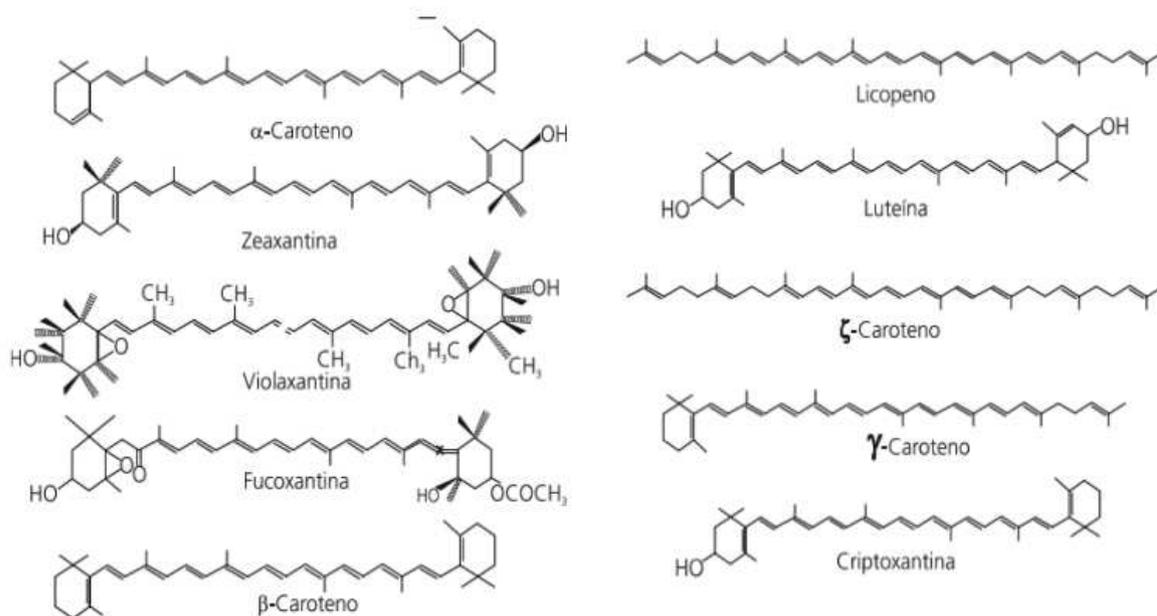


Figura 2.8. Alguns exemplos de carotenoides. Fonte: Ambrósio et al. (2006).

A característica de absorção de luz desses pigmentos ocorre devido a cadeia de duplas ligações conjugadas que atua como cromóforo, sendo necessários aproximadamente sete ligações duplas conjugadas para que o carotenoide apresente coloração. As duplas ligações presentes nesse sistema provocam sua possível oxidação e isomerização, em especial quando submetidas a condições não controladas de processamento e/ou estocagem, mais especificamente em produtos naturais (frutas). Além disso, segundo Simpson e Chichester

(1981) o calor, a luz, o oxigênio e as enzimas como lipoxigenases e/ou ácidos presentes em frutas levam a alterações ou parcial destruição dos pigmentos. Sua exposição a tais agentes resulta na formação de isômeros cis, epóxidos, diminuição da cor, perda da atividade pró-vitamínica A e quebra da cadeia.

Os tecidos de plantas comestíveis contêm grande variedade de carotenóides, cujos exemplos mais comuns são: tomates (licopeno), cenouras (α e β -caroteno), milho (luteína e zeaxantina), pimentas vermelhas (capsantina), urucum (bixina) e batata doce (β -caroteno). Outras fontes vegetais de carotenoides são: abóbora, pimentão vermelho e amarelo, inhame, cará, azeitona roxa, repolho roxo, folhas verde-escuro (como brócolis e espinafre), alface, aipo, maçã, damasco, manga, ameixa, frutas vermelhas, melancia, laranja, tangerina, nectarina e mamão. Alguns dos carotenoides apresentam a estrutura cíclica β -ionona em suas moléculas sendo, portanto, precursores de vitamina A (α , β e γ -caroteno e β -criptoxantina) (DAMODARAN et al., 2008), atuando na manutenção da integridade dos tecidos epiteliais, no processo visual, no crescimento, na reprodução (CHITARRA e CHITARRA, 2005) e a proteção contra a foto-oxidação, a última em decorrência de sua atuação como sequestrador de espécies reativas de oxigênio e por interagir sinergicamente com outros antioxidantes (LORENZO et al., 2009).

A esses compostos também se conferem atividades biológicas, destacando-se ações, como capacidade antioxidante, filtração da luz solar, facilitação da comunicação celular e atuação na resposta imune, algumas associações como a prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, incluindo alguns tipos de câncer (MAIANI et al., 2009), redução do risco de catarata, aterosclerose e no processo de envelhecimento (DAMODARAN et al., 2008).

2.5 Estado da arte: Compostos bioativos

Todisco (2012) avaliou a estabilidade dos compostos bioativos da polpa de seriguela em pó (90 % de polpa integral de seriguela e 10% de maltodextrina (DE= 20)) obtida por spray-dryer com temperatura de secagem de 120°C de temperatura de entrada e 80 °C de temperatura de saída, além de vazão de alimentação de 240 mL/h. Os teores de carotenoides e ácido ascórbico não apresentaram diferença significativa (carotenoides (mg/g) 1,06 e 1,11; ácido ascórbico (mg/100 g) 158,01 e 169,05) entre as amostras da polpa integral e atomizada respectivamente. Para os compostos fenólicos e flavonóides, ocorreu aumento significativo nos valores após a atomização (compostos fenólicos (mg/100 g) 2,06 e 6,63; flavonoides (mg/100 g) 5,01 e 14,27, para polpa integral in natura e atomizada, respectivamente) explicado pelo fato

do aumento da concentração desses compostos após a secagem. Em relação ao conteúdo de vitamina C foi observado aumento de 6,93% de ácido ascórbico após a secagem, indicando que as condições de processo utilizadas neste trabalho não prejudicaram o conteúdo deste constituinte.

Melo e Andrade (2010) analisaram os compostos bioativos e potencial antioxidante de frutos do umbuzeiro e verificaram que o teor de ácido ascórbico do fruto semimaduro (11,07mg/100 g) foi maior que o do umbu maduro (9,38 mg/100 g), $p > 0,05$, enquanto que ocorreu o inverso no teor de carotenoides totais (3,02 $\mu\text{g/g}$ nos frutos maduros e 1,70 $\mu\text{g/g}$ no semimaduros). Não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) do teor de fenólicos totais entre os frutos dos dois estádios de maturação. As cascas dos frutos ainda contêm esses fitoquímicos em quantidades relevantes com destaque para os fenólicos totais. A capacidade antioxidante da polpa dos frutos maduros e semimaduros foi considerada fraca (<60%), enquanto que as cascas desidratadas apresentaram forte capacidade de antioxidante (>60%).

Resíduos de frutas tropicais que consistem em sementes, cascas e polpa residual gerados como subprodutos de processamento de frutas obtidos por secagem em leito de jorro (secador de entrada de 70 °C), foram investigados quanto aos seus compostos bioativos, a capacidade antioxidante *in vitro* e alfa glucosidase além de atividades inibidoras de alfa-amilase, por Correia et al. (2012); como resultados, cianidina, quercetina, ácido elágico (AE) e proantocianidinas foram encontrados em resíduos dos pós de acerola, jambolão, pitanga e umbu-cajá; a acerola em pó tinha o maior teor de compostos fenólicos (8839,33mg equivalentes à catequina (CE)/100 g) e também alta concentração de ácido ascórbico (2748,03 mg/100 g), seguido de jambolão e pitanga.

Os fitoquímicos bioativos em genótipos frutos de cajá-umbuzeiras foram pesquisados por Moreira et al. (2012), em que os genótipos apresentaram teores de fenólicos totais de 110,61 a 188,86 mg equivalentes à ácido gálico/100 g, flavonoides de 1,95 a 2,37 mg equivalente de catequina /100 g, flavonois de 2,59 a 2,80 mg equivalente de quercetina /100 g e taninos condensados de 42,77 a 48,24 mg em equivalente de catequina 100/g. Os frutos apresentaram baixos teores de ácido ascórbico (6,1 a 7,3 mg/100 g) e de carotenoides (6,67 a 11,44 $\mu\text{g/g}$). O β -caroteno-5,6-5'6'- diepóxido foi o componente majoritário dos genótipos G 2.2; G 2.3 e G3.1, enquanto a luteína-5,6 epóxido foi encontrada em maior quantidade no G 3.2.

Melo et al. (2008) também pesquisou o teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante de polpas congeladas de frutas de acerola, caju, seriguela, goiaba, manga, pitanga e uva foram submetidas à determinação do teor de fenólicos totais e da capacidade de sequestrar o radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH). Todas as polpas de frutas exibiram quantidades relevantes

de polifenóis, no entanto, as de acerola, caju e seriguela exibiram os teores mais elevados desses constituintes. As polpas exibiram forte capacidade de sequestro do radical DPPH (>70%), estatisticamente semelhante à do Butil-hidroxi-tolueno (BHT) e do ácido ascórbico. As polpas de cajá e graviola apresentaram moderada ação (50-70%) enquanto que as de tangerina e de abacaxi exibiram a menor ação, integrando, juntamente com a de maracujá, o grupo das polpas com fraca capacidade antioxidante (<50%). O extrato metanólico obtido a partir dos resíduos resultantes da filtração das polpas diluídas em água, de todas as polpas, exceto a de uva e de cajá, cujo extrato aquoso exibiu forte capacidade de sequestro, também apresentou forte ação antioxidante, estatisticamente semelhante à capacidade antioxidante do BHT e ácido ascórbico.

Sales e Waughon (2013) estudaram a influência das etapas de despulpamento e pasteurização nas temperaturas de 70, 80 e 90 °C e nos tempos de 1, 60 e 300 segundos sobre o conteúdo de carotenoides, antocianinas e ácido ascórbico em frutos de cajá e murici; nos frutos não foram detectadas antocianinas; o teor de ácido ascórbico foi reduzido durante o despulpamento variando do fruto íntegro para o despulpado de 13,84 a 8,17 mg/100 g para o murici e 8,11 a 5,73 mg/100 g para o cajá; o fruto de murici apresentou teor de carotenoides totais de 18,60 µg/g e teve o teor reduzido para 5,83 µg/g no produto despulpado; o fruto de cajá apresentou 35,18 µg/g de carotenoides totais e foi reduzido para 23,79 µg/g com o despulpamento; a aplicação de tratamento térmico na polpa de cajá variou o teor do pigmento; desta forma, o despulpamento foi a operação que promoveu maior redução dos teores de compostos bioativos em frutos de cajá e murici.

Cardoso et al. (2014) avaliaram os efeitos do processamento doméstico com calor seco (F2-forno/ moagem; F3-moagem/ forno, forno micro-ondas-F4/ moagem; F5-moagem forno/ micro-ondas; Grãos F6-estalaram/ fresagem) e calor úmido (F7-cozimento em água/ secagem /moagem) no perfil antioxidante de farinhas de sorgo (farinha F1-cru). 3-Dioxi-antocianidinas e compostos fenólicos totais eram estáveis ao calor seco (a retenção entre 96,1 e 106,3%) e reduzido com calor úmido. Todo o processamento com calor seco aumentou o conteúdo de vitamina E (2,20 a 3,11 g/100 g) e sua retenção no teor de carotenóides (4,78 a 17,27 do g/100 g). A atividade antioxidante em farinhas processados com calor seco permaneceu constante (F3 e F6) ou aumentou (F2, F4 e F5) e diminuiu após o processamento com calor úmido; no geral, os grãos moídos antes do processamento em forno e no forno micro-ondas retiveram mais vitamina E e carotenoides menos do que aqueles moídos após esses processamento. Em conclusão, o calor seco não afetou os compostos fenólicos e 3- Dioxi-antocianidinas de sorgo, mas aumentou a vitamina E e a atividade antioxidante e ainda reduziu os carotenoides. O

processamento de calor úmido reduziu todos os compostos antioxidantes, exceto os carotenoides, que aumentaram.

Outro estudo feito por Nora et al. (2014) avaliou o efeito do processamento sobre o atividade antioxidante de frutas nativas do Brasil: goiaba vermelha (*Psidium cattleianum Sabine*) e Guabiju (*Myrcianthes pungens*), bem como no seu conteúdo de carotenoides e antocianinas. Ambos os frutos foram ressaltados como fontes de carotenoides e antocianinas; no entanto, Guabiju tinha níveis mais elevados de bioativo compostos do que a goiaba vermelha. No método baseado no sequestro do 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH), os frutos secos a 70 °C e liofilizado tinham significativamente, maior atividade antioxidante, 604,8 g DPPH/ g de frutas e 548,4 g DPPH/ g de fruta, respectivamente, para goiaba vermelha e 496,2 g de fruta seca/g DPPH e 428,5 g de fruta seca/g DPPH, respectivamente, para Guabiju; enquanto que para o método 2,2-azino-bis-3-etil-benzotiazolina-6-sulfônico (ABTS) radical, goiaba vermelha secada a 70 °C e Guabiju congelado por 90 dias tiveram os maiores níveis de antioxidante, representando 248,6 g e 428,5 g, respectivamente. Para ambas as frutas os mais baixos níveis de pigmentos foram encontrados após secagem por ar quente (70 °C); no congelamento aumentaram enquanto o processo de secagem por liofilização ajuda a reter ambas as concentrações de carotenoides nos frutos; para antocianinas, os níveis mais elevados foram encontrados em Guabiju liofilizada e goiaba vermelha fresca.

Sommano et al. (2013) ao investigar o efeito de processamento de alimentos para a sobrevivência de compostos bioativos em produtos alimentares Australianos do mato, observaram que o licopeno, o beta-caroteno e o ácido ascórbico foram detectados a partir de molho de tomate do mato, ketchup de tomate e pimentão do mato, ameixa Kakadu e molho de gengibre. As amostras de produtos acabados foram coletadas durante a linha real de produção de alimentos em três intervalos de tempo; começo, meio e no final do tempo real processos de fabricação. O conteúdo dos bioativos a partir dos três produtos era estável durante o aquecimento no processo; em outro experimento o molho de tomate do mato (16% seco conteúdo tomate mato) e o molho de ameixa Kakadu (70% de ameixa Kakadu filtrado) foram preparados no laboratório; o conteúdo de bioativos (licopeno e beta caroteno) do molho de tomate do mato formulado em laboratório aumentou 48 e 14%, respectivamente; em contraste, o conteúdo de ácido ascórbico no molho de ameixa Kakadu perdeu 16,9%; a experiência sugere que o processamento de calor aumentou o nível de licopeno e betacaroteno mas o teor de ácido ascórbico foi minimizado em produtos alimentares do mato australiano processados.

A caracterização de compostos fenólicos em cascas de seriguela (*Spondias purpurea L.*) por cromatografia ultralíquida de alta eficiência/ionização por electrospray espectrometria de

massa, foi feita por Engels et al. (2012). Nesta análise os ácidos fenólicos e os flavonóis *O*-glicósidos foram extraídos a partir de cascas de frutos de seriguela (*Spondias purpurea* L., *Anacardiaceae*) e caracterizados. Em adição aos ácidos fenólicos, vários *O*-glicosídeos de quercetina foram detectados, como campferol, kaempferide e ramnetina. Este é o primeiro estudo sobre a composição fenólica de seriguela destacando-se a importância de frutas tropicais como fonte de antioxidantes naturais.

Gusmão et al. (2014) avaliaram o conteúdo de carotenoides totais e a atividade de água da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill). A palma foi submetida a secagens com temperaturas de 40, 50 e 60 °C, com tempo de exposição de 300, 360 e 420 min, velocidade do ar variando de 1 a 3 m/s; após a secagem a palma foi submetida ao processo de moagem. O valor de carotenoides totais na palma seca variou de 51,88 a 108,38 µg/g e na palma in natura foi de 28,55 µg/g. O conteúdo da atividade de água variou de 0,26 a 0,97; os valores ótimos da variável de otimização foram obtidos quando a variável tempo esteve em seu nível mínimo e a variável velocidade do ar em seu nível máximo, portanto, após a análise das respostas a condição ótima escolhida foi a temperatura de 60 °C, velocidade do ar de 3 m/s e tempo de processo de 300 min.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de realização dos experimentos

O experimento foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), no Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA), Laboratório de Química de Biomassa (LQB) e Engenharia de Materiais (UAEMa), todos pertencentes à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, PB.

3.2 Matéria-prima

Foi utilizado o fruto de seriguela (*Spondias purpurea* L.) em estágio de maturação maduro adquiridos no mercado local de Campina Grande, PB, e transportados em caixas de polietileno para Universidade Federal de Campina Grande.

Como agente carregador utilizou-se a maltodextrina com dextrose equivalente de 10, obtida no comércio local de Campina Grande, PB.

3.3 Características físicas do fruto seriguela

3.3.1 Massa individual

A determinação da massa individual dos frutos (100 frutos) foi feita pela pesagem de cada fruto em balança analítica, marca Marconi modelo AL 500C.

3.3.2 Volume

A determinação do volume individual dos frutos foi realizado pelo método do deslocamento de água, em balança analítica, marca Marconi modelo AL 500C e calculado através a Equação 3.1:

$$V_R = \frac{\text{massa de fluido deslocado (kg)}}{\text{massa específica do fluido (kg/m}^3\text{)}} \quad (3.1)$$

Onde:

massa de fluido deslocado = (massa do Becker + água + fruto) - (massa do Becker + água)
 V_R - volume, m^3 .

3.3.3 Massa específica real (ρ_r)

A massa específica real dos frutos foi determinada pelo método do deslocamento de líquidos. Conhecendo o volume e de acordo com metodologia descrita no item 3.3.2, a massa específica foi obtida diretamente pela Equação 3.2:

$$\rho_r = \frac{m}{V_r} \quad (3.2)$$

Onde:

ρ_r - massa específica real, kg/m³

m - massa, kg

V_r - volume (volume real, sem considerar a porosidade intergranular), m³.

3.3.4 Massa específica aparente (ρ_a)

A massa específica aparente foi determinada pela relação entre a massa de certa quantidade do produto e o volume que esta quantidade ocupa (volume do recipiente), sendo calculada pela Equação 3.3:

$$\rho_a = \frac{m}{V_a} \quad (3.3)$$

Onde:

ρ_a - massa específica aparente, kg/m³

m - massa dos frutos que ocupam certo recipiente, kg

V_a - volume do recipiente que contém a amostra do fruto, m³.

3.3.5 Porosidade (ε)

A porosidade dos frutos foi determinada utilizando-se a relação apresentada na Equação 3.4:

$$\varepsilon = \left[1 - \left(\frac{\rho_a}{\rho_r} \right) \right] \times 100 \quad (3.4)$$

Onde:

ε - porosidade da massa granular, %

ρ_a - massa específica aparente, kg/m³

ρ_r - massa específica real ou unitária, kg/m³.

3.3.6 Dimensões mutuamente perpendiculares

O índice de formato serve para determinação da forma do fruto (cilíndrica, cônica ou ovóide) e foi determinado pela relação diâmetro longitudinal e transversal (DL/DT). Essas determinações dos diâmetros foram feitas com uso de paquímetro digital de precisão (0,1 mm), marca Mitutoyo. As dimensões referentes ao comprimento (a), largura (b) e espessura (c) foram realizadas em 100 frutos escolhidos aleatoriamente em estágio de maturação maduro. Os resultados foram expressos em cm.

3.3.7 Circularidade

A determinação da circularidade dos frutos foi feita usando-se os dados das dimensões dos eixos a e b, de acordo com a seguinte equação 3.5:

$$C = \left(\frac{b}{a} \right) \times 100 \quad (3.5)$$

Onde:

a - maior eixo do fruto, cm

b - eixo intermediário do fruto, cm

3.3.8 Esfericidade (φ)

A esfericidade dos frutos foi determinada com base na média geométrica dos três eixos perpendiculares (comprimento, largura e espessura) ao corpo em relação ao maior eixo (comprimento) de acordo com a Equação 3.6:

$$\varphi = \left[\frac{\sqrt[3]{(a \cdot b \cdot c)}}{a} \right] \times 100 \quad (3.6)$$

Onde:

φ - esfericidade, %

a - maior eixo do fruto, cm

b - eixo intermediário do fruto, cm

c - menor eixo do fruto, cm.

3.3.9 Cor

A cor foi determinada por leitura direta dos frutos in natura utilizando-se espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus, modelo 4500 L, com sistema de cor Cielab. Os parâmetros determinados foram: L* que representa a luminosidade, a transição do branco (0) para o preto (100); a* que representa a transição da intensidade da cor verde (-a*) para a cor vermelha (+a*); e b* a transição da intensidade da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*).

3.4 Processamento da seriguela para obtenção da polpa

Tem-se, na Figura 3., o fluxograma de processamento da polpa de seriguela. Os frutos foram recepcionados no laboratório, selecionados e retirados os eventuais frutos verdes e deteriorados; logo após foram lavados em água corrente para a remoção de sujidades e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm por 15 min, enxaguados em água corrente e despulpados em despulpadeira horizontal de aço inoxidável com capacidade aproximada de 400 kg/h. A polpa obtida foi homogeneizada e submetida ao processo de refino, em seguida envasada em sacos plásticos de polietileno e estocada em freezer horizontal (-18 ± 2 °C), Eletrolux modelo H500 até a realização dos experimentos.

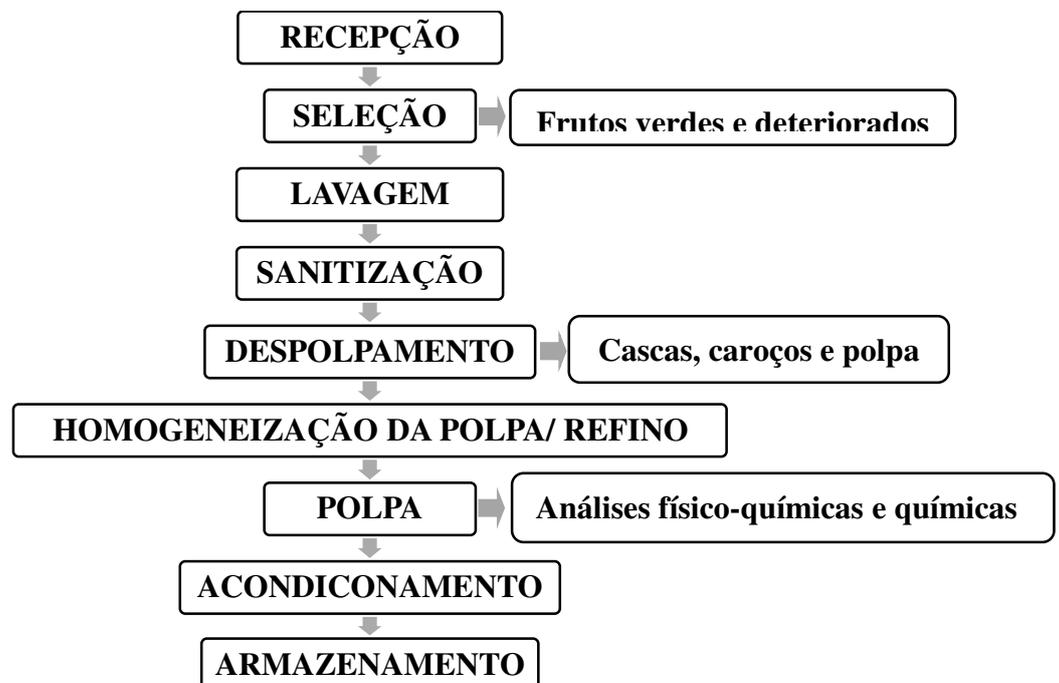


Figura 3.1. Fluxograma do processamento da seriguela

3.4.1 Caracterização físico-química da polpa de seriguela

3.4.1.1 Atividade de água

A determinação da atividade de água foi realizada através de leitura direta, com o auxílio do equipamento Aqualab 3TE-B (Decagon) a 25 °C.

3.4.1.2 Teor de água

O teor de água foi determinado em estufa Biopar modelo S150SD, segundo o método analítico descrito pelo IAL (2008). Os resultados foram expressos em percentagem (%).

3.4.1.3 Sólidos solúveis totais (°Brix)

O teor de sólidos solúveis totais expresso em °Brix, foi determinado pelo método refratométrico, em refratômetro tipo Abbe, com correção de temperatura, segundo as normas analíticas do IAL (2008).

3.4.1.4 pH

O pH foi obtido pelo método potenciométrico com o medidor de pH da marca Quimis modelo Q400 AS, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. Os resultados foram expressos em unidades de pH.

3.4.1.5 Acidez total titulável

A acidez total titulável foi determinada pelo método acidimétrico do manual do IAL (2008). Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico.

3.4.1.6 Cinzas

A determinação de cinzas foi feita através da mufla EDG3P-S conforme metodologia do IAL (2008) cujos resultados foram expressos em percentagem (%).

3.4.1.7 Açúcares totais, redutores e não redutores

Os açúcares totais, redutores e não redutores foram determinados pelo método de redução alcalina descrito pelo IAL (2008) e os resultados expressos em percentagem de glicose para os açúcares totais e redutores e em sacarose para os não redutores.

3.4.1.8 Cor

A metodologia utilizada para determinação da cor da polpa in natura foi realizada conforme a metodologia descrita no item 3.3.9.

3.4.2 Caracterização química da polpa de seriguela

3.4.2.1 Vitamina C

O teor de ácido ascórbico foi determinado pelo método Tillmans (titulométrico), conforme IAL (1985), que se baseia na redução de 2-6- diclorofenol – indofenol (DCFI) pelo ácido ascórbico. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 ml da amostra.

3.4.2.2 Taninos condensados

A determinação de taninos condensados foi feita através do método colorimétrico descrito por Morrison et al. (1995) os quais utilizaram uma solução de ácido clorídrico a 8% e uma solução de vanilina a 1%; as leituras foram realizadas em espectrofotômetro UV-VIS (Agilent Cary 60) com auxílio de cubetas de quartzo no comprimento de onda de 500 nm. Nos cálculos realizados para determinação de taninos foi utilizado uma curva padrão em catequina, no intervalo de 2,5 a 200 mg/mL; os dados obtidos por intermédio da curva padrão, foram utilizados na Equação 3.7:

$$\text{Taninos condensados} = \frac{\text{mg}(\text{cat})}{100 \text{ g amostra}} = x \cdot V \cdot \frac{100}{m} \quad (3.7)$$

Em que:

x - concentração obtida na curva padrão, mg mL⁻¹

V - volume da amostra, mL
m - peso da amostra, g

3.4.2.3 Flavonoides amarelos

A determinação seguiu a metodologia proposta por Francis (1982), em que para a extração adicionou-se a solução extratora de etanol -HCl a 1,5 N na proporção de 85:15 (v/v) na amostra macerada; a leitura foi realizada no espectrofotômetro UV-VIS (Agilent Cary 60) e a quantificação foi baseada na Equação 3.8 e expressos em mg/100 g:

$$\text{Flavonóides} = \frac{\text{Fd} \times \text{Abs}}{76,6} \quad (3.8)$$

Onde:

Fd - fator de diluição;

Abs - absorbância a 374 nm

3.4.2.4 Fenólicos totais

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado em espectrofotômetro, de acordo com o método de Folin-Ciocalteu descrito por Waterhouse e Laurie (2006). Os extratos foram preparados a partir da diluição de 0,5 g de amostra em 10 mL de água destilada e deixados em repouso durante uma hora; uma alíquota de 50 µL do extrato foi transferida para um tubo de ensaio, em que foram adicionados 2,075 µL de água e 125 µL do reagente folin ciocalteau; a mistura permaneceu em repouso por 5 min e logo após foram adicionados 250 µL de carbonato de sódio a 20%, seguida de agitação e repouso em banho-maria, marca Nova Técnica (NT245) a 40 °C, por 30 min. A curva de calibração foi preparada com ácido gálico nas concentrações entre 0,01 e 0,15 mg/mL e as leituras medidas em espectrofotômetro UV-VIS (Agilent Cary 60) a 765 nm.

3.4.2.5 Antocianinas totais

As antocianinas totais foram determinadas segundo a metodologia descrita por Francis (1982) adicionando-se à solução extratora de etanol- HCl 1,5 N na proporção 85:15 (v/v). As leituras foram feitas a 535 nm para as antocianinas, e os resultados expressos em mg/100 g e em seguida calculados através da Equação 3.9:

$$\text{Antocianinas totais} = \frac{\text{Fd} \times \text{Abs}}{98,2} \quad (3.9)$$

Onde:

Fd - fator de diluição;

Abs - absorvância a 535 nm.

3.4.2.6 Atividade antioxidante

A determinação da capacidade antioxidante sequestrante do radical livre ABTS (radical 2,2'azinobis-(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) foi feita de acordo com a metodologia de Rufino et al. (2010). O ensaio com o radical livre ABTS foi obtido pela reação do ABTS (7 mM) com solução de persulfato de potássio 140 mM (2,45 μ M), concentração final. O sistema foi mantido em repouso a temperatura ambiente (± 25 °C), durante 16 h em ausência de luz. Uma vez formado, o radical ABTS foi diluído com etanol até se obter o valor de absorvância $0,70 \pm 0,02$ nm. A leitura espectrofotométrica (UV-VIS (Agilent Cary 60)) foi realizada após 6 min, a partir da mistura do radical com o extrato comprimento de onda de 734 nm e o etanol foi utilizado como branco. Utilizou-se uma alíquota de 30 μ L de amostra e 3 mL de radical ABTS, além de uma curva padrão de Trolox, previamente estabelecida para determinação de antioxidante cujos resultados foram expressos em μ M de Trolox/g polpa.

3.4.2.7 Clorofila a (Ca), clorofila b (Cb), clorofila total (CT) e Carotenóides totais

Foram determinados de acordo com Lichtenthaler (1987), conforme a equação 3.10, 3.11, 3.12 e 3.13. Cerca de 0,5 g de amostra fresca foi macerado em almofariz com 0,2 g de carbonato de cálcio (CaCO_3) e 5 mL de acetona (80%) gelada em ambiente escuro; em seguida, as amostras foram centrifugadas a 10 °C e 3.000 rpm por 10 min e os sobrenadantes utilizados para leitura em espectrofotômetro UV-VIS (Agilent Cary 60) nos comprimentos de onda de 470, 646 e 663 nm; os resultados foram expressos em mg/100.

$$\text{Ca} = ((12,21 \times A_{663 \text{ nm}}) - (2,81 \times A_{646 \text{ nm}})) \times V / (P \times 1000) \quad (3.10)$$

$$\text{Cb} = ((20,13 \times A_{646 \text{ nm}}) - (5,03 \times A_{663 \text{ nm}})) \times V / (P \times 1000) \quad (3.11)$$

$$\text{CT} = ((17,3 \times A_{646 \text{ nm}}) - (7,18 \times A_{663 \text{ nm}})) \times V / (P \times 1000) \quad (3.12)$$

$$\text{Carotenóides} = \left[\frac{(1000 \times A_{470} - 1,82 \text{ Ca} - 85,02 \text{ Cb})}{198} \right] \times \frac{100}{1000} \quad (3.13)$$

Onde:

A -Absorbância, nm;

V - Volume da diluição, ml;

P - Peso da amostra, g.

3.5 Elaboração e secagem das polpas formuladas em secador de leite de jorro

Na Tabela 3.1, se encontram as formulações da polpa de seriguela e maltodextrina DE10 destinadas ao processo de secagem em leite de jorro. Foram elaboradas 3 formulações de polpa de seriguela, utilizando-se as concentrações 3, 6 e 9% de maltodextrina, além da formulação sem adição de adjuvante de secagem (0%), constituindo-se em formulação padrão.

Tabela 3.1. Formulações de polpa de seriguela e maltodextrina destinadas à secagem em leite de jorro.

Formulação	Temperatura (°C)	Polpa de seriguela (%)	Maltodextrina (%)	Total (%)
1*	60	100	-	100
2*	70	100	-	100
3*	80	100	-	100
4	60	97	3	100
5	70	97	3	100
6	80	97	3	100
7	60	94	6	100
8	70	94	6	100
9	80	94	6	100
10	60	91	9	100
11	70	91	9	100
12	80	91	9	100

* Controle

As polpas formuladas com 0, 3, 6 e 9% de maltodextrina foram secadas em secador de leite de jorro marca Labmaqdo Brasil, modelo FBD 1.0, indicado para a secagem, granulação, mistura e revestimento com capacidade de 150 mL até 1 L, aplicando-se temperaturas de 60, 70 e 80 °C e para cada uma dessas temperaturas permaneceram constantes os valores de vazão de ar (Var): jorro mínimo de 2,5 m³/min.; vazão de suspensão do bico atomizador (Ws): 2 ml/min.e pressão interna: 3 bar; bomba: 3 ml/min.; para os ensaios de secagem foram utilizadas partículas de poliestireno do tipo 849, produzido pela EDN, Camaçari – Bahia; após a secagem

os pós foram colocados em embalagens laminadas Stand-up100 Metalizado com zíper e armazenados em isopor contendo sílica gel até a realização das análises.

3.6 Caracterização química dos pós de seriguela

As amostras em pó foram caracterizadas quanto aos parâmetros físico-químicos (atividade de água, sólidos totais, teor de água, sólidos solúveis (°Brix), pH, acidez, cinzas e cor (L^* , a^* e b^*)) de acordo com as metodologias descritas no tópico 3.4.1 e químicos (vitamina C, taninos condensados, flavonoides amarelos, clorofila A, clorofila B e carotenoides) baseados nos métodos descritos no tópico 3.4.2.

3.7 Seleção e caracterização pó selecionado

O pó foi selecionado através dos melhores parâmetros apresentados em relação às análises físico-químicas (a_w e teor de água) e químicas (vitamina C, taninos condensados, flavonoides amarelos, clorofila A, clorofila B e carotenoides); após a escolha o pó foi submetido às seguintes análises:

3.7.1 Caracterização física do pó selecionado

3.7.1.1 Molhabilidade

Foi utilizado o método de molhabilidade estático proposto por Freudig et al. (1999) com algumas modificações; este método consistiu em depositar suavemente 1 g de amostra sobre 100 mL de água destilada a 25 °C e determinar visualmente o tempo necessário para que todas as partículas se molhem; enfim, a molhabilidade foi calculada de acordo com a Equação 3.14.

$$M = \frac{N}{t} \quad (3.14)$$

Em que:

M - molhabilidade;

N - massa da amostra, g;

t - tempo, s.

3.7.1.2 Solubilidade

A solubilidade foi determinada pelo método de Eastman & Moore (1984) e modificado por Cano-Chauca et al. (2005); 1 g de pó foi adicionado em 100 mL de água sob alta velocidade de agitação em um agitador magnético, por 5 min.; o pó disperso em água foi centrifugado a 2600 rpm durante 5 min.; uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi transferida para uma placa de Petri, previamente pesada e submetida à secagem em estufa a 105 °C, por 24 h; a solubilidade foi calculada segundo a Equação 3.15.

$$S = \left[\left(\frac{M_s}{M_a} \right) \times 4 \right] \times 100 \quad (3.15)$$

Onde:

S - solubilidade;

M_s - massa dos sólidos dissolvidos no sobrenadante, g;

M_a - Massa da amostra, g.

3.7.1.3 Higroscopicidade

Foi determinada de acordo com o método proposto por Cai e Corke (2000), com algumas modificações; as amostras em pó (cerca de 1 g) foram colocadas em um recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,29%) a 25 °C por sete dias, com posterior pesagem dos pós; a higroscopicidade foi expressa como percentagem (%).

3.7.1.4 Densidade aparente

A densidade aparente (ρ_{ap}) foi determinada transferindo-se 2 g do pó de seriguela obtido pela secagem em leito de jorro a 80 °C com 3% de maltodextrina para uma proveta graduada de 10 mL, sendo calculada como a relação entre a massa de pó e o volume ocupado (GOULA e ADAMOPOULOS, 2004); a densidade aparente foi calculada conforme a Equação 3.16:

$$\rho_a = \frac{m_s}{V_t} \quad (3.16)$$

Em que:

ρ_a - densidade aparente;

m_s - massa do sólido, g;

V_t - Volume total, cm^3 .

3.7.1.5 Densidade compactada

Para a determinação da densidade compactada aproximadamente 2 g do pó de seriguela foram transferidos para uma proveta graduada de 10 mL; a densidade compactada foi calculada a partir da massa de pó contida na proveta depois de ser batida manualmente 100 vezes sobre a superfície de bancada de uma altura de 10 cm, conforme a Equação 3.17:

$$\rho_c = \frac{m_s}{V_{sc}} \quad (3.17)$$

Onde:

ρ_c - densidade compactada;

m_s - massa do sólido, g;

V_{sc} - Volume do sólido após compactação, cm^3 .

3.7.1.6 Fator de Hausner

A partir das densidades aparente e de compactação, foi determinado o fator de Hausner aplicando-se a Equação 3.18 segundo a metodologia de Aulton (2005):

$$FH = \frac{\rho_{comp}}{\rho_{ap}} \quad (3.18)$$

3.7.1.7 Índice de compressibilidade

A partir das densidades aparente e de compactação, foi determinado o índice de compressibilidade (IC) aplicando-se a Equação 3.19 segundo a metodologia de Wanczinski et al. (2002):

$$IC = \frac{\rho_{comp} - \rho_{ap}}{\rho_{comp}} \quad (3.19)$$

3.7.2 Caracterização química do pó selecionado

Os compostos fenólicos, antocianinas totais e atividade antioxidante, foram determinados de acordo com a metodologia descrita nos tópicos 3.4.2.4, 3.4.2.5e 3.4.2.6.

3.8 Isotermas de adsorção de água

As isotermas de adsorção de água das amostras em pó foram determinadas utilizando-se o método descrito por Capriste e Rotstein (1982), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C.

A umidade de equilíbrio em base seca foi determinada utilizando-se a Equação 3.20:

$$X_{eq} = \frac{m_{eq} - m_s}{m_s} \cdot 100 \quad (3.20)$$

Onde:

X_{eq} - umidade de equilíbrio em base seca;

m_{eq} - massa da amostra no equilíbrio;

m_s - massa seca da amostra.

Os dados experimentais das isotermas de adsorção de água das amostras em pó foram ajustados através dos modelos matemáticos de GAB, Oswin e Peleg, fazendo-se uso de regressão não linear e se utilizando o programa Statistica 7.0.

Tabela 3.2. Modelos utilizados para representação dos dados experimentais.

Modelo	Equação	Referências
GAB	$U_{eq} = \frac{X_m C k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + C k a_w)}$	Labuza et al. (1985)
Oswin	$U_{eq} = a \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b$	Peleg (1993)
Peleg	$U_{eq} = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2}$	Labuza et al. (1985)

U_{eq} - Umidade de equilíbrio, kg/kg; X_m - Umidade na monocamada molecular, kg/kg; a_w - Atividade de água, adimensional; k_1 , k_2 , n_1 , n_2 , C , K , a , b - Constantes das equações

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos à isoterma, foram: o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P), este ultimo calculado conforme a Equação 3.21.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|(X_{exp} - X_{teor})|}{X_{exp}} \quad (3.21)$$

Em que:

P - desvio percentual médio (%);

X_{exp} - valores obtidos experimentalmente;

X_{teor} - valores preditos pelo modelo;

n - número de dados experimentais.

3.9 Análise morfológica dos pós de seriguela

A análise morfológica das partículas foi realizada através de microscopia eletrônica de varredura (MEV) em um microscópio marca Hirox modelo KH1300, operando-se com software de 2DMEASURE; para obter as imagens por MEV, as estruturas morfológicas foram fotografadas em ampliações de 250, 350, 700, 1400, 2100 e 3500x utilizando-se canhões de MXG- 5040RZ com faixa de aumento de 50 a 400x e MX-10C com faixa de 350 a 3500x.

3.10 Análise estatística

A análise estatística dos dados obtidos experimentalmente ao longo do trabalho foi realizada usando-se o programa computacional ASSISTAT (SILVA e AZEVEDO, 2009); na análise de variância- anova, aplicou-se o experimento fatorial 3x4 com 2 fatores e 3 repetições, sendo o 1º fator com três tratamentos (temperaturas de 60, 70 e 80 °C empregadas no processo de secagem) e o 2º fator com quatro tratamentos (concentrações de 0, 3, 6 e 9% de maltodextrina).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Propriedades físicas dos frutos de seriguela

Na Tabela 4.1 se encontram os valores médios das características físicas de 100 frutos de seriguela.

Tabela 4.1. Propriedades físicas dos frutos de seriguela.

Propriedades físicas dos frutos		Média ± desvio padrão*
Massa individual (g)		14,43 ± 1,78
Volume real (v_R) cm ³		14,66 ± 1,70
Massa específica real (ρ_r) g/m ³		0,98 ± 0,02
Massa específica aparente (ρ_a) g/m ³		0,57 ± 0,01
Porosidade (ϵ) (%)		41,51 ± 0,17
Dimensões mutuamente perpendiculares (cm)	A	3,61 ± 0,06
	B	2,69 ± 0,11
Circularidade (C)		74,51 ± 7,95
Esfericidade (ϕ)		59,09 ± 2,85
Cor	L*	55,13 ± 1,92
	+a*	18,65 ± 2,77
	+b*	56,26 ± 2,36

*Média e desvio padrão para 100 frutos.

Observa-se, na Tabela 4.1, que a média da massa individual de 100 frutos foi de 14,43g, valor este próximo ao encontrado por Martins et al. (2003) ao estudarem o desenvolvimento de frutos de seriguela, com o peso médio dos frutos de seriguela de 13,98g após ser atingida a maturação plena; Martins e Melo (2016) relataram peso da seriguela de 10,27g, inferior ao deste estudo.

A dimensão a, que equivale ao comprimento dos frutos, foi de 3,61 cm e a dimensão b, equivalente à largura, foi de 2,69 cm, resultados próximos ao encontrado no estudo feito por Pinheiro et al. (2015) estudando a caracterização pós-colheita de seriguela em diferentes estádios de maturação, obtiveram resultados da massa de 1- 15,23, 2- 14,22 e 3- 12,97 e comprimento de frutos de 1- 3,23, 2- 3,10 e 3- 2,99 caracterizando as amostras como 1- Estádio de maturação verde; 2- Estádio de maturação verde maduro e 3- Fruto completamente maduro, destacando-se que os estádios de maturação verde maduro e completamente maduro não diferiram estatisticamente em relação ao comprimento e a massa, sendo esta última com valor

próximo ao encontrado neste estudo (14,43g). Lira Júnior et al. (2010) relataram valores de 3,19 e 2,31 cm para a seriguela em estágio de maturação considerada madura, próximos aos valores encontrados neste estudo.

Soares (2011) verificou ao analisar os frutos de seriguela, que os frutos maduros apresentaram comprimento de 3,25 e 2,42 cm de diâmetro, resultados esses próximos aos relatados neste estudo (Tabela 4.1), e concluiu que o comprimento é superior ao diâmetro, caracterizando a seriguela como fruto ovoide ou alongado. O autor também concluiu nesta pesquisa e de acordo com os dados obtidos das dimensões mutuamente perpendiculares dos frutos de seriguela, que a dimensão a é diferente da dimensão b; logo, o fruto de seriguela é considerado um fruto elipsoide biaxial.

Na Tabela 4.1 observa-se que o valor médio encontrado para massa específica real é maior que o valor encontrado para massa específica aparente, como era previsto, pois a massa específica aparente leva em consideração os espaços intergranulares existentes na massa do fruto havendo, conseqüentemente, redução da massa específica.

A porosidade dos frutos apresentou valor de 41,51% de espaços vazios existentes na massa de 100 frutos, a circularidade uma média de 74,51%, a esfericidade 59,09% e o volume real 14,66 cm³ neste estudo. Soares et al. (2006) encontraram valores médios da circularidade dos frutos de cajá de 69,53%, uma esfericidade de 69,98% e o volume de 16,10 cm³, concluindo que o cajá se caracteriza mais como fruto elipsoide que esferoide, devido aos valores de esfericidade e circularidade.

A luminosidade (L*) dos frutos apresentou-se com valores médios de 55,13, a intensidade de vermelho (+a*) foi menor (18,65) que a intensidade de amarelo (+b*) 56,26 como era esperado, tendo em vista a cor amarelada dos frutos visualmente. Díaz-Pérez et al. (1998) observaram que durante o armazenamento de seriguelas mexicanas os frutos com maturidade considerada verde-maduro mostraram uma mudança da cor verde para amarelo (aumento de +a* e +b*), com um vermelho menos desenvolvido (valor mais baixo a* e b* maior) que os frutos colhidos considerados maduros, mas concluíram que a cor dos frutos difere de acordo com seu local de origem. No estudo de Lima et al. (2013) os frutos de *Physalis* apresentaram valor de luminosidade de L* 65,49, +a* 7,79 e +b* 36,75, sendo a intensidade de amarelo (b*) também maior que a intensidade de vermelho (a*).

4.2 Caracterização físico- química da polpa integral de seriguela

Na Tabela 4.2 se encontram os parâmetros físicos- químicos de a_w , teor de água, sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), pH, acidez, cinzas, açúcares totais, redutores e não redutores e cor (L^* , a^* e b^*) da polpa integral de seriguela.

Tabela 1.2. Parâmetros físicos- químicos da polpa integral de seriguela.

Parâmetros	Média \pm desvio padrão	
Atividade de água (a_w)	0,98 \pm 0,00	
Teor de água (%)	75,85 \pm 0,07	
Sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix)	15 \pm 0,00	
Ph	3,10 \pm 0,03	
Acidez total titulável (%)	0,85 \pm 0,00	
Cinzas (%)	0,45 \pm 0,02	
Açúcares totais (% de glicose)	10,02 \pm 0,10	
Açúcares redutores (% de glicose)	5,65 \pm 0,06	
Açúcares não redutores (% de sacarose)	4,37 \pm 0,08	
Cor	L^*	65,30 \pm 1,92
	a^*	7,32 \pm 2,77
	b^*	40,28 \pm 2,36

Verifica-se, na Tabela 4.2, que a atividade de água apresentada na polpa de seriguela foi de 0,98, semelhante aos resultados encontrados em polpas de outras *Spondias*, como a polpa de cajá analisada por Moura (2009) que apresentou uma atividade de água de 0,99, assim como a polpa de umbu estudada por Silva (2013) que obteve uma atividade de água também de 0,99 indicando ser um produto altamente perecível e suscetível ao ataque de micro-organismos.

O teor de água obtido por Lima (2009) foi de 76,41% na polpa de seriguela, semelhante ao encontrado neste estudo, com 75,85% (Tabela 4), próximo ao valor encontrado por Souza (2009) com 77,7%; Koziol e Macía (1998) que relataram um teor de água de 77,6 % na polpa da seriguela e ao descrito na TACO (2011) para o teor de água da seriguela, com 78,7%.

Observa-se, na Tabela 4.2 um total de 0,45% de cinzas presente na amostra de polpa de seriguela resultado inferior ao referenciado na TACO (2011), que apresenta a percentagem de 0,7 de cinzas. Chagas et al. (2015) obtiveram resultado semelhante ao deste estudo para a polpa de cajá que apresentou 0,48% e inferior ao verificado por Mattietto (2005) que detectou um valor de cinzas para a polpa de cajá de 0,58%.

O resultado encontrado nesta pesquisa para o pH foi de 3,10, classificando a fruta como ácida em razão de apresentar o pH na faixa dos alimentos ácidos. Pinheiro et al.(2015) relataram para os frutos maduros de seriguela pH de 3,59; Souza (2009) relatou pH de 3,9 e Soares (2011) um valor de pH de 3,57 para a polpa de seriguela.

A acidez da polpa de seriguela apresentou teor de 0,85% de ácido cítrico (Tabela 4), valor este também encontrado por Alia-Tejacal et al. (2012) nos frutos de seriguela mexicana e próximo ao reportado por Souza (2009) que, ao analisar a polpa de seriguela obteve resultado de 0,80% de ácido cítrico.

O teor de sólidos solúveis totais encontrado por Soares (2011) foi de 15,20 °Brix semelhante ao deste estudo, que apresentou teor de 15,00 °Brix (Tabela 4.2) e próximo ao encontrado por Souza (2009) que obteve o valor de 16,5 °Brix na polpa de seriguela. Tiburski et al. (2011), ao estudarem as propriedades nutricionais de polpa de cajá, obtiveram valor de sólidos solúveis igual a 14,9 °Brix, próximo ao encontrado para polpa de seriguela.

O teor de açúcares totais encontrado neste estudo (Tabela 4.2) foi inferior ao relatado por Martins e Melo (2016) com 18,68% na polpa de seriguela e superiores ao encontrado por Damiani et al. (2011) quando, comparado aos frutos de cajá-manga, que apresentaram valor de 5,35%.

O teor de açúcares redutores (% glicose) reportado por Soares (2011) foi de 4,22% para os frutos de seriguela maduros naturalmente, inferior ao valor encontrado neste estudo, com 5,65% para a polpa de seriguela e dentro da faixa dos valores obtidos por Filgueiras et al. (2001), de 4,66 e 6,70% em estudos feitos com seriguelas do Ceará. O valor de açúcares não redutores (% sacarose) relatado por Soares (2011) foi de 5,23%, superior ao valor encontrado neste estudo, com 4,37%, porém Carvalho et al. (2011) encontraram valor para açúcares redutores de 7,95%, superior ao valor obtido neste estudo e o total de açúcares não redutores de 0,62%, inferior ao da presente pesquisa (Tabela 4.2) para polpa de seriguela; no caracterização pós-colheita de seriguela tanto os açúcares redutores quanto os não redutores apresentaram valores acima dos encontrados neste estudo correspondendo a 8,82 e 11,59%, respectivamente, no trabalho desenvolvido por Pinheiro et al. (2015).

Em relação à cor, a polpa de seriguela apresentou valores de L* 65,30, a* de 7,32 e b* de 40,28, indicando que a polpa apresentou tendência a ser clara, sua cor apresentou predominância de amarelo e menor intensidade de vermelho devido ao maior valor de b*. Silva (2013) obteve, ao analisar a cor na polpa de umbu, valores de L* 51,53, a* 4,56 e b* de 40,07, indicando que a polpa possui claridade intermediária.

4.3 Caracterização química da polpa integral de seriguela

Na Tabela 4.3 se encontra a composição química da polpa de seriguela utilizada neste estudo.

Tabela 4.3. Parâmetros químicos da polpa integral de seriguela.

Parâmetros	Média± Desvio Padrão
Vitamina C (mg de AA*/100 g)	24,97 ± 0,76
Taninos condensados (mg EC**/100 g)	19,48 ± 0,07
Flavonóides amarelos (mg EQ***/100 g)	1,53 ± 0,01
Antocianinas (mg/100 g)	1,66 ± 0,42
Compostos fenólicos (mg EAG****/100 g)	90,76 ± 1,03
Atividade Antioxidante (µM de Trolox/g)	26,81 ± 1,54
Clorofila A(mg/g)	0,09 ± 0,00
Clorofila B (mg/g)	0,14 ± 0,00
Clorofila total (mg/100 g)	0,23 ± 0,00
Carotenóides (mg/100 g)	0,54 ± 0,00

*Ácido Ascórbico; **Equivalente de Catequina; ***Equivalente de Quercetina; ****Equivalente de Ácido Gálico.

Nota-se na Tabela 4.3, que a média do teor de vitamina C na polpa de seriguela foi de 24,97 mg AA/100 g, semelhante ao valor encontrado por Nava- Kuri e Uscanga (1979), com 24,1 mg/100 g e próximo também ao valor referenciado pela TACO (2011), com 27 mg /100 g de vitamina C. Em trabalho desenvolvido por Silva (2011), com vários genótipos de *Spondias purpurea* L., as concentrações variaram de 25,29 a 32,88 mg/100 g, porém Furtado et al. (2010) relataram valor inferior (7,83 mg/100 g) na polpa de seriguela e Lima et al. (2012) encontraram resultado superior, com 32,15 mg/100 g de ácido ascórbico. Almeida et al. (2011) observaram, ao estudar os compostos bioativos e a atividade antioxidante de frutas frescas exóticas do Nordeste do Brasil, que o teor de vitamina C, foi de 29,6 mg AA/100 g na seriguela. O valor de vitamina C também se equipara aos encontrados em outras *Spondias*. Rufino et al. (2010) verificaram, em estudos realizados em outras espécies de *Spondias*, cajá e umbu, teores de 26,5 e 18,4 mg/100 g de vitamina C, sendo o resultado de cajá próximo ao detectado neste estudo (24,97 mg/100 g) e Chagas et al. (2015) que relataram valor de 23,30 mg/g para a *Spondias mombin* L..

Como expresso na Tabela 4.3, os teores de clorofila a, b e total, são menores na polpa de seriguela se comparados com os teores de antocianinas, carotenoides e flavonoides, tal como apresentaram os resultados encontrados por Chagas et al. (2015), com os teores de clorofila a (0,06 mg/g), b (0,06 mg/g) e total (0,12 mg/g), antocianinas (0,56 mg/g), carotenoides (1,37 mg/g) e flavonoides (1,30 mg/g) para a *Spondias mombin* L.; os autores afirmam ser devido a maior concentração desses pigmentos estar presente nos frutos imaturos, pois apresentam coloração mais esverdeada, que é característica desses pigmentos e que, com a evolução da maturação, ocorre degradação das clorofilas dando origem a outros pigmentos também de coloração característica como, por exemplo, as antocianinas, carotenoides e flavonoides, que variam de uma coloração amarelada até uma coloração mais avermelhada. Silva et al. (2012a) encontraram teor de clorofila total igual a 0,20 mg/g para genótipos de cajá, próximo ao valor relatado neste estudo.

Todisco (2012) obteve resultados de 1,06 mg/g de carotenoides para polpa de seriguela; Tiburski et al. (2011) encontraram, na polpa de cajá, um teor de carotenoides total de 48,69 mg/100 g e Rufino et al. (2010) em análise, encontraram um teor de carotenoides totais de 0,7 e 1,0 mg/100 g, para o cajá e umbu, respectivamente, valores esses superiores ao encontrado na polpa de seriguela que apresentou o total de 0,54 mg/100 g. Em um dos genótipos de cajá estudado por Silva et al. (2012a) foi detectado um teor de carotenoides de 0,01 mg/100 g e Melo e Andrade (2010) observaram valor de carotenoides totais de 0,0017 mg/g no fruto de umbu, resultado inferior ao encontrado nesta pesquisa para polpa de seriguela. Rosatti et al. (2011) encontraram resultados de teor de carotenóides totais de 0,51mg/100 g próximos ao encontrado neste estudo (0,54 mg/100 g), em frutos de mangueira em estado de maturidade fisiológica coletados no Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido, nos acessos Tyler Premier e Alphonso.

Rocha et al. (2011) indicam que as frutas nativas do cerrado são boas fontes de compostos fenólicos, dentre elas a *E. dysenterica* (cagaiata) que apresentou valor de 90 mg EAG/100 g de polpa, valor este semelhante ao detectado no presente estudo, com 90,76 mg EAG/100 g. Almeida et al. (2011), constataram um teor de fenólicos totais de 55,0 mg EAG/100 g) para a seriguela, inferior ao encontrado nesse estudo (Tabela 4.3). Todisco (2012) obteve valores superiores de compostos fenólicos (2,06 mg/100 g), flavonoides (5,01 mg/100 g) e ácido ascórbico (158,01 mg/100 g) na polpa de seriguela, determinados pela metodologia em HPLC.

Melo et al. (2008) pesquisaram o teor de fenólicos totais e a capacidade antioxidante de polpas congeladas diluídas em água (1:4); dentre elas a seriguela apresentou um teor de compostos fenólicos de 161,95 mg/100 g e forte capacidade de sequestrar o radical DPPH,

apresentando 421,00, resultados superiores aos encontrados nesse estudo, com 90,76 mg EAG/100 g e 26,81 μM TEAC/g respectivamente. Tiburski et al. (2011) obtiveram, ao estudar a composição química e as propriedades físico-químicas da polpa de cajá, um teor de compostos fenólicos de 260,21 mg EAG/100 g superiores ao da seriguela (Tabela 4.3). Rufino et al. (2010) detectaram, ao analisar frutos do mesmo gênero da seriguela, a exemplo de cajá (*Spondias mombim*) e de umbu (*Spondias tuberosa*), valores próximos de 72,0 mg EAG/100 g e 90,4 mg EAG/100 g de polpa, respectivamente, o último próximo ao valor encontrado para a polpa de seriguela neste estudo.

Entre as frutas frescas exóticas estudadas por Almeida et al. (2011), a seriguela apresentou o teor de antocianinas de 1,35 mg/100 g, resultado este próximo ao valor ao encontrado neste estudo, com 1,66 mg/100 g. Mendes et al. (2008) obtiveram, estudando outra espécie de *Spondias*, o cajá, teores de antocianinas que variaram entre 13,0 e 31,0 mg/100 g, resultados esses superiores ao dessa pesquisa; no estudo de Rufino et al. (2010), não foram detectados valores de antocianinas na polpa de cajá.

O teor de flavonoides amarelos foi de 2,00 mg/100 g em um dos genótipos de cajá estudado por Silva et al. (2012a) superior ao encontrado na seriguela, que apresentou o total de 1,53 mg EQ/100 g. Rufino et al. (2010) obtiveram o total de 7,1 e 6,9 mg/100 g de flavonoides amarelos em cajá e umbu.

O valor observado por Carvalho et al. (2011) de taninos em polpa de seriguela, foi de 1,53 mg EC/g e por Silva et al. (1999) foi de 1,64 mg/g de polpa in natura de seriguela, valores esses inferiores ao detectado neste estudo que apresentou 19,48 mg EC/g, enquanto que Rocha et al. (2011) obtiveram valor de taninos condensados de 19 mg EC/100 g em pera-do-cerrado (*Eugenia klotzchiana*), próximo ao valor relatado no presente estudo (Tabela 4.3).

Dentre as espécies de frutas frescas exóticas do nordeste, estudadas por Almeida et al. (2011), a seriguela apresentou atividade antioxidante (Capacidade Antioxidante Equivalente de Trolox (TEAC)) de 6,25 μM /g polpa fresca, pelo método de ABTS e 1,50 μM de Trolox equivalente/g de polpa fresca, por DPPH, resultados esses, inferiores ao encontrado neste estudo, que apresentou o total de 26,81 μM de Trolox/g de polpa, valor próximo ao encontrado por Gonçalves (2008) para a polpa de umbu com 21 μM equivalente de Trolox/g. O conteúdo médio de antioxidantes totais presentes nas amostras de jabuticaba estudadas por Moura et al. (2009) foi de 116,10 μM de Trolox/g de extrato aquoso; valores na faixa foram encontrados por Santos et. al. (2008) ao estudar polpas de açaí, que obtiveram variações de 10,21 a 52,47 μM de Trolox/g de amostra.

4.4 Caracterização físico-química dos pós obtidos por secagem em leito de jorro

Observam-se, na Tabela 4.4, os valores de atividade de água (a_w) para os pós de seriguela; esses valores de atividade de água se apresentaram inferiores a 0,4; assim e com base na classificação de Azeredo (2005), os pós podem ser considerados com baixa atividade de água e embora os micro-organismos possam sobreviver, não ocorre seu crescimento, em razão de apresentarem valores ($<0,60$) de atividade de água.

Tabela 4.4. Valores médios da atividade de água (a_w) dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.

Temperatura °C	a_w			
	Concentração de maltodextrina (%)			
	0	3	6	9
60	0,329 aA	0,280 aB	0,247 aC	0,240 aD
70	0,323 bA	0,257 bB	0,227 bC	0,186 bD
80	0,195 cA	0,187 bA	0,142 cB	0,140 cB

MG= 0,23008; CV% = 1,15; DMS para coluna= 0,0054; DMS para linhas= 0,0060; MG- Média geral; CV- Coeficiente de variação; DMS- Desvio mínimo significativo; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verifica-se, na Tabela 4.4 que, em relação ao aumento da temperatura as amostras apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$), exceto na concentração de 3% de maltodextrina entre as temperaturas de 70 e 80 °C que não diferiram entre si quando aplicado o teste de Tukey, porém se percebe que houve redução da atividade de água com o aumento da temperatura.

Na temperatura de 80 °C as amostras com concentrações de 0 e 3% de maltodextrina não diferiram entre si, assim como as concentrações de 6 e 9%, porém a esta temperatura a a_w apresentou comportamento esperado, ocorrendo uma redução com o aumento da concentração de maltodextrina, tal como nas temperaturas de 60 e 70 °C (Tabela 4.4).

Em seu estudo, por Silva Júnior et al. (2013) verificaram que os valores de a_w variaram entre 0,05 e 0,39 dos pós de seriguela obtidos pelo método de camada de espuma e que com o aumento da temperatura a a_w reduziu, semelhante ao comportamento obtido neste estudo. Esses resultados foram próximos aos apresentados por Tonon et al. (2009) estudando pó de açaí (0,22 de a_w), obtido pelo processo de atomização. Esta a_w assegura um produto seco com elevada estabilidade; os ensaios que apresentaram os menores valores de atividade de água estão entre os que utilizaram maior temperatura de secagem, assim como o relatado neste estudo.

No estudo de Rodríguez et al. (2016), a a_w variou de 0,321 para a temperatura de 40 °C a 0,370 para a de 80 °C nas bagas do maqui (*Aristotelia chilensis* [Mol] Stuntz), durante a secagem. Os autores relataram que, à medida que a temperatura de secagem aumenta, embora o teor de água diminua, a atividade de água mostrou um aumento, provavelmente relacionado com o dano do tecido em que a célula causou redução da capacidade de retenção de água e, conseqüentemente, um aumento em água livre dentro da matriz alimentar, comportamento diferente do apresentado nessa pesquisa.

Santhalakshmy et al. (2015) observaram que as amostras de pó do sumo de jamun apresentaram valores de a_w abaixo de 0,3, bom para a estabilidade do pó. A média da atividade da água dos pós variou de 0,25 a 0,18 (140 a 160 °C) diminuindo com o aumento da temperatura, sendo considerados bioquimicamente ou microbiologicamente bastante estáveis.

A média da a_w dos pós de Gac (*Momordica cochinchinensis*) obtida pelo trabalho realizado por Kha et al. (2010) para verificar os efeitos das condições de secagem por spray dryer, variou de 0,38 para 0,54 e podem também ser considerados bastante estáveis microbiologicamente; além disso, a partir dos resultados obtidos o nível de a_w de pós diminuiu com o aumento da concentração de maltodextrina. Islam et al. (2016) notaram que as amostras de pó de laranja apresentaram valores de a_w de 0,15 e 0,25 e concluíram que com a diminuição da concentração de suco concentrado de laranja e aumento da concentração de maltodextrina houve redução na atividade de água das amostras secadas em spray dryer. Lancha et al. (2012) também obtiveram o mesmo comportamento, em que o aumento da concentração de maltodextrina contribuiu para a redução da atividade de água das amostras de pitanga e jaboticaba secadas em spray dryer, semelhante ao comportamento das amostras dos pós de seriguela, deste estudo.

Daza et al. (2016) verificaram que a concentração do agente de secagem teve efeito positivo na atividade de água de pós da cagaiata obtidos com inulina e goma arábica na secagem por spray dryer; quanto maior foi a concentração menor foi a atividade de água, visto que a temperatura teve efeito positivo na atividade da água nos pós tratados com goma arábica; no entanto, a interação entre a concentração do agente de secagem e temperatura teve influência positiva em amostras com goma arábica.

A Tabela 4.5 apresenta os valores dos teores de água obtidos após a secagem da polpa de seriguela; verifica-se que as amostras sofreram influência tanto da temperatura quanto da concentração de maltodextrina, apresentando diferença significativa ($p < 0,01$). Com o aumento da temperatura e da concentração de maltodextrina houve redução no teor de água, influenciando positivamente na estabilidade dos pós obtidos.

Tabela 4.5. Valores médios dos teores de água dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.

Temperatura °C	Teor de água (%)			
	Concentração de maltodextrina (%)			
	0	3	6	9
60	7,05 aA	5,65 aB	4,95 aC	4,65 aD
70	6,35 bA	5,25 bB	4,95 aC	4,55 aD
80	5,65 cA	5,35 bB	4,35 bC	4,15 bC

MG= 5,24167; CV%= 1,35; DMS para colunas= 0,1885; DMS para linhas= 0,2100; MG- Média geral; CV- Coeficiente de variação; DMS- Desvio mínimo significativo; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores variaram de 7,05 e 4,15% entre a menor temperatura e a menor concentração de maltodextrina (60 °C com concentração de 0% de maltodextrina) e entre a maior temperatura e a maior concentração de maltodextrina (80 °C com concentração de 9% de maltodextrina) respectivamente, como esperado devido ao aumento da temperatura e da concentração de maltodextrina. Tonon et al. (2009), observaram o mesmo comportamento ao analisar os pós produzidos de polpa de açaí por spray dryer, concluindo que a temperatura apresentou efeito positivo, ou seja, maiores temperaturas levaram à produção de pós com teores de água menores. O uso de temperaturas mais altas implica em um maior gradiente de temperaturas entre o produto atomizado e o ar de secagem acarretando em maior transferência de calor e, conseqüentemente, maior evaporação de água do produto, resultando em teores de água mais baixos. Os autores também notaram que as proporções de 10, 8 e 6% de maltodextrina, nas condições de temperatura e vazão mássica selecionadas pelo planejamento experimental (140 °C e 15 g/min.), não influenciaram no teor de água, onde encontraram valores de 2,54, 2,46 e 2,32% para os ensaios com 10, 8 e 6% de maltodextrina, respectivamente.

O teor de água dos pós de seriguela atomizado por Silva Júnior et al (2013) variou de 1,00 a 6,01%; valores inferiores foram encontrados por Silva Júnior et al. (2012) para o pó de cajá (2,22%). Oliveira et al. (2014) relataram que o efeito da adição de 17% de maltodextrina à polpa de cajá liofilizada provocou diminuição no teor de água, variando de 2,05 a 0,65 %, para pó liofilizado da polpa integral e com maltodextrina, respectivamente. Moura Neto et al. (2015) observaram ao analisar o pó atomizado de cajá nas condições de 160 °C, 25% e maltodextrina e 140 °C e 27,05% de maltodextrina, teores de água de 3,33 e 3,57% e notaram que a diminuição da temperatura e o aumento da concentração de maltodextrina, provocaram um aumento no teor de água.

Valores superiores quanto ao teor de água foram encontrados por Oliveira et al. (2006) quando constataram teor de água de 8,12% para o pó de pitanga com 15% de maltodextrina e 7,64% de teor de água para o pó formulado com 30% de maltodextrina constatando também uma redução no teor de água com o aumento da concentração de maltodextrina comportamento este semelhante ao deste estudo; dentre as polpas de seriguela em pó contendo goma arábica, fécula de mandioca e maltodextrina como agente carreador durante o processo de secagem em spray-dryer a 120 °C, o pó com maltodextrina foi o que apresentou maior teor de água, igual a 8,30 (FERREIRA et al., 2014).

Costa et al. (2015) notaram secando polpa de açaí obtida pelo processo em leito de jorro nas condições ideais de 66 °C e 20,5% de maltodextrina, teor de água de 4,44 g/100 g, na faixa dos valores desse estudo. Fujita et al. (2013), relataram que o aumento de temperatura favoreceu aumento no rendimento do processo e diminuição do teor de água do pó de camu-camu, que variou de 3,22% para 5,40% pela secagem em leito de jorro, comportamento semelhante ao encontrado neste estudo (Tabela 4.5).

O teor de água dos pós de suco de jamun variou de 3,22 para 4,18% (140 a 160 ° C, respectivamente); onde esses valores são suficientemente seguros microbiologicamente para os alimentos em pó; o teor de água dos pós aumentou com o aumento da temperatura de entrada, o que pode ser devido à formação de crosta na superfície da gota, o que é bom para a estabilidade do pó e isto levou à formação de partículas maiores (SANTHALAKSHMY et al., 2015) resultado este diferente do comportamento das amostras deste estudo.

Kha et al. (2010) relataram, ao estudar as propriedades físico-químicas do pó de Gac obtidos por spray dryer, relataram que aumento da concentração de maltodextrina e temperatura de secagem resultou numa diminuição no conteúdo de água das amostras. Como a concentração de maltodextrina aumentou de 10% para 30%, o teor de água das amostras diminuiu significativamente de 4,87 para 4,06%. Uma tendência similar foi observada enquanto o aumento da temperatura de secagem de 120 °C e 200° C resultou em uma queda significativa no teor de água a partir de 5,29% para 3,88%, isso foi devido à maior taxa de transferência de calor em partículas fazendo com que ocorresse remoção da água mais rapidamente. Esses resultados poderiam ser explicados pelo fato de que as concentrações adicionais de maltodextrina resultaram em um aumento em sólidos de alimentação e uma redução no total no teor de água para a evaporação.

Islam et al. (2016) verificaram que com a diminuição da concentração de suco concentrado de laranja e aumento da concentração de maltodextrina, houve redução do teor de água das amostras secadas em spray dryer, cujas amostras de pó de laranja apresentaram valores

de conteúdo de água de 2,29 e 3,35%; já Caliskan e Dirim (2013) observaram, ao estudar o efeito de diferentes condições de secagem (entrada/ saída de temperatura) e concentração de maltodextrina nas propriedades física do extrato sumagre, que o aumento da maltodextrina (10, 15, 20 e 25%) não influenciou o teor de água dos pós nas temperaturas de entrada de 160 e 180 °C; já na temperatura de 200 °C ocorreu uma redução de 15 para 20% e aumento de 20 para 25% de maltodextrina, em que o teor de água do extrato de sumac em pó obtido pela secagem em spray dryer variou 1,89 a 2,94%.

Daza et al. (2016), relataram que o aumento na temperatura do ar de entrada levou à diminuição nos teores de água das amostras, em virtude de uma transferência maior de calor para a partícula de água, resultando em maior força de acionamento para a evaporação da água e assim ocorreu a produção de pós com teor de água inferior.

A Tabela 4.6 expressa os valores de pH encontrados nos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.

Tabela 4.6 Valores médios do pH dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.

Temperatura °C	pH			
	Concentração de maltodextrina (%)			
	0	3	6	9
60	3.20 aB	3.21 aB	3.25 aAB	3.29 aA
70	3.17aA	3.18 abA	3.22 abA	3.22 abA
80	3.16 aAB	3.14 bB	3.20 bA	3.20 bA

MG= 3,20625; CV%= 0,49; DMS para colunas = 0,0418; DMS para linhas = 0,0466; MG- Média geral; CV- Coeficiente de variação; DMS- Desvio mínimo significativo; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Verifica-se, na Tabela 4.6, que com o aumento da temperatura o pH das amostras tendeu a reduzir; em contrapartida e de acordo com o aumento da concentração de maltodextrina, o pH tendeu a aumentar; este comportamento foi observado por Santhalakshmy et al. (2015) na amostra em pó de jamun produzidos em spray-dryer, que observaram que com um aumento da temperatura o pH diminuía, e a amostra de pó obtida a 140 °C mostrou o pH mais elevado, correspondendo a 3,30, enquanto que amostras secadas a 160 °C apresentaram o mais baixo índice de pH (3,23).

O pH das duas amostras de polpa de cajá integral e a polpa de cajá com maltodextrina liofilizadas analisadas por Oliveira et al. (2014) não sofreu influência da adição de maltodextrina no processo de secagem, com valores variando de 2,65 a 2,63. Os valores de pH dos pós Gac não foram significativamente afetados pela temperatura de secagem de ar de

entrada nem pela concentração de maltodextrina (KHA et al., 2010); resultados semelhantes foram encontrados por Moura Neto et al. (2015) que, ao analisar o pó cajá de atomizado (160 °C com 25% de maltodextrina) e cajá em pó atomizado (140 °C e 27,05% de maltodextrina) obtiveram resultados de 2,79 e 2,83, e as amostras não sofreram influência da diminuição da temperatura nem do aumento da concentração de maltodextrina, mas se nota que o menor valor de pH foi encontrado no pó obtido com a temperatura de secagem mais elevada.

Na Tabela 4.7 estão expressos os resultados da acidez total titulável dos pós de seriguela; observa-se que o teor de acidez sofreu influência com o emprego da maltodextrina ($p < 0,05$) e da temperatura, em que os valores foram diminuindo de acordo com o aumento da concentração de maltodextrina e da temperatura empregada no processo de secagem.

Tabela 4.7. Valores médios de acidez total titulável dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leite de jorro.

Temperatura °C	Acidez total titulável (%)			
	Concentração de maltodextrina (%)			
	0	3	6	9
60	3,14 bA	2,72 bB	2,67 bB	2,45 bC
70	3,14 bA	2,82 bB	2,60 bC	2,35 bD
80	3,40 aA	3,09 aA	2,89 aB	2,76 aB

MG= 2,85479; CV%= 1,83; DMS para colunas= 0,1396; DMS para linhas = 0,1555; MG: MG - Média geral; CV- Coeficiente de variação; DMS- Desvio mínimo significativo; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Verifica-se, na Tabela 4.7, que na temperatura de 80 °C a adição de maltodextrina não influenciou estatisticamente entre as concentrações de 0, 3, 6 e 9%; nas temperaturas de 60 e 70 °C os valores diferiram estatisticamente entre as amostras, mostrando uma redução no valor da acidez de acordo com o aumento da concentração de maltodextrina; esta diminuição da acidez com o aumento da concentração de maltodextrina pode ser atribuída à diminuição dos ácidos orgânicos com a adição da maltodextrina.

Os pós com 0, 3, 6 e 9% de maltodextrina não diferiram estatisticamente entre as temperaturas de 60 e 70 °C, porém se verifica um aumento da acidez dos pós com o aumento da temperatura ($p < 0,05$).

Em estudo realizado por Oliveira et al. (2014) constatou-se que o efeito da adição de 17% de maltodextrina à polpa de cajá provocou uma diminuição drástica na acidez titulável variando de 9,11 a 3,18, para pó liofilizado da polpa integral e com maltodextrina, respectivamente, comportamento semelhante ao deste estudo.

Moura Neto et al. (2015) também observaram, analisando o pó atomizado de cajá secado a 160 °C com 25% de maltodextrina e cajá em pó atomizado a 140 °C e com 27,05% de maltodextrina, comportamento semelhante com valores de 4,19 e 3,6 %, respectivamente, em que a maior temperatura apresentou maior valor de acidez. Santos et al. (2013) também verificaram ao secar polpa de caju em secador de leito de jorro nas condições de 50, 60 e 70 °C com 10% de maltodextrina, que o aumento da temperatura favoreceu o aumento da acidez (1,82 a 2,32%).

Santhalakshmy et al. (2015) relataram que o maior valor de acidez total foi encontrado no pó produzido com a temperatura mais baixa enquanto que com o aumento da temperatura de entrada a acidez diminuiu. A amostra do pó de jamun produzido em spray-dryer obtido a 140 °C mostrou a acidez mais elevada (0,65%), enquanto que a amostra do pó obtida a 160 °C apresentou o mais baixo (0,32%) índice de acidez, diferente do comportamento relatado nesse estudo.

De acordo com a Tabela 4.8 o aumento da temperatura não influenciou na concentração de cinzas; quanto à adição de maltodextrina empregada na secagem das polpas de seriguela, observa-se que com o aumento da concentração de maltodextrina houve tendência de redução no conteúdo de cinzas.

Tabela 4.8. Valores médios do conteúdo de cinzas dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.

Temperatura °C	Cinzas (%)			
	Concentração de maltodextrina (%)			
	0	3	6	9
60	2,43 aA	2,27 aAB	2,05 aB	1,73 aC
70	2,32 aA	2,17 aAB	1,97 aBC	1,78 aC
80	2,17 aA	1,95 aAB	1,89 aAB	1,71 aB

MG= 2,04085; CV%= 5,03; DMS para colunas = 0,2727; DMS para linhas = 0,3050; MG- Média geral; CV- Coeficiente de variação; DMS- Desvio mínimo significativo; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O conteúdo de cinzas estudado por Caliskan e Dirim (2013), também sofreu redução de acordo com o aumento da concentração de maltodextrina (10, 15, 20 e 25%) em todas as temperaturas (160, 180 e 200 °C) nos pós do extrato sumagre, tal como o comportamento obtido para os pós de seriguela. As influências do método de secagem por liofilização e estufa com circulação de ar quente e o prétratamento com metabissulfito na farinha de abóbora estudadas por Aydin e Gocmen (2015), não afetaram significativamente o conteúdo de cinzas desse produto.

O teor de cinzas foi considerado significativamente maior em bagas maqui secadas em temperaturas mais baixas (40, 50 e 60 °C) em comparação com as obtidas a 70 e 80 °C (RODRÍGUEZ et al., 2016), tal como os resultados encontrados neste estudo, em que os pós de seriguela obtidos a temperatura mais baixas, apresentaram maiores teores no conteúdo de cinzas; já Ghribi et al. (2015) obtiveram resultados contrários e observaram que com o aumento da temperatura houve uma concentração na quantidade de cinzas das amostras de concentrados de proteína de grão de bico, com resultados de 3,89 e 4,53%, para as temperaturas de 40 e 50 °C na secagem convectiva.

Os resultados das análises colorimétricas dos pós de seriguela estão expressos na Tabela 4.9 para os parâmetros de Luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*). Observa-se que a luminosidade das amostras aumentou com o aumento da temperatura e com o aumento da concentração de maltodextrina. A intensidade de vermelho e amarelo das amostras de pós de seriguela sofreu aumento com o aumento da temperatura empregada no processo; em relação à adição de maltodextrina a intensidade de vermelho e amarelo reduziu com o aumento da concentração.

Tabela 4.9. Valores médios das comparações da luminosidade (L*), Intensidade de vermelho (a*) e Intensidade de amarelo (b*) dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.

Temperatura °C	Luminosidade (L*)*			
	Concentração de maltodextrina (%)			
	0	3	6	9
60	70,16 bC	72,43 cB	72,88 cB	76,63 cA
70	70,24 bD	73,47 bC	77,30 bB	80,06 bA
80	72,59 aD	78,28 aC	79,02 aB	81,77 aA
	Intensidade de vermelho(a*)**			
60	4,07 bA	3,17 cB	2,34 cC	2,20 cC
70	4,17 bA	3,42 bB	3,04 bC	2,85 bC
80	5,24 aA	5,13 aA	3,94 aB	3,16aC
	Intensidade de amarelo(b*)***			
60	28,85 cA	27,27 cB	24,54 bC	20,38 cD
70	31,34 bA	28,13 bB	24,72 bC	22,04 bD
80	33,07 aA	29,07 aB	28,99 aB	27,76 aC

*MG= 75,40194; CV%= 0,27; DMS para colunas = 0,4207; DMS para linhas = 0,4648; **MG= 3,56472; CV%= 2,98; DMS para colunas = 0,2162; DMS para linhas = 0,2389; ***MG= 27,18333; CV%= 1,37; DMS para colunas = 0,7563; DMS para linhas = 0,8355; Coeficiente de variação DMS- Desvio mínimo significativo; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em estudo realizado por Silva Júnior et al. (2013), as propriedades ópticas do pó de seriguela foram afetadas pela concentração do agente carreador (14 e 26%), pela temperatura

de secagem (110 e 170 °C) e pela vazão mássica (0,36 e 0,84 L/h) de alimentação, os valores variaram de (L^* (88,20 a 91,69), a^* (-0,21 a 0,88), b^* (20,00 a 26,90)). Notou-se no estudo acima, que com o aumento da temperatura e da concentração do agente carreador entre os ensaios, os valores dos parâmetros de luminosidade, intensidade de vermelho e amarelo aumentaram, comportamento este semelhante ao do presente estudo, em que os valores de L^* , $+a^*$ e $+b^*$ também aumentaram com o aumento da temperatura de secagem.

A luminosidade da polpa de cajá liofilizada sem e com maltodextrina, variou de 54,43 e 58,41, respectivamente (OLIVEIRA et al., 2014). Nos valores da análise colorimétrica a luminosidade (L^*) do pó adicionado de maltodextrina apresentou maior valor devido a maltodextrina ser de cor branca, deixando a polpa mais clara, comportamento este bem definido no presente estudo com pó de seriguela.

O efeito do processo de secagem através do leito de jorro na cor do camu-camu em pó mostrou, no geral, que os pós apresentaram menores valores de luminosidade (L^*), em comparação com o pó liofilizado. Para amostras com maior concentração de maltodextrina (6%), as diferenças de luminosidade não são tão evidentes nos pós liofilizados (FUJITA et al., 2013).

Santhalakshmy et al. (2015), afirmam que os pós de maltodextrina são brancos enquanto o suco de jamun é roxo escuro; conseqüentemente, todos os pós produzidos com adição de maltodextrina tinham cor roxa brilhante; a cor de cada amostra de pó dependeu da temperatura de entrada (140 a 160 °C) no secador e do teor de água do conteúdo. Um pó apresentou-se mais escuro do que todos os pós devido a temperatura de entrada ser mais baixa (140 °C), foi caracterizado por menores valores para L^* , assim como os pós de seriguela obtidos no presente estudo, enquanto as temperaturas de entrada de 140 a 160 °C não afetaram as coordenadas cromáticas a^* e b^* para pós do suco jamun secadas por spray dryer mas os autores relataram que as principais diferenças na cor dos pós foram devidas principalmente às variações na temperatura de entrada que levam à formação de pós que eram significativamente mais brilhantes e menos roxos.

Kha et al. (2010) relataram que, em geral, as características de cor dos pós secados por aspersão, foram significativamente impactadas pela concentração de maltodextrina e da temperatura de secagem; a temperatura de secagem por aspersão é outro fator que afeta a cor característica dos produtos, como os pós obtidos pela secagem em leito de jorro.

Em geral, os valores de cor (L^* , a^* e b^*) dos pós do extrato de sumagre obtidos por spray dryer foram influenciados significativamente pela concentração de maltodextrina e temperaturas/saída. Verificou-se que quando se aumentou a concentração de maltodextrina

também aumentaram os valores de L^* e a^* , mas os valores de b^* diminuíram nos pós de sumagre (CALISKAN e DIRIM, 2013).

As amostras de farinha de abóbora prétratadas com metabissulfito indicaram valores de L^* , significativamente inferiores aos das amostras sem o prétratamento com metabissulfito; este agente também provocou uma diminuição significativa em valores de a^* e b^* quando comparadas com as amostras sem o prétratamento com metabissulfito (AYDIN e GOCMEN, 2015).

Ghribi et al. (2015) observaram, ao estudar os concentrados de proteína de grão de bico, que com o aumento da temperatura as amostras se apresentaram mais luminosas (L^*), com valor de 59,26 para temperatura de 50 °C e 55,5 para a de 40 °C, assim como o comportamento relatado nos pós de seriguela porém a intensidade de vermelho e intensidade de amarelo ocorreu redução de acordo com o aumento da temperatura (40-50 °C) apresentando valores de a^* 6,1 e 5,18 e b^* 27,9 e 27,37 respectivamente, nos concentrados de proteína de grão de bico.

A intensidade de a^* e b^* na polpa de cajá liofilizada sem e com maltodextrina variou de 0,44 e -1,35 e 24,09 e 21,34, respectivamente (OLIVEIRA et al., 2014), comportamento semelhante foi relatado por Tonon et al. (2009); quanto às coordenadas a^* , observou-se uma diminuição nesses parâmetros no pó contendo maltodextrina visto que a redução da tonalidade do vermelho também está relacionada à diluição da cor, provocada pela presença do agente carreador utilizado.

Daza et al. (2016), relataram que na secagem por spray dryer da cagaiata, a luminosidade (L^*) das amostras foi influenciada pela concentração do agente carreador e a temperatura de ar de entrada; no geral, um aumento na concentração do agente carreador resultou em aumento de luminosidade. Os valores mais baixos do parâmetro a^* foram encontrados em concentrações mais elevadas de agente carreador, haja vista que um aumento na relação carreador-amostra levou a uma diluição de material. A concentração do material de suporte só tinha efeito sobre as amostras obtidas com inulina, em que nas concentrações mais elevadas do carreador resultou na diminuição nos valores de a^* , associados aos menores valores de b^* da inulina; entretanto, um aumento na temperatura levou a um aumento nos parâmetros a^* e b^* .

Observa-se, na Tabela 4.10, que os valores de sólidos solúveis totais (°Brix) foram aumentando de acordo com o aumento da concentração de maltodextrina nas três temperaturas empregadas na secagem ($p < 0,01$); a temperatura não influenciou no teor de sólidos solúveis das amostras dos pós de seriguelas obtidos pelo processo de leite de jorro; mesmo comportamento foi observado por Moura Neto et al. (2015) que, ao avaliarem pós de cajá obtidos por atomização nas temperaturas de 160 °C e 25% de maltodextrina e a 140 °C e 27,05%

de maltodextrina, constataram resultados de 95,67 e 97,00 °Brix respectivamente e afirmaram que os resultados não diferiram estatisticamente entre si; assim, o teor de sólidos não foi influenciado pela temperatura de secagem e tampouco pela concentração de maltodextrina.

Na amostra em pó produzido de jamun em spray-dryer, notou-se que com o aumento da temperatura o °Brix também aumentou e o pó obtido a 140 °C mostrou o °Brix mais baixo (30,63) enquanto que amostras obtidas a 160 °C se apresentou mais elevado (31,00) (SANTHALAKSHMY et al., 2015), diferentemente dos resultados encontrados neste estudo.

Tabela 4.10. Valores médios dos sólidos solúveis totais dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.

Temperatura °C	Sólidos solúveis totais (°Brix)			
	Concentração de maltodextrina (%)			
	0	3	6	9
60	25,60 aC	30,90 aBC	40,80 aAB	45,54aA
70	30,72 aB	40,56 aAB	50,10 aA	50,70 aA
80	25,00 aC	35,63 aBC	45,99 aAB	50,00 aA

MG= 39,29500; CV%= 11,79; DMS para colunas = 12,3530; DMS para linhas= 13,7620; MG- Média geral; CV- Coeficiente de variação; DMS- Desvio mínimo significativo; Obs.: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Verifica-se na Tabela 4.10 que as temperaturas de 60 e 80 °C apresentaram o mesmo comportamento de aumento no valor de °Brix ($p < 0,05$); entretanto, a temperatura de 70 °C apresentou aumento do °Brix bem mais sutil quando comparado com as amostras secadas na temperatura de 60 e 80 °C com o aumento da concentração de maltodextrina. Observa-se ainda, nesta mesma temperatura (70 °C) que as amostras de 0 e 3% não diferiram estatisticamente assim como as com 3, 6 e 9% de maltodextrina.

A quantidade de sólidos totais na polpa de cajá liofilizada sem e com maltodextrina, variou de 78,00 a 92,67, respectivamente, observando-se um aumento no teor de sólidos solúveis com a adição de maltodextrina (OLIVEIRA et al., 2014). Oliveira et al. (2006) estudaram a análise comparativa de polpa de pitangueira integral (*Eugenia uniflora* L.), formulada e em pó, com maltodextrina em sua composição e declararam que os valores de sólidos solúveis totais da polpa integral subiram de 7,00 a 15,33 °Brix com a adição de maltodextrina, comportamento semelhantes ao relatado neste estudo.

Silva (2005) ao trabalhar com cajá atomizado com concentrações de maltodextrina de 7,5, 10 e 15%, obteve valores de 24,50, 21,25 e 18 °Brix respectivamente e observou que o teor de sólidos diminuiu com o aumento da concentração de maltodextrina. Santos et al. (2014) afirmaram que tanto por ser um produto mais concentrado devido à retirada de água quanto pela

adição de maltodextrina, o pó de goiaba obtido por spray-dryer a 120 °C com 10% de maltodextrina+ 50% de água, apresentou teor médio de sólidos solúveis, significativamente, superior ao observado para polpa integral de goiaba.

4.5 Caracterização química dos pós obtidos por secagem em leito de jorro

Na Tabela 4.11 se encontram as comparações dos resultados do teor de vitamina C encontrados na polpa de seriguela secada a diferentes temperaturas e concentrações de maltodextrina.

Tabela 4.11. Valores médios dos teores de vitamina C dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.

Temperatura °C	Vitamina C (mg de AA/100 g)			
	Concentração de maltodextrina (%)			
	0	3	6	9
60	83,36 bA	68,82 bB	58,78 cC	36,64 bD
70	80,83 bA	80,93 aA	76,87 bB	34,62 bC
80	88,56 aA	82,51 aB	85,93 aAB	66,71 aC

*Ácido Ascórbico; MG= 70,38518; CV%= 1,90; DMS para colunas = 3,5568; DMS para linhas = 3,9625; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; DMS - Desvio mínimo significativo; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Constata-se, na Tabela 4.11, que com o aumento da temperatura houve concentração da vitamina C; verifica-se que os pós a 0% de maltodextrina não apresentaram diferença significativa entre as temperaturas de 60 e 70 °C, mostrando que a temperatura de 80 °C influenciou positivamente provocando o aumento no teor de vitamina C; na concentração de 3% de maltodextrina, observa-se que ao aumentar a temperatura de 60 para 70 °C, o teor de vitamina C se concentrou significativamente ($p < 0,05$), permanecendo estável a 80 °C, como na concentração de 9%, sendo que o teor de vitamina C não diferiu entre os pós obtidos a 60 e 70 °C.

O ácido ascórbico é uma das vitaminas mais sensíveis ao aquecimento podendo ser totalmente destruído durante o processo de secagem; entretanto, a desidratação em temperaturas mais elevadas pode colaborar com a inativação de algumas enzimas oxidativas (ácido ascórbico oxidase) as quais colaboram com a degradação do ácido ascórbico (MAHARAJ E SANKAT, 1996), processo que pode justificar a concentração de vitamina C nas amostras desse estudo, por apresentar uma tendência de aumento com o aumento da temperatura.

A concentração de ácido ascórbico com o aumento da temperatura relatada neste estudo, também foi relatado por Furtado et al. (2010) para polpa de seriguela secada pelo método de camada de espuma, em que o teor de ácido ascórbico se apresentou em maior concentração nas temperaturas de 70 e 80 °C. Duzzioni et al. (2013) relataram analisando o efeito de variáveis do processo nas propriedades antioxidantes do resíduo de acerola, que o aumento da temperatura no secador de leito fixo favoreceu o conteúdo de vitamina C na presente amostra (126,2 mg/100 g); o mesmo comportamento foi observado por Santos-Sánchez et al. (2012), trabalhando com secagem de tomates em secador de tabuleiros rotativos.

Observa-se, na Tabela 4.11, que houve degradação de vitamina C nos pós de seriguela de acordo com o aumento da concentração de maltodextrina; na temperatura de 70 °C que não houve diferença significativa entre as concentrações de 0 e 3% de maltodextrina; este mesmo comportamento foi observado por Islam et al. (2016) ao relatar que com a diminuição da concentração de suco de laranja concentrado e aumento da concentração de maltodextrina na secagem por spray dryer sobre as propriedades do suco de laranja em pó, provocou redução no conteúdo de vitamina C das amostras secas; as amostras de polpa de cajá liofilizados estudadas por Oliveira et al. (2014) contendo maltodextrina, apresentaram valor inferior (90,46 mg/100 g) ao pó da polpa integral (168,47 mg/100 g) devido à adição da massa desse adjuvante de secagem à polpa.

Moura Neto et al. (2015) observaram ao analisar o pó atomizado de cajá submetido a temperatura de 160 °C com 25% de maltodextrina e cajá em pó atomizado a 140 °C e 27,05% de maltodextrina, resultados de vitamina C iguais a 52,76 e 58,08 mg/100 g respectivamente concluindo que com a diminuição da temperatura e o aumento da concentração de maltodextrina houve uma concentração de vitamina C. Tanaka (2007) no estudo sobre a influência da secagem por spray dryer sobre o conteúdo de ácido ascórbico em suco de acerola-cereja (*Malferia emarginada*); os autores também reportaram que após o processo, a presença da vitamina C foi de 17,8 mg/100 g, havendo redução em cerca de 50% da quantidade inicial (33,5mg/100 g). Kurozawa et al. (2014) também verificaram ao estudar a degradação do ácido ascórbico durante a secagem de ar quente de mamão em cubos em secador de tabuleiros convectivo, que a menor temperatura induziu maior retenção de vitamina C no final da secagem.

Segundo Fujita et al. (2013), a vitamina C é conhecida por sua termolabilidade e uma diminuição foi observada para o camu-camu durante a secagem em leito de jorro, mais intensa quanto maior a temperatura, embora isto dependesse da temperatura empregada, como visto que nas temperaturas de 60 e 80 °C na presença de maltodextrina, não houve degradação de vitamina C.

A Tabela 4.12 apresenta os resultados dos teores de taninos condensados presentes nos pós de seriguela obtidos por secagem em leito de jorro.

Tabela 2.12. Valores médios dos teores de taninos condensados dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.

Temperatura °C	Taninos condensados (mg EC*/100 g)			
	Concentração de maltodextrina (%)			
	0	3	6	9
60	46,04 bA	34,52 cB	29,23cC	21,28 cD
70	50,52 aA	37,54 bB	31,71 bC	27,23 bD
80	50,38 aA	39,47 aB	37,52 aC	29,14 aD

*Equivalente Catequina; MG= 36,21825; CV%= 0,74; DMS para colunas= 0,5447; DMS para linhas= 0,6018; MG- Média geral; CV- Coeficiente de variação; DMS- Desvio mínimo significativo; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Como verificado na Tabela 4.12, os taninos presentes nas amostras dos pós de seriguela sofreram degradação ($p < 0,05$) de acordo com o aumento da concentração de maltodextrina porém em se tratando do emprego de diferentes temperaturas verifica-se uma concentração no teor de taninos de acordo com o aumento da temperatura no processo de secagem.

O mesmo comportamento foi observado por Dias et al. (2011), ao verificar o rendimento dos taninos em amostras da Hortelã (*Mentha x vilosa Hudson*) secadas a 50, 60 e 70 °C e constataram que o processo de secagem beneficia a extração e que o maior rendimento foi verificado na temperatura de 70° C. Fujita et al. (2013) afirmaram que os taninos da polpa de camu-camu não foram afetados pelo processo de liofilização.

Couto et al. (2013) obtiveram, ao analisarem os efeitos de parâmetros do processo de secagem por spray dryer nas temperaturas de 90, 120 e 150 °C sobre a qualidade do extrato de *Eugenia dysenterica*, níveis de taninos que variaram de 17,47 a 18,78 mg/100 g e concluíram que dentre os polifenóis estudados os taninos condensados foram os que sofreram a proporção de degradação mais elevada.

Na Tabela 4.13 estão expressos os resultados dos teores de flavonóides presentes nos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro; nota-se que as amostras dos pós de seriguela apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) tanto em relação às três temperaturas como em relação às três concentrações de maltodextrina aplicadas, havendo degradação no teor de flavonóides, de acordo com o aumento da concentração de maltodextrina e de conformidade com o aumento da temperatura, ocorreu uma concentração no teor de flavonóides das amostras dos pós de seriguela.

Tabela 4.13. Valores médios de flavonóides amarelos dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.

Temperatura °C	Flavonóides amarelos (mg EQ*/ 100 g)			
	Concentração de Maltodextrina (%)			
	0	3	6	9
60	1,43 cA	0,67 cB	0,58 cC	0,48 cD
70	1,48 bA	1,39 bB	1,30 bC	0,73 bC
80	1,50 aA	1,72 aA	1,41 aC	0,84 aD

*Equivalente de Quercetina; MG= 1,13231; CV%= 0,49; DMS para colunas= 0,0112; DMS para linhas = 0,0124; MG- Média geral; CV- Coeficiente de variação; DMS- Desvio mínimo significativo; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Comportamento semelhante ao deste estudo foi verificado por Borgo et al. (2010) ao relatar que os resultados da análise quantitativa de flavonoides encontrados nos extratos obtidos das partes aéreas de *Baccharis articulata* (Lam.) Pers., Asteraceae nas condições de secagem natural apresentou valor de 167 µg/g, na secagem pelo método de estufa foi 334 µg/g e em micro-ondas apresentou 300 µg/g. Assim, os métodos de secagem concentraram o teor de flavonoides, sendo que o método em estufa foi o que mais se destacou. Os autores sugeriram que a energia térmica envolvida no processo de secagem em estufa permitiu a quebra de estruturas internas o que pode provocar maior extração dos compostos químicos.

Rodríguez et al. (2016) relataram que os valores de flavonoides foram se concentrando (0,67, 0,87, 1,16 e 1,22 mg de quercetina/100 g) de acordo com o aumento da temperatura de 40, 50, 60 e 70 °C respectivamente porém na temperatura de 80 °C houve degradação desse composto nas bagas do maqui (*Aristotelia chilensis* [Mol] Stuntz), durante a secagem apresentando valor igual a 0,94 mg de quercetina/100 g).

Fialho et al. (2011) verificaram que temperaturas mais baixas proporcionam um produto de qualidade superior, pois o processo de secagem desempenha forte influência sobre os compostos químicos podendo provocar mudanças qualitativas e/ou quantitativas ocasionando a redução de flavonoides já que eles são termossensíveis.

Os resultados das comparações dos teores de clorofila a, clorofila b e clorofilas totais dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro, estão expressos na Tabela 4.14. Observa-se que o teor de clorofila A na concentração de 0% de maltodextrina não sofreu influência do aumento de temperatura mas se nota que houve tendência de aumento, assim como nas concentrações de 3, 6 e 9% de aumento da temperatura.

Tabela 3. Valores médios dos teores de clorofila a, b e total dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.

Clorofila a (mg/g)*				
Temperatura °C	Concentração de maltodextrina (%)			
	0	3	6	9
60	0,0079 aA	0,0081 bA	0,0084 bA	0,0095 bA
70	0,0075 aB	0,0084 bB	0,0157 aA	0,0141 aA
80	0,0094 aC	0,0236 aA	0,0186 aB	0,0150 aB
Clorofila b (mg/g)**				
60	0,0128 aB	0,0133 bAB	0,0136 bAB	0,0160 bA
70	0,0122 aC	0,0137 bC	0,0266 aA	0,0180 bB
80	0,0149 aC	0,0279 aA	0,0272 aA	0,0224 aB
Clorofila total (mg/100 g)***				
60	0,0207 bB	0,0213 bB	0,0220 cB	0,0254 cA
70	0,0197 bC	0,0221 bC	0,0422 bA	0,0291 bB
80	0,0242 aD	0,0514 aA	0,0458 aB	0,0378 aC

*MG= 0,01193; CV%= 25,27; DMS para colunas= 0,0061; DMS para linhas= 0,0068; **MG= 0,01822; CV%= 7,47; DMS para colunas= 0,0028; DMS para linhas= 0,0031; ***MG= 0,03015; CV%= 3,9; DMS para colunas= 0,0024; DMS para linhas= 0,0027; MG- Média geral; CV- Coeficiente de variação; DMS- Desvio mínimo significativo; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quanto ao aumento da concentração de maltodextrina, os pós obtidos a temperatura de 60 °C não apresentaram diferença significativa, notando-se que houve tendência de aumento; na temperatura de 70 °C a concentração de maltodextrina influenciou no aumento no teor de clorofila A; já nos pós obtidos a 80 °C, a concentração de maltodextrina que mais preservou o teor de clorofila A foi a concentração de 3% de maltodextrina com 0,0236 mg/g.

Tratando-se da clorofila b, os pós de seriguela com 0% de maltodextrina, não apresentaram diferença significativa com o aumento da temperatura; nas concentrações de 3, 6 e 9% de maltodextrina o teor de clorofila b tendeu a concentrar com o aumento da temperatura.

Observa-se na Tabela 4.14 que na temperatura de 60 °C o teor de clorofila b tendeu a aumentar de acordo com o aumento da concentração de maltodextrina, assim como nas temperaturas de 70 e 80 °C, porém com 9% de maltodextrina, este teor tendeu a reduzir.

Observa-se que, com o aumento da temperatura, o teor de clorofila total tendeu a se concentrar nos pós obtidos em todas as concentrações de maltodextrina. De acordo com os dados percebe-se que nas temperaturas de 60 e 70 °C o teor de clorofila total tendeu a aumentar com o aumento da concentração de maltodextrina, porém com 9% o teor de clorofila total reduziu.

Segundo Fukushima (2002) a degradação da clorofila é função do estágio de maturação, do teor de água e da temperatura de secagem; o pigmento pode ser degradado em condições de

secagem lenta em temperatura ambiente enquanto a utilização de secagem rápida em estufa resulta na retenção da cor verde; no trabalho deste autor, investigou-se a degradação da clorofila e o aparecimento de seus derivados durante a maturação de três cultivares brasileiras de soja colhidas em seis estádios de maturação e secadas em três temperaturas de 25, 40 e 75 °C; na secagem a 25 °C a degradação ocorreu com formação de compostos incolores; a 40 °C houve retenção da cor verde e a 75 °C se notou também o acúmulo de clorofila na soja; este aumento de temperatura e acúmulo de compostos foi verificado nas amostras secadas de seriguela obtidas nesse estudo.

O coentro desidratado em secador de leito fixo e liofilizado apresentou resultados que ficam perceptíveis que em ambos os tratamentos este processo promoveu degradação da clorofila seja devido à exposição ao calor e/ou oxigênio; no entanto, os teores de clorofila tanto a quanto b foram superiores no coentro secado em secador (2,90 e 1,97 °C) se comparado ao liofilizado (1,65 e 1,22 °C) em que a temperatura na qual foi exposto o coentro durante a secagem concentrou a clorofila e favoreceu a pigmentação do produto (SANTOS et al., 2012). O comportamento da clorofila a e b dos pós de seriguela foi semelhante ao deste estudo, havendo uma concentração de clorofila com o aumento da temperatura.

Os resultados das comparações dos teores de carotenoides dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro estão expressos na Tabela 4.15.

Tabela 4.15. Valores médios dos teores carotenóides dos pós de seriguela obtidos pela secagem em leito de jorro.

Temperatura °C	Carotenóides totais (mg/ 100 g)			
	Concentração de Maltodextrina (%)			
	0	3	6	9
60	0,0461 bB	0,0500 bB	0,0711 cA	0,0691 cA
70	0,0460 bD	0,0535 bC	0,1000 bA	0,0857 bB
80	0,0565 aB	0,1047 aA	0,1046 aA	0,1029 aA

MG= 0,07419; CV%= 2,72; DMS para colunas= 0,0041; DMS para linhas= 0,0045; MG- Média geral; CV- Coeficiente de variação; DMS- Desvio mínimo significativo; As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Verifica-se, na Tabela 4.15 que houve concentração de carotenoides com o aumento da temperatura e concentração de maltodextrina empregada no processo; este comportamento de concentração no teor de carotenoides com o aumento da temperatura foi observado por Silva Júnior et al. (2013), em que o teor de carotenóides totais variou nos ensaios de 0,0011 mg/100 g a 0,00613 mg/100 g com o aumento da temperatura de 110 para 170 °C; esses autores

obtiveram aumento no teor de carotenoides de 0,0011 e 0,0026 mg/100 g com vazão mássica de 0,84 l/m e 14% de maltodextrina nos ensaios 3 e 4.

Mertz et al. (2010) relataram que o β - Caroteno apresentou valores de 0,0004, 0,00024 e 0,00015 mg/100 g para as temperaturas de 70, 75 e 80 °C respectivamente apresentando tendência de aumento de acordo com o aumento da temperatura.

Todisco (2012) verificou, ao avaliar a estabilidade dos compostos bioativos da polpa de seriguela em pó obtida por spray-dryer, que os teores de carotenoides não tiveram diferença significativa (carotenoides 1,06 e 1,11mg/g) entre as amostras da polpa integral e atomizada a 120 °C, respectivamente, porem observa-se uma concentração desse composto, semelhante ao comportamento deste estudo.

Segundo Rodriguez-Amaya (2002) a principal causa de degradação dos carotenoides durante a análise é a oxidação que, durante o processamento e estocagem dos alimentos, a degradação aumenta com a destruição da estrutura celular dos alimentos, aumento da área superficial ou porosidade, período ou severidade das condições de processamento, tempo e temperatura de estocagem, exposição à luz e permeabilidade da embalagem ao oxigênio; assim, o processamento com alta temperatura e menor tempo, é uma boa alternativa.

Fратиanni et al. (2010) perceberam, ao verificar a degradação de carotenóides em suco de laranja durante o aquecimento de micro-ondas, que houve redução súbita de quase todos os carotenoides na temperatura de 70 °C mostrando, assim, um aumento significativo de danos térmicos. O aumento da temperatura também levou a perdas significativamente mais elevadas em certos carotenoides, tais como β -caroteno no tamarilho. A redução desse composto por secagem pode ser atribuída à instabilidade desses pigmentos devido as moléculas altamente insaturadas (NORA et al., 2014).

Rodríguez et al. (2016) observaram que houve degradação significativa do β -caroteno em todas as temperaturas entre 40 e 80 °C, com redução do teor de β -caroteno para menos de 50% do valor original e a maior degradação (62%), ocorreu em 60 °C nas bagas do maqui (*Aristotelia chilensis* [Mol] Stuntz) durante a secagem.

4.6 Seleção do melhor pó e determinação das suas propriedades físicas e químicas

O melhor pó foi selecionado com base nos parâmetros que contribuíram para a estabilidade do pó, em que foram a baixa atividade de água (0,1867) e o baixo teor de água (5,35%); além desses dois fatores, a seleção do melhor pó procedeu conforme a amostra que apresentou uma conservação dos compostos bioativos após o processo de secagem em secador

de leite de jorro. O pó que se destacou foi o obtido na temperatura de 80 °C com 3% de maltodextrina, por apresentar valor de vitamina C (82,51 mg AA/100 g), taninos condensados (39,47 mg EC/100 g), flavonoides amarelos (1,72 mg EQ/ 100 g), teor de clorofila a (0,0236 mg/g), clorofila b (0,0279 mg/g), clorofila total (0,0514 mg/100 g) e carotenoides (0,1047mg/ 100 g).

4.7 Caracterização física e química do melhor pó selecionado.

A Tabela 4.16 apresenta os resultados das propriedades físicas e químicas do pó selecionado.

Tabela 4. Propriedades físicas e químicas do pó obtido a 80 °C e com concentração de 3% de Maltodextrina.

Propriedades físicas	Média ± desvio padrão
Molhabilidade (g/min)	0,39 ± 0,01
Solubilidade (%)	63,16 ± 1,25
Higroscopicidade (%)	18,55 ± 0,46
Densidade aparente (g/mL)	0,47 ± 0,01
Densidade compactada (g/mL)	0,61 ± 0,02
Fator de hausner	1,30 ± 0,01
Índice de compressibilidade	0,23 ± 0,01
Compostos fenólicos (mg de GAE/100 g)	396,20±6,41
Antocianinas (mg/100 g)	80,25±0,40
Antioxidantes (µM de trolox/g)	1,73±0,01

A molhabilidade da amostra apresentou valor de 0,39 g/min demonstrando o tempo necessário para o completo desaparecimento do pó de seriguela da superfície da água em repouso. Endo et al. (2007) obtiveram valores de molhabilidade do suco de maracujá desidratado que variaram de 0,23 a 0,88 g/min. Gomes et al. (2002) encontraram, ao analisar o pó de acerola obtido com 90% de polpa e 10% de maltodextrina, em um secador do tipo leite de jorro a 70 °C, o total de molhabilidade de 0,18 g/min. inferior ao resultado encontrado neste estudo (Tabela 4.16).

As formulações empregadas na secagem em leite de jorro a 70 °C feitas por Dantas et al. (2009) foram formadas por polpas de manga (28%), seriguela (28%) e umbu (28%), com fontes de lipídios de gorduras de palma em pó na formulação F01 e oleína de palma na formulação F02. Foram acrescentados às misturas, amido de milho (2%) e pectina cítrica comercial (1,67%). O resultado de solubilidade da F01 foi igual a 60,15%, próximo ao resultado

encontrado para o pó da polpa de seriguela secada a 80 °C com adição de 3% de maltodextrina, que apresentou solubilidade de 63,16%. Endo et al. (2007) obtiveram valores de solubilidade acima do resultado encontrado neste estudo (Tabela 4.16) com uma variação de 91,88 a 98,21% de acordo com o tempo de armazenamento e a temperatura empregada do suco de maracujá desidratado. Araújo (2014) conseguiu resultados superiores ao desse estudo para polpa de jambolão desidratada por liofilização e por secagem em leito de jorro, de 73,75 e 81,63%, respectivamente.

Ferreira et al. (2014) verificaram, analisando o comportamento higroscópico de polpa de seriguela atomizada a 120 °C e utilizando diferentes agentes carreadores de secagem, que a formulação contendo 10% de maltodextrina de dextrose equivalente (DE20) apresentou maior ganho de água durante a exposição do produto a umidade relativa de 75%, com 9,50%, inferior ao valor da higroscopicidade do pó de seriguela com 3% de maltodextrina, através do processo de leito de jorro a 80 °C que apresentou 18,55%. Segundo GEA (2003), é possível afirmar que o pó de seriguela desse estudo pode ser classificado como pó muito higroscópico por apresentar valor entre 15,1 a 20% de higroscopicidade. Valores próximos ao encontrado neste estudo com pó de seriguela foram relatados por alguns autores. Zotarelli (2014) constatou valor de 18,81% de higroscopicidade do pó de manga obtido pelo processo de secagem de refractance window com adição de maltodextrina. Caparino et al. (2012), observaram valor de higroscopicidade para a polpa de manga secada por refractance window com maltodextrina, em torno de 18% e Tonon et al. (2009) encontraram, ao realizar pesquisa com suco de açaí em pó valor de higroscopicidade de 17,56% no produto contendo 10% de maltodextrina.

Dantas et al. (2009) obtiveram, avaliando a densidade aparente e de compactação para as formulações F01 e F02, valores de 0,29 e 0,21 g/ml (densidade aparente) e 0,40 e 0,33 g/ml (densidade de compactação) respectivamente, valores esses inferiores quando comparados aos resultados obtidos neste estudo, com 0,47 e 0,61 g/ml, respectivamente; na secagem em leito de jorro Gomes et al. (2002) encontraram densidade aparente igual a 1,13 g/ml para pó de acerola, superior à encontrada para o pó de seriguela (Tabela 4.16). Francisoni et al. (2002) obtiveram, ao analisar o suco de maracujá com adição de maltodextrina, desidratado em secador por aspersão, valores de densidade aparente que variaram entre 0,38 a 0,57 g/mL, resultados semelhantes ao encontrado nesta pesquisa. A densidade aparente obtida da secagem de por atomização de morango foi de 0,40 com maltodextrina (10 DE) e 0,47 g/mL com goma arábica (OLIVEIRA et al., 2013), semelhante aos resultados encontrados neste estudo.

Os valores do fator de Hausner encontrados por Dantas et al. (2009) para as formulações F01 e F02, foram de 1,46 e 1,58, valores esses próximos ao encontrado neste estudo, com 1,30

(Tabela 4.16) e superiores ao valor encontrado para os pós à base de maltodextrina e óleo de palma encontrado por Martins (2006) que apresentaram média de 1,23. Segundo Wells (1988) valores menores que 1,25 indicam que o pó apresenta boa fluidez enquanto que valores acima de 1,5 indicam baixa fluidez.

O índice de compressibilidade foi de 0,23 para o pó de seriguela, e 0,31 e 0,37 para as formulações F01 e F02 estudadas por Dantas et al. (2009). Segundo Silva (2007), valores do índice de compressibilidade superiores a 0,20 caracterizam materiais com empacotamento mais estáveis dificultando a capacidade de escoamento, tal como pode ser caracterizado o pó de seriguela.

Todisco et al. (2015) detectaram um teor de compostos fenólicos na polpa de seriguela atomizada igual a 6,63 mg/100 g, valor este inferior ao encontrado neste estudo para o pó obtido pelo secador de leito de jorro. Rezende (2010), detectou valor de 2084,08 mg/100 g de compostos fenólicos totais na polpa de seriguela liofilizada, 223,55 no umbu e 1645,75 mg/100 g de amostra no cajá. Tonon et al. (2009) encontraram valor igual a 135,42 g/100 g, ao secar suco de açaí usando maltodextrina (20DE) pelo método de spray dryer a 140 °C. Rocha (2009), verificou que os pós de mirtilo apresentaram valores de compostos fenólicos de 3210 e 3300 mg/100 g, nos processos de liofilização e atomização, respectivamente. Moraes (2014) encontrou valor de 380,36 mg/100 g no ensaio com 15% de goma arábica secada a 140 °C em polpas de caju amarelo atomizadas por spray dryer, próximo ao resultado encontrado no presente estudo (Tabela 4.16).

Oliveira et al. (2013) obtiveram ao liofilizar polpa de morango com maltodextrina (10 DE), valor de antocianinas igual a 84,24 mg/100 g. Brito et al. (2007) encontraram valores superiores ao deste estudo para o clone de acerola roxinha liofilizada, com 261 e 528 mg/100 g do clone convencional de acerola liofilizada. No resíduo desidratado da seriguela, Silva e Melo (2013) encontraram teor de 90,1 mg/100 g de antocianinas. Tonon et al. (2009) ao secar suco de açaí usando maltodextrina (20DE) pelo método de spray dryer a 140 °C, detectaram um teor de antocianinas totais de 3402,30 mg/100 g, todos esses resultados são superiores ao encontrado para o pó de seriguela. Lancha et al. (2012) encontraram teores de antocianinas iguais a 84,04, 56,63, 65,24 e 63,53 mg/100 g para as variáveis de secagem de 5% MD-140 °C, 5% MD-180 °C, 10% MD-140 °C e 10% MD-180 °C, respectivamente, para a polpa de jaboticaba secada por spray dryer.

Nora et al. (2014) avaliaram o efeito do processamento de secagem a 70 °C e liofilização sobre a atividade antioxidante para o método (ABTS) e observaram que o arará vermelho secado a 70 °C e o guabiju liofilizado tiveram os maiores níveis de antioxidantes, 248,6 e 428,5

g, respectivamente. Oliveira et al. (2013) observaram, ao verificar a atividade antioxidante da polpa de morango com maltodextrina (10 DE) liofilizada, 50,17 $\mu\text{M}/100\text{ g}$. A atividade antioxidante em polpas de caju amarelo atomizadas por spray-dryer foi de aproximadamente 20 μM equivalente de DPPH/g de amostra no ensaio com 15% de goma arábica secado a 140 $^{\circ}\text{C}$ (MORAES, 2014), superior ao resultado encontrado neste estudo (Tabela 4.16).

4.8 Isotermas de adsorção

Verificam-se, na Tabela 4.17 os valores dos parâmetros ajustados aos dados experimentais das isotermas de adsorção de água da seriguela em pó, através dos modelos de GAB, Oswin e Peleg nas temperaturas de 20, 30 e 40 $^{\circ}\text{C}$, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P). Observa-se que todos os modelos se ajustaram bem aos dados experimentais, com R^2 de 0,99 e $P < 8,00$.

O modelo de GAB é um dos que se fundamentam no conceito de umidade na monocamada, fato importante para a estabilidade dos alimentos (PAVAN et al., 2012). Este modelo apresentou valores dos coeficientes de determinação maiores que 0,99 e os desvios percentuais médios menores que 6%. Observa-se, com o aumento da temperatura das isotermas, tendência de redução nos valores da umidade na monocamada molecular (X_m), sendo que a 30 $^{\circ}\text{C}$ apresentaram menor valor indicando maior estabilidade. De acordo com os dados, verifica-se que o pó de seriguela se enquadra como isotermas do tipo II, sendo o $0 < k \leq 1$ e $C > 2$, segundo a classificação de Blahovec (2004).

Com base em Goula et al. (2008), a temperatura afeta a mobilidade das moléculas de água e o equilíbrio entre o vapor e a fase adsorvida; em geral, uma elevação na temperatura ocasiona redução na umidade de equilíbrio. Esta tendência pode ser atribuída à diminuição do número total de sítios ativos disponíveis para ligação com a molécula de água em virtude das mudanças de ordem física e/ou química.

Segundo Comunian et al. (2011), o conteúdo de umidade na monocamada (X_m) corresponde à quantidade de água fortemente adsorvida a sítios específicos na superfície dos alimentos e é considerado valor crítico, acima do qual as taxas de algumas reações de degradação aumentam e a estabilidade da matriz alimentar diminui.

Verifica-se, na tabela, que o parâmetro K do modelo de GAB apresentou valores variando entre 0,91 e 0,95, estando dentro da faixa citada por Rahman (1995); Syamaladevi et al. (2009) afirmaram que os valores de K geralmente variam entre 0,7 e 1 para materiais alimentícios. Timmermann (2003) afirma que a constante K de GAB aumenta com a força de

interação entre adsorvato e adsorvente e afirmou que valores maiores que 1 são fisicamente inadequados indicando uma sorção infinita.

O modelo de Oswin apresentou valores dos coeficientes de determinação maiores que 0,99 e os desvios percentuais médios menores que 7,5%. Observa-se que na temperatura de 30 °C, foi onde apresentou o menor valor de a (17,50671) e o maior valor de b (0,594394). Este mesmo comportamento foi observado por Moreira et al. (2013) quando analisaram o pó de manga obtido por liofilização. Em análise ao parâmetro a do modelo de Oswin, tem-se que o mesmo diminui com o aumento da temperatura para a faixa estudada (20 e 40 °C); comportamento semelhante foi relatado por Alexandre et al. (2007), ao realizar a isoterma do pó de pitanga. Segundo Alcântara et al. (2009) para representação das isotermas de adsorção de um alimento nos parâmetros do modelo de Oswin os valores de ‘a’ devem ser maior que zero e ‘b’ estar entre zero e 1,0; assim, os dados desse estudo com pó de seriguela estão de acordo com esta afirmação.

Tabela 5. Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de umidade do pó de seriguela a 80 °C e concentração de 3% de maltodextrina.

Modelos	Temp. °C	Parâmetros					
		X_m	C	K	R ²	P(%)	
GAB	20	11,5353	907,5789	0,9132	0,99249	1,38	
	30	9,5797	761,0182	0,9491	0,99358	1,75	
	40	10,07239	814,9791	0,9535	0,99444	2,94	
OSWIN		A		B	R²	P(%)	
	20	21,31758		0,501028	0,99243	4,39	
	30	17,50671		0,594394	0,99089	4,53	
	40	19,05670		0,591113	0,99107	7,36	
PELEG		k₁	n₁	k₂	n₂	R²	P(%)
	20	100,8124	11,87977	40,05382	0,759133	0,99954	0,84
	30	124,5281	12,60021	37,38031	0,863768	0,99914	1,65
	40	144,7519	13,27177	38,86721	0,813578	0,99957	1,56

No modelo de Peleg a temperatura de 40 °C apresentou os maiores valores de k_1 e n_1 . Os parâmetros k_2 e n_2 , variaram entre 37,86721 a 40,05382 e 0,759133 a 0,863768 respectivamente. Verifica-se, mediante os valores dos parâmetros estimados por regressão não

linear que o modelo de Peleg, representou com precisão o comportamento das isotermas de adsorção da polpa de seriguela secada em leito de jorro com 3% de maltodextrina, com maior valor do coeficiente de determinação (R^2) e menor $P(\%)$ para as temperaturas de 20 e 40 °C, seguido do modelo de Gab na temperatura de 30 °C. Comportamento semelhante foi relatado por Lemos et al. (2015) na farinha das cascas de manga que atendem aos critérios estabelecidos por Lomauro et al. (1985), os quais consideram o ajuste excelente para valores de P inferiores a 10%.

Alexandre et al. (2007), observaram que os modelos de Peleg e GAB apresentaram valores de R^2 acima de 0,97 e os menores valores de P em todas as temperaturas estudadas (10, 20, 30 e 40 °C) para amostra de pitanga em pó. O modelo de GAB foi aquele que melhor se ajustou com erro de 6,70 e 5,72% em pós das polpas de manga cv. Rosa e cv. Tommy Atkins respectivamente (BEZERRA et al., 2011), assim como para o polpa de manga liofilizada por Moreira et al. (2013).

Na Figura 4.1 são apresentadas as isotermas de adsorção de água da seriguela em pó, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com o modelo de Peleg ajustado aos dados experimentais. Em todas as temperaturas, verifica-se que com o aumento do teor de água de equilíbrio houve aumento da atividade de água demonstrando a influência do ambiente sobre o teor de água das amostras.

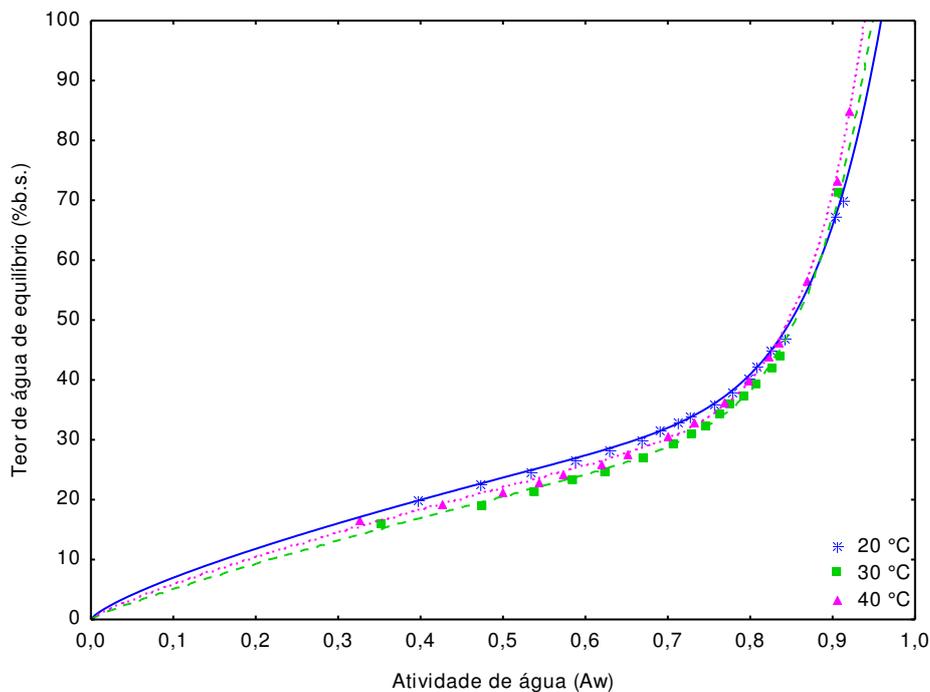


Figura 4.1. Isotermas de adsorção de água da seriguela em pó com ajustes pelo modelo de Peleg.

Observa-se, na Figura 4.1, que as isotermas se apresentaram bem definidas e entrecruzaram na faixa de atividade de água de aproximadamente 0,85. Nota-se que na faixa de atividade de água de 0,3 a isoterma de 20 °C apresentou maior teor de água de equilíbrio seguida das isotermas de 40 e 30 °C e este comportamento seguiu até aproximadamente 0,85 em que neste ponto as isotermas se entrecruzaram e a partir daí a isoterma de 40 °C apresentou maior teor de água de equilíbrio seguida das isotermas de 30 e 20 °C. Para Gioielli e Pitombo (1998) as isotermas de sorção em diversas temperaturas não apresentam, às vezes, separação consistente ao longo de toda a curva, sendo muito frequente que ocorra cruzamento entre as curvas na faixa de alta atividade de água, como visto na Figura 4.1 para polpa de seriguela. Percebe-se que a curva de 30 °C assume a posição inferior às temperaturas de 20 e 40 °C até aproximadamente 0,9 a_w , este evento foi reportado por Alexandre et al. (2007) porém para a temperatura de 20 °C.

As isotermas apresentaram comportamento típico da curva do tipo II, na classificação de Brunauer et al. (1940), denominada sigmoide ou em forma de S, resultado semelhante ao encontrado por Alexandre et al. (2007) e Goula et al. (2008) que estudaram as isotermas de adsorção de pitanga e polpa de tomate desidratada em spray dryer, respectivamente, e observaram o mesmo comportamento, ou seja, isotermas do tipo sigmoideal.

4.9 Microscopia da polpa integral e do pó selecionado

Na Figura 4.2 estão expostas as imagens da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da polpa de seriguela integral in natura com diferentes ampliações.

As partículas da polpa de seriguela se apresentaram com superfície lisa, organizadas e com formato esférico, assim como as partículas da polpa de pequi in natura analisada por Gonçalves et al. (2010) que também se apresentaram com uma organização da estrutura celular e numerosas estruturas esféricas (possivelmente vesículas de gordura). As micrografias eletrônicas em diferentes ampliações de polpa *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth, mostram ausência de quaisquer grânulos cristalinos mas uma substância amorfa uniforme (OMOJOLA et al., 2011).

Nota-se que no geral, as micropartículas continuaram esféricas, mesmo secas (Figura 4.3) quando comparadas com a in natura (Figura 4.2), porém um pouco menos organizadas estruturalmente devido possivelmente, ao atrito das partículas de secagem com a polpa dentro da câmara de secagem.

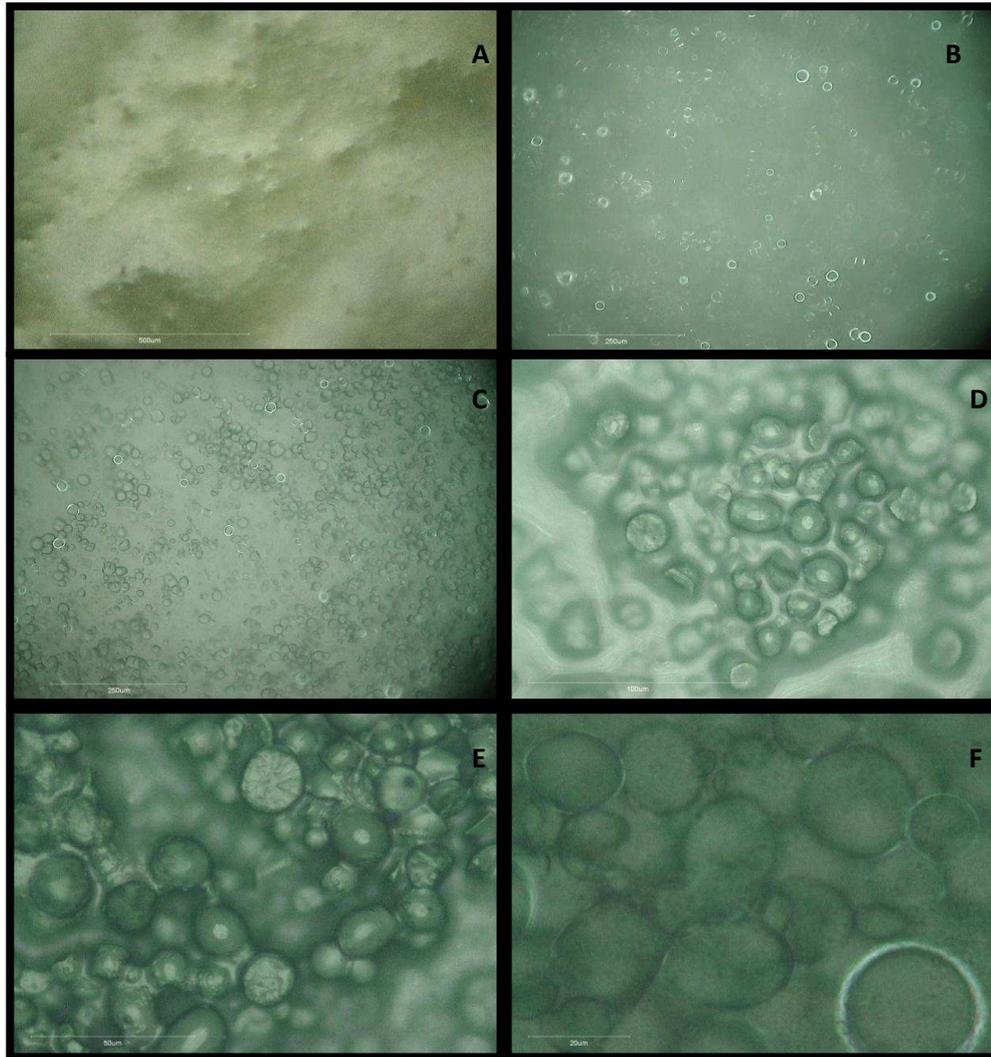


Figura 9. As imagens de microscopia eletrônica de varredura da polpa de seriguela integral; ampliações A-250x, B- 350x, C- 700x, D- 1400x, E- 2100 e F- 3500x(μm).

Na encapsulação, à medida que as partículas são lançadas no meio gasoso, elas tomam a forma esférica. Em contato com o ar quente, a água se evapora rapidamente da cápsula; a alta relação área de superfície/volume das partículas promove essa rápida evaporação da água. Com isto, o tempo de exposição das partículas ao calor é curto (geralmente por 109 segundos) e a temperatura do núcleo não ultrapassa os 100 °C, o que reduz a ocorrência de alterações indesejáveis (AZEREDO, 2005).

A Figura 4.3 mostra as imagens de microscopia eletrônica de varredura do pó de seriguela produzido na condição de secagem em leito de jorro a 80 °C com adição de 3% de maltodextrina. Nota-se mais visivelmente pelas imagens (D, E e F) que as partículas estão aglomeradas o que se deve ao fato de que, de maneira geral, o pó é um material bastante higroscópico.

Costa et al. (2015), obtiveram imagens que mostram que o pó açáí é poroso e tem uma estrutura irregular, e diferentes formas foram observadas, o que provavelmente está associado à deformação mecânica da película de revestimento em virtude do atrito de partículas entre si e parede da câmara de secagem.

Os grânulos de amido da banana verde secados em leito de jorro apresentaram diferentes formas e tamanhos. Os grânulos grandes tendiam a ser achatados e alongados enquanto os grânulos pequenos foram arredondados (BEZERRA et al., 2013).

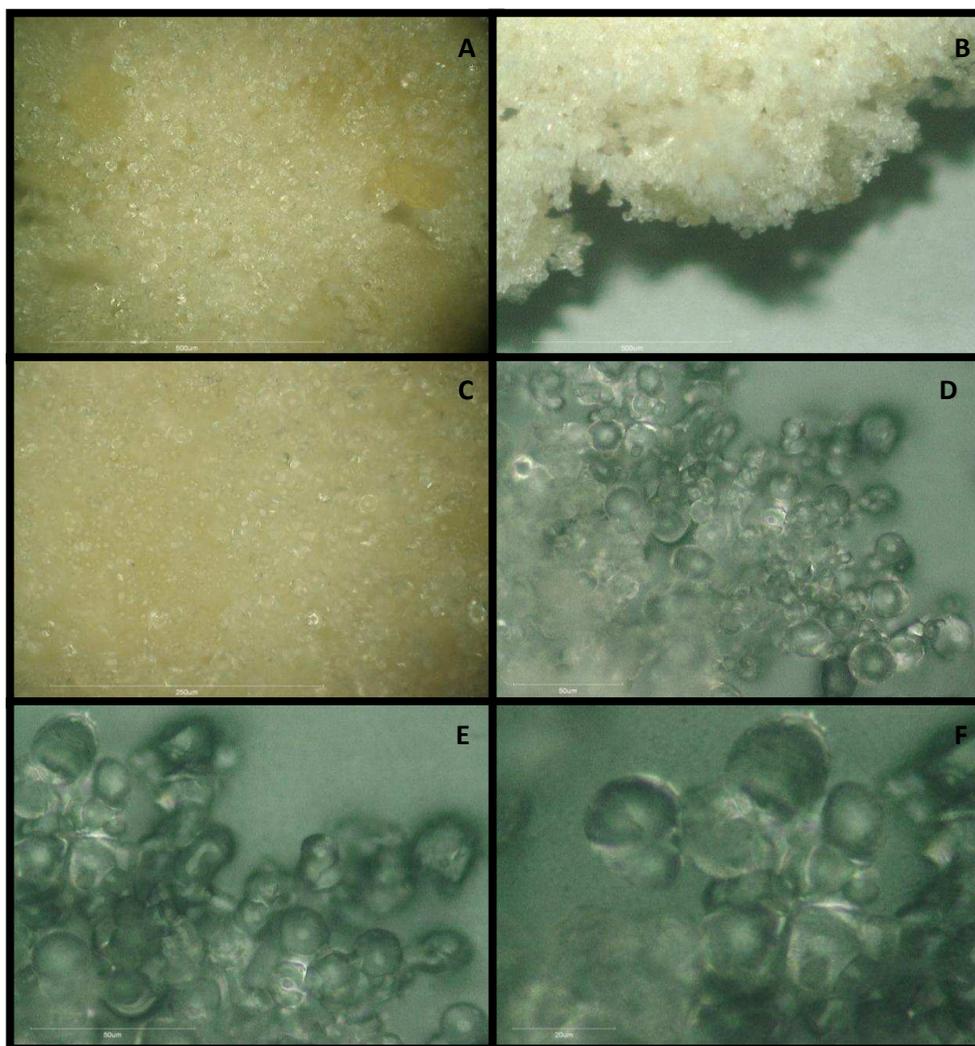


Figura 10. As imagens de microscopia eletrônica de varredura do pó de seriguela produzido na condição de secagem em leito de jorro a 80 °C com adição de 3% de maltodextrina; ampliações A-250x, B- 350x, C- 700x, D- 1400x, E- 2100 e F- 3500x (μm).

No que diz respeito à morfologia de partículas observadas por Kuck e Noreña (2016) de uvas secadas no spray-dryer tratadas com 5% de goma arábica e 5% de polidextrose, com 10% goma arábica, com 5% de goma guar parcialmente hidrolisada e 5% de polidextrose e tratada com 10% de goma guar parcialmente hidrolisada, as micropartículas de uva (*Vitis labrusca* var.

Bordo) secas exibiram estruturas esféricas com diferentes tamanhos, sem fissuras ou rachaduras, que são características de micropartículas produzidas pelo presente método de secagem (FERRARI et al., 2012); resultados semelhantes ao encontrado neste estudo para os pós de seriguela.

Os pós de jamun secados por spray drier produzidos a temperatura mais elevada (155 e 160 °C) mostraram partículas esféricas com certo grau de encolhimento em comparação com os pós produzidos a temperaturas mais baixas (140 e 145 °C) mostrando superfícies lisas. As amostras de superfícies mais lisas podem ser devidas à elevada temperatura de entrada (150 °C), partículas mais esféricas e regulares foram observadas a temperaturas de entrada mais elevadas (SANTHALAKSHMY et al., 2015).

Como resultado, as partículas do pó de abacaxi com 10% de maltodextrina têm uma distribuição com o tamanho de partículas mais estreita em comparação com as partículas do pó de tamarindo com 10% maltodextrina, em virtude do menor valor de amplitude. Todos os tamanhos de partículas medidas mostraram resultados com um diâmetro esférico equivalente (TAUFIQ et al., 2015). Os pós de pitanga e jabuticaba produzidos por spray-dryer com maltodextrina analisados por Lancha et al. (2012) se apresentaram também de forma arredondada e aglomerados, como verificado nas micropartículas do pó de seriguela.

5 CONCLUSÕES

Baseado nos dados experimentais obtidos durante esta pesquisa, observou-se que:

Propriedades físicas da seriguela

- O fruto de seriguela é considerado fruto elipsoide biaxial e tem tendência a ser claro e com intensidade de amarelo predominante.

Caracterização dos parâmetros físicos- químicos da polpa integral de seriguela

- A polpa mostrou-se altamente perecível e com característica ácida, assim com baixa predisposição de deterioração microbiológica.

Caracterização dos parâmetros químicos da polpa integral de seriguela

A polpa de seriguela apresentou-se como boa fonte de vitamina C, compostos fenólicos, taninos condensados, antocianinas e atividade antioxidante.

Caracterização físico-química dos pós obtidos por secagem em leito de jorro

- De forma geral, tanto o aumento da temperatura quanto o aumento da concentração de maltodextrina proporcionaram diferenças significativas entre as amostras dos pós, havendo redução da a_w e do teor de água;
- O aumento da temperatura ocasionou tendência de redução do pH e aumento da acidez total titulável; o aumento da concentração de maltodextrina provocou o aumento do pH e redução da acidez; as amostras se apresentaram ácidas; assim, com baixa predisposição de deterioração microbiológica.
- As propriedades ópticas dos pós sofreram influência com o aumento da temperatura e concentração de maltodextrina mas no geral as amostras se apresentaram luminosas e amarelas;
- O teor de cinzas e sólidos solúveis totais não sofreram influência com o aumento da temperatura porém o aumento da concentração de maltodextrina provocou tendência de redução no teor de cinzas e aumento no teor de sólidos solúveis totais.

Caracterização química dos pós obtidos por secagem em leito de jorro

- De acordo com o aumento da temperatura, os compostos bioativos tenderam a concentrar, assim a secagem em secador de leito de jorro em altas temperaturas mostrou-se viável para a estabilidade desses compostos;

- Com o aumento da concentração de maltodextrina, o teor de vitamina C, taninos condensados e flavonoides amarelos, tenderam a reduzir, porém o teor de clorofila a, b e total e os carotenóides totais, tendemram a aumentar mas não apresentaram comportamento definido.

Propriedades físicas e químicas do pó selecionado

- O pó obtido na temperatura de 80 °C com adição de 3% de maltodextrina se destacou com as maiores concentrações de compostos bioativos e apresentou boa estabilidade;
- O pó apresentou rápida molhabilidade, boa solubilidade e densidade de compactação, muito higroscópico e de acordo com o valor do índice de compressibilidade, o pó de seriguela pode ser caracterizado como material com empacotamento mais estável dificultando a capacidade de escoamento;
- O pó apresentou concentração dos teores antocianinas e compostos fenólicos e uma redução da atividade antioxidante, quando comparado com a polpa in natura.

Isotermas de adsorção

- O modelo de Peleg foi o que apresentou os melhores ajustes aos dados experimentais e as isotermas apresentaram comportamento típico da curva do tipo II, denominada sigmoide ou em forma de S.

Microscopia do pó selecionado e polpa in natura

- As partículas da polpa de seriguela e pó obtido a 80 °C com 3% de maltodextrina se apresentaram com superfície lisa, organizadas e com um formato esférico; logo, o processo de secagem não causou grandes mudanças nas microestruturas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEPOJU, O. T. Proximate composition and micronutrient potentials of three locally available wild fruits in Nigeria. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.4, p.887-892, 2009.

ALCÂNTARA, S. R.; ALMEIDA, F. de A. C.; SILVA, F. L. H. da; GOMES, J. P. Isotermas de adsorção do pedúnculo seco do caju. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.81-87, 2009.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.7, n.1, p.1-11, 2007.

ALIA-TEJACAL, I.; MALDONADO-ASTUDILLO, Y.I., NÚÑEZ-COLÍN, C.A., VALDEZ-AGUILAR, L.A.; BAUTISTA-BAÑOS, S., GARCÍA-VÁZQUEZ, E., ARIZA-FLORES, R., RIVERA-CABRERA, F. Caracterización de frutos de Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L.) del sur de México. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.35, p.21-26, 2012.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C.E.C.; MAIA, G.A.; LEMOS, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v.44, p.2155-2159, 2011.

ALVES, J. A.; VILAS BOAS, E. V.; VILAS BOAS, B. B. M.; SOUZA, É. C. Qualidade de produto minimamente processado à base de abóbora, cenoura, chuchu e mandioquinha-salsa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.3, p.625-634, 2010.

AL-ZUBAIDY, M. M. I.; KHALIL, R. A. Kinetic and prediction studies of ascorbic acid degradation in normal and concentrate local lemon juice during storage. **Food Chemistry**, v.101, p.254-259, 2007.

AMBRÓSIO, C. L. B.; FARO, Z. P.; CAMPOS, S. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista Nutrição**, v.2, n.19, p.233-243, 2006.

ANDRADE, R. A. M. S. **Fitoquímicos bioativos e potencial antioxidante do resíduo agroindustrial do pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L.)**. Recife: UFRPE, 2013. 95p. Dissertação Mestrado

ABF- **Anuário Brasileiro da Fruticultura**. REETZ, E. R.; KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C.; DRUM, M. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2015. 104p.

ARAÚJO, A. D. A.; COELHO, R. M. D.; FONTES, C. P. M. L.; SILVA, A. R. A.; COSTA, J. M. C.; RODRIGUES, S. Production and spouted bed drying of acerola juice containing oligosaccharides. **Food and Bioprocess Technology**, v.9, p.565-571, 2015.

ARAÚJO, A. L. M. **Jambolão (*Syzygium cumini*) desidratado por liofilização e secagem em leite de jorro: avaliação do impacto do processo de secagem e caracterização do potencial funcional do produto final**. Natal: UFRN, 2014. 111p. Dissertação Mestrado

ARTS, I. C. W.; HOLLMAN, P. C. H. Polyphenols 4. and disease risk in epidemiologic studies. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.81, p.317-325, 2005.

AULTON, M. E. **Delineamento de formas farmacêuticas**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 667p.

AZEREDO, H. M. C. Encapsulação: aplicação à tecnologia de alimentos. **Alimentos e Nutrição**, v.16, p.89-97, 2005.

AYDIN, E. ; GOCMEN, D. The influences of drying method and metabisulfite pre-treatment on the color, functional properties and phenolic acids contents and bioaccessibility of pumpkin flour. **LWT- Food Science and Technology**, v.60, p.385-392, 2015.

BABBAR, N.; OBEROI, H.S.; UPPAL, D.S.; PATIL, R.T. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. **Food Research International**, v.44, p.391-396, 2011.

BACHELIER, J. B.; ENDRESS, P. K. Comparative floral morphology and anatomy of *Anacardiaceae* and *Burseraceae* (Sapindales), with a special focus on gynoeceum structure and evolution. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.159, p.499-571, 2009.

BAYNES, J. W.; DOMINICZAK, M. H. **Bioquímica médica**, 4^a ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

BEZERRA, T. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A.; MAIA, G. A.; CLEMENTE, E. Avaliação físico-química e aplicação de modelos matemáticos na predição do comportamento de polpas de manga desidratadas em pó. **Revista Ceres**, v.58, n.3, p.278-283, 2011.

BEZERRA, C. V.; AMANTEB, E. R.; OLIVEIRA, D. C.; RODRIGUES A. M.C.; SILVA, L. H. M. Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed- Effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial Crops and Products**, v.41, p.241-249, 2013.

BEZERRA, C. V.; RODRIGUES, A. M. C.; AMANTE, E. R.; SILVA, L. H. M. Nutritional potential of green banana flour obtained by drying in spouted bed. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.4, p.1140-1146, 2013.

BICAS, J. L.; MOLINA, G.; DIONISIO, A. P.; BARROS, F. F. C.; WAGNER, R.; MAROSTICA JR.; M. R.; PASTORE, G. M. Volatile constituents of exotic fruits from Brazil. **Food Research International**, v.44, p.1843-1855, 2011.

BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, v.65, p.489-495, 2004.

BOARI LIMA, A. J.; CORRÊA, A. D.; ALVES, A. P. C.; ABREU, C. M. P.; DANTAS, B. A. M. Caracterização do fruto jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) e de suas frações. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v.58, n.4, p.416-421, 2008.

BORG, J.; XAVIER, C. A. G.; MOURA, D. J.; RICHTER, M. F.; SUYENAGA, E. S. Influência dos processos de secagem sobre o teor de flavonoides e na atividade antioxidante

dos extratos de *Baccharis articulata* (Lam.) Pers., Asteraceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.20, n.1, p.12-17, 2010.

BORGUINI, R. G.; TORRES, E. F. S. Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants. **Food Reviews International**, v.25, n.4, p.313-325, 2009.

BRASILEIRO, J. S. L. **Microencapsulação de compostos bioativos: inovação em diferentes áreas**. Porto: UFP, 2011. 71p. Dissertação Mestrado

BRITO, E. S.; ARAUJO, M. C. P.; ALVES, R. E.; CARKEET, C.; CLEVIDENCE, B. A.; NOVOTNY, J. A. Anthocyanins present in selected tropical: acerola, jambolao, jussara, and guajiru. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, n.23, p.9389-9394, 2007.

BRITO, H. R. **Caracterização química de óleos essenciais de *Spondias mombin* L., *Spondias purpurea* L. e *Spondias* sp (cajarana do sertão)**. Campina Grande: UFCG, 2010. 68p. Dissertação Mestrado

BRUNAUER, S.; DEMING, L. S.; DEMING, W. E.; TELLER, E. On a Theory of the van der Waals adsorption of gases. **Journal of the American Chemical Society**, v.62, p.1723, 1940.

BRUNETON, J. **Elementos de fitoquímica y de farmacognosia**. Acribia: Zaragoza, 1991. 600p.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments. **Journal of Food Science**, v.65, n.6, p.1248-1252, 2000.

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 Bioprocess Processing**, v.9, p.539-548, 2013.

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

CARDOSO, L. M.; LEITE, J. P. V.; PELUZIO, M. C. G. Efeitos biológicos das antocianinas no processo aterosclerótico. **Revista Colombiana de Ciências Químico Farmacêuticas**, v.40, n.1, p.116-138, 2011.

CARDOSO, L. DE M.; MONTINI, T. A.; PINHEIRO, S. S.; PINHEIRO-SANT'ANA H. M.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B. Effects of processing with dry heat and wet heat on the antioxidant profile of sorghum. **Food Chemistry**, v.152, p.210-217, 2014.

CARVALHO, C. M. C.; MADERI, T. R.; GOMES, G. M. S.; PEREIRA, R. G.; BONOMO, R. C. F.; FONTAN, R. C. I. Composição físico-química da polpa de ciriguela (*Spondias purpurea* L.) in natura. **Higiene Alimentar**, v.25, p.456-458, 2011.

CASTAÑEDA-OVANDO, A.; PACHECO-HERNÁNDEZ, M. D. L.; PÁEZ-HERNÁNDEZ, M. E.; RODRÍGUEZ GALÁN-VIDAL, J. A.; GALÁN-VIDAL, C. A. Chemical studies of anthocyanins: a review. **Food Chemistry**, v.113, n.4, p.859-871, 2009.

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.11, p.135-148, 2012.

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorptional equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v.47, p.1501-1507, 1982.

CAYE, M. T.; RODRIGUES, S.; SILVA, D. da; ADRIANO, J. Utilização da vitamina C nas alterações estéticas do envelhecimento cutâneo. **Pergamun**, p.1-13, 2013.

CHAGAS, P. C.; GRIGIO, M. L.; DURIGAN, M. F. B.; CHAGAS, E. A.; VIEITES, R. L. Caracterização centesimal e compostos bioativos de frutos de taperebá em diferentes estádios de maturação. In: Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças, 001. **Anais...Aracaju-SE**, 2015.

CHAVES, E. S. C.; HENRIQUES, P. D. de S.; CARVALHO, M. L. da S.; FRANCISCO, M. A. Rendibilidade e comercialização da cultura da cenoura e da batata-rena na comuna da calenga huambo angola. **Revista de Ciências Agrárias**, v.32, p.194-208, 2009.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Atributos de qualidade**. In: Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2 ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA. 785p. 2005.

CIPRIANO, L. W.; SANTOS, M. N. G.; PAIXÃO, A. E. A. Processamento de licor a partir de frutas regionais. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17, **Anais...Belém-PA**, 2002.

COMUNIAN, T.A.; MONTERREY-QUINTERO, E. S.; THOMAZINI, M.; BALIEIRO, J. C. C.; PICCONE, P.; PITTIA, P.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried chlorophyllide, a natural food colourant, using gum Arabic, maltodextrin and soy protein isolate-based carrier systems. **International Journal of Food Science and Technology**, v.46, p.1259-1265, 2011.

CORREIA, C. DOS S. A. C. **Otimização do processo de produção e aceitação de rolinhos de Ciriguela**. Recife: UFRPE, 2011. 113p. Dissertação Mestrado

CORREIA R. T. P.; BORGES K. C.; MEDEIROS M. F.; GENOVESE M. I. Bioactive compounds and phenolic-linked functionality of powdered tropical fruit residues. **Food Science and Technology International**, v.18, p.539, 2012.

COSTA, R. G.; ANDREOLA, K.; MATTIETTO, R. de A.; FARIA, L. J. G. DE; TARANTO, O. P.; Effect of operating conditions on the yield and quality of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) powder produced in spouted bed. **LWT-Food Science and Technology**, v.64, p.1196-1203, 2015.

COUTINHO, A. P. C. **Produção e caracterização de maltodextrinas a partir de amidos de mandioca e batata-doce**. Botucatu: UNESP, 2007. 151p. Tese Doutorado

COUTO, R. O.; MARTINS, F. S.; CHAUL, L.T.; CONCEIÇÃO, E. C.; FREITAS, L. A. P.; BARA, M. T. F.; PAULA, J. R. Spray drying of *Eugenia dysenterica* extract: effects of in-

process parameters on product quality. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.23, n.1, p.115-123, 2013.

DAMIANI, C.; SILVA, F. A.; ASQUIERI, E. R.; LAGE, M. E.; VILAS BOAS, E. V. de B.; **Antioxidante potential of *Psidium guinnensis* sw. jam during storage**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.42, n.1, p.90-98, 2012.

DAMODARAN, S.; KIRK L. P.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 900p, 2010.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.; FENNEMA, O. R. **Fennema's food chemistry**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press. 1144p, 2008.

DANTAS, T. N. P.; SOUZA, J. S. de; SOUZA JÚNIOR, F. E.; MEDEIROS, M. de F. D.; Propriedades físicas e físico-químicas de pós de misturas de polpas de frutas com diferentes fontes lipídicas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, 7, **Anais...**Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. 2009.

DAZA, L. D.; FUJITA, A.; TRINDADE, C. S. F.; RODRIGUES-RACT, J. N; GRANATO, D.; GENOVESE, M. I. Effect of spray drying conditions on the physical properties of Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruit extracts. **Food and Bioproducts processing**, v.97, p.20-29, 2016.

DIAS, R. A. de L.; SOUZA, P. S.; ALSINA, O. L. S. Secagem e extração de taninos totais da hortelã (*Mentha x vilosa* Hudson). **Revista Agrarian**, v.4, n.12, p.123-133, 2011.

DÍAZ-PÉREZ, J. C.; ZAVALA, R.; BAUTISTA, S.; SEBASTIÁN, V. Cambios físico-químico de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) cosechada en dos diferentes estados de madurez. **Revista Iberoamericana Tecnología Postcosecha**, v.1, n.1, p.20-25, 1998.

DUZZIONI, A. G.; LENTON, V. M.; SILVA, D. I. S.; BARROZO, M. A. S. Effect of drying kinetics on main bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) residue. **International Journal of Food Science and Technology**, v.48, n.5, p.1041-1047, 2013.

ENDO, E.; BORGES, S. V.; DAIUTO, E. R.; CEREDA, M. P.; AMORIM, E. Avaliação da vida de prateleira do suco de maracujá (*Passiflora edulis* f. flavicarpa) desidratado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, p.382-386, 2007.

ENGELS, C.; GRÄTER, D.; ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V. M.; GÄNZLE, M. G.; SCHIEBER, A. Characterization of phenolic compounds in jocote (*Spondias purpurea* L.) peels by ultra high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. **Food Research International**, v.46, p.557-562, 2012.

EVERETTE, J. D.; BRYANT, Q. M.; GREEN, A. M.; ABBEY, Y. A.; WANGILA, G. W.; WALKER, R. B. Thorough study of reactivity of various compound classes toward the Folin-Ciocalteu reagent. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, p.8.139-8, 144, 2010.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 602p, 2006.

FERRARI, C. C.; GERMER, S. P. M.; ALVIM, I. D.; VISSOTTO, F. Z.; AGUIRRE, J. M. Influence of carrier agents on the physicochemical properties of blackberry powder produced by spray drying. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 47, n. 6, p.1237-1245, 2012.

FERREIRA, A. P. R.; COSTA, J. de P.; SOUSA, S. L.; RIBEIRO; L. C.; COSTA, J. M. C. Comportamento higroscópico de polpa de seriguela atomizada utilizando diferentes agentes carreadores de secagem. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, - COBEQ 2014. **Anais...Florianópolis/SC**, 2014.

FIALHO, G. J.; APOLINARIO, A. C.; OLIVEIRA, A. R.; FEITOSA, V.A.; PACHU, C. O. Efeito da secagem da *Menta X Piperita* L. (Hortela-Pimenta) sobre o rendimento de flavonoides e polifenóis. **Revista de Biologia e Farmácia**, v.6, n.2, p.60-73, 2011.

FILGUEIRAS, H. A. C.; ALVES, R. E.; MOURA, C. F. H.; OLIVEIRA, A. C.; ARAÚJO, N. C. C. Calidad de frutas nativas de Latinoamérica para indústria: Ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). Proc. Interamer. **Journal of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, v.43, p.68-67, 2001.

FRANCIS, F. J. **Food colorants: anthocyanins**. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v.28, n.4, p.273-314, 1989.

FRANCIS, F. J. **Analysis of anthocyanins**. In: MARKAKIS, P. (Ed.). Anthocyanins as food colors. New York: Academic Press, p.181-207. 1982.

FRANCISONI, A. D.; CAMPOS, F. R.; PEREIRA, D. B.; OLIVEIRA, V. M. DE; BORGES, S. V.; GAY, J. Influência da concentração de maltodextrina e velocidade de atomização sobre as propriedades físicas do suco de maracujá desidratado. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...Porto Alegre: SBCTA, CD.**, 2002.

FRANKE, A. A.; MURPHY, S.P.; CUSTER, L. J.; ARAKAKI, C. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.7, p.31-35, 2004.

FRATIANNI, A.; CINQUANTA, L.; PANFILI G. Degradation of carotenoids in orange juice during microwave heating. **LWT- Food Science and Technology**, v.43, p.867-871, 2010.

FREUDIG, B.; HOGEKAMP, S.; SCHUBERT, H. Dispersion of powders in liquids in a stirred vessel. **Chemical Engineering and Processing: Process intensification**, v.38, n4-6, p.525-532, 1999.

FUJITA, A.; BORGES, K.; CORREIA, R.; FRANCO, B. D. G. de M.; GENOVESE, M. I. Impact of spouted bed drying on bioactive compounds, antimicrobial and antioxidant activities of commercial frozen pulp of camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh). **Food Research International**, v.54, p.495-500, 2013.

FUKUSHIMA, P. S. **Degradação da clorofila durante a maturação e secagem de sementes de soja**. São Paulo: USP, 2002. 103p. Tese Doutorado

FURTADO, G. F.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, P. Secagem de polpa de ceriguela pelo método de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.12, n.1, p.9-14, 2010.

GABAS, A. L.; **Influência das condições de secagem de ameixa (*Prunus domestica*) na qualidade do produto final**. Campinas: UNICAMP, 2002. 168p. Tese Doutorado

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de Alimentos: Princípios e Aplicações**. Ed. Nobel. São Paulo, 2008. 511p.

GEA, N. Research Laboratory. Analytical methods dry milk products. GEA Niro analytical methods. Soeborg, Denmark, 2003.

GEORGIEV, V.; ANANGA, A.; TSOLOVA, V. Recent advances and uses of grape flavonoids as nutraceuticals. **Nutrients**, v.6, n.1, p.391-415, 2014.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. **Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy**. Unit F1.2. In: Current Protocols in Food Analytical Chemistry. New York, 2001.

GIOIELLI, L. A.; PITOMBO, R. N. M. **Conservação de alimentos pelo controle da umidade**. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. Fundamentos de tecnologia de alimentos. São Paulo: Atheneu, 1998, p.123-152.

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

GHRIBI, A. M.; GAFSI, I. M.; BLECKER, C.; DANTHINE, S.; ATTIA, HAMADI.BESBES, S. Effect of drying methods on physico-chemical and functional properties of chickpea protein concentrates. **Journal of Food Engineering**, v.165, p.179-188, 2015.

GIBELLINI, L.; PINTI, M.; NASI, M.; MONTAGNA, J. P.; BIASI, S. de.; ROAT, E.; BERTONCELLI, L.; COOPER, E.; COSSARIZZA, A. Quercetin and cancer. Chemoprevention. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v.2011, p.1-5, 2011.

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

GOMES, P. M. A.; FIGUEIREDO, R. M.F. de; QUEIROZ, A. J.de M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, n.3, p.384-389, 2004.

GONÇALVES, A. E. de S. S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e de frutas nativas e determinação dos teores de flavonóides e vitamina C**. 2008. 88p. São Paulo: USP, 2008. Dissertação Mestrado

GONÇALVES, G. S.; BOAS, E. V. de B. V.; RESENDE, J. V.; MACHADO, A. L. de L.; BOAS, B. M. V. Qualidade do pequi submetido ao cozimento após congelamento por diferentes métodos e tempos de armazenamento. **Revista Ceres**, v.57, n.5, p.581-588, set/out, 2010.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. Spray drying of tomato pulp: Effect of feed concentration. **Drying Technology**, v.22, n.10, p.2309-2330, 2004.

GOULA A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.11, n.3, p.342-351, 2010.

GOULA, A. M.; KARAPANTSIOS, T. D.; ACHILIAS, D. S.; ADAMOPOULOS, K. G. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. **Journal of Food Engineering**, v.85, p.73-83, 2008.

GUIMARÃES, W.; ALVES, M. I. R.; ANTONIOSI FILHO, N. R. Antocianinas em extratos vegetais: aplicação em titulação ácido-base e identificação via cromatografia líquida/espectrometria de massas. **Química Nova**, v.35, n.8, p.1673-1679, 2012.

GUSMÃO, R. P.; GUSMÃO, T. A. S.; SANTOS, R.; FILHO, F.; AOUAR, A. A. E. Efeito da secagem convectiva no conteúdo de carotenóides totais e atividade de água da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* mill). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.16, n.2, p.205-212, 2014.

HARBORNE, J. B.; BAXTER, H.; MOSS, G. P. **Phytochemical dictionary: handbook of bioactive compounds from plants**. 2^o ed. London: Taylor & Francis; 1999.

HEIM, K. E.; TAGLIAFERRO, A. R.; BOBILYA, D. J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.13, n.1, p.572-584, 2002.

HO, C.; RAFI, M. M.; GHAI, G. **Substâncias bioativas: nutracêuticas e tóxicas**. In: Damodaran, S.; Parkin, K.L.; FENNEMA, O. R. (Ed). *Química de Alimentos de Fennema*, 4^aed., Porto Alegre: Artimed, 900p, 2010.

HOLTZ, E.; AHRNÉ, L.; RITTENAUER, M.; RASMUSON, A. Influence of dielectric and sorption properties on drying behaviour and energy efficiency during microwave convective drying of selected food and non-food inorganic materials. **Journal of Food Engineering**, v.97, p.144-153, 2010.

IAL- Instituto Adolfo Lutz. **Método físico químicos para análise de alimentos**. 6^a Ed, 1^a Edição Digital, São Paulo, 2008, 1020p.

ISLAM, M. Z.; KITAMURA, Y.; YAMANO, Y.; KITAMURA, M. Effect of vacuum spray drying on the physicochemical properties, water sorption and glass transition phenomenon of orange juice powder. **Journal of Food Engineering**, v.169, p.131-140, 2016.

ISHIDA, B. K.; CHAPMAN, M. H.; Carotenoid extraction from plants using a novel, environmentally friendly solvent. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.57, p.1051-1059, 2009.

JANGAM, S. V; JOSHI, V; MUJUMDAR A. S; THORAT, B. N. Studies on dehydration of sapota (*Achras zapota*). **Drying Technology**, v.26, p.369-377, 2008.

JANICK, J.; PAULL, R. E. **The encyclopedia of fruits & nuts**. Cambridge University Press, Cambridge, 160p., 2006.

JELASSI, A.; CHERAIEF, I.; HAMZA, M. A.; JANNET, H. B. Chemical composition and characteristic profiles of seed oils from three Tunisian Acacia species. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.33, p.49-54, 2014.

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.

KOZIOŁ, M. J. ; MACÍA, M. J. Chemical composition, nutritional evaluation, and economic prospects of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). **Economic Botany**, v.52, p.373-380, 1998.

KUCK, L. S.; NOREÑA, C. P. Z. Microencapsulation of grape (*Vitis labrusca* var. Bordo) skin phenolic extract using gum Arabic, polydextrose, and partially hydrolyzed guar gum as encapsulating agents. **Food Chemistry**, v.194, p.569-576, 2016.

KUROZAWA, L. E.; TERNG, I.; HUBINGER, M. D.; PARK, K. J. Ascorbic acid degradation of papaya during drying: effect of process conditions and glass transition phenomenon. **Journal of Food Engineering**, v.123, p.157-164, 2014.

KURZ, C.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. HPLC-DAD-MSn characterisation of carotenoids from apricots and pumpkins for the evaluation of fruit product authenticity. **Food Chemistry**, v.110, p.522-530, 2008.

LABUZA, T. P.; KAAANANE, A.; CHEN, J. Y. Effect of temperature on the moisture sorption isotherms and water activity shift of two dehydrated foods. **Journal of Food Science**, v.50, p.358-392, 1985.

LANCHA, J. P.; GERMER, S. P. M.; DEA, R. C. D.; FERRARI, C. C.; ALVIM, I. D.; Desidratação de polpa de pitanga e jabuticaba em spray dryer: condições de processo e propriedades físico-químicas do pó. In: 6º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica - CIIC 2012. **Anais...Jaguariúna**, SP, 2012.

LANDIM, E. C. **Obtenção, caracterização da estabilidade de pigmentos naturais microencapsulados**. ELI. Fortaleza: UECE, 2008. 90p. Dissertação Mestrado

LEDERMAN, I. E.; SILVA JÚNIOR, J. F.; BEZERRA, J. E. F.; LIRA JÚNIOR, J. S. **Potencialidade das espécies de Spondias no desenvolvimento da fruticultura brasileira. Spondias no Brasil: Umbú, Cajá e Espécies Afins**. Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA/UFRPE, 180p, 2008.

LEMOS, D. M.; SILVA, S. F. da.; SILVA, F. B. da.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de.; SOUSA, E. P. de. Isotermas de adsorção de água da farinha de cascas de manga. In: Congresso Técnico

Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC' 2015 Centro de Eventos do Ceará - Fortaleza – CE. **Anais...Fortaleza**, 2015. CD-Rom

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, v.148, p.349-382, 1987.

LIMA, C. S. M.; SEVERO, J.; ANDRADE, SUÉLEN BRAGA DE.; AFFONSO L. B.; ROMBALDI, C. V.; RUFATO, A. DE R. Qualidade pós-colheita de *Physalis* sob temperatura ambiente e refrigeração. **Revista Ceres**, v.60, n.3, p.311-317, 2013.

LIMA, I. da C.G. S.; MELEIRO C. H. de A. Desenvolvimento, avaliação físico-química e sensorial de geléia e doce de corte de seriguela (*Spondias purpurea* L.) visando o crescimento da cadeia produtiva do fruto. **Boletim do CEPPA**, v.30, n.2, p.221-232, 2012.

LIMA, L. M. R.; MORAIS, V. L. M.; ALSINA, O. L. S. Correlação empírica para a circulação de sólidos na secagem de polpa de frutas em leito de jorro. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 17, 2008, Recife. **Anais...Recife**, 2008. CD-Rom

LIRA JÚNIOR, J. S.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN; I. E.; MOURA R. J. M. Produção e características físico-químicas de clones de cirigueleira na Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Revista Brasileira Ciência Agrária**, v.5, n.1, p.43-48, 2010.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Moisture transfer properties of dry and semi moist foods. **Journal of Food Science**, v.50, n.5, p.397-400, 1985.

LOPES, R. M.; OLIVEIRA T. D.; NAGEM, T. J.; PINTO A. D. S. Flavonóides. **Biociência & Desenvolvimento**, v.3, n.14, p.18-22, 2010.

LÓPEZ, A. P.; VELOZ, V. S.; GALARZA, M.A.L.; LÚA, A. M. Efecto Del grado de madurez em La calidad y vida postcosecha de ciruela mexicana (*Spondia Purpurea* L.). **Revista Fitotecnia Mexicana**, v.27, n.2., p.133-139, 2004.

LORENZI, H.; BACHER, L.; LACERDA, M.; SARTORI, S. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas**. Novo Odessa - SP. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, Ltda, 2006, 640p.

LORENZO, Y.; AZQUETA, A.; LUNA, L.; BONILLA, F.; DOMINGUEZ, G.; COLLINS, A. R. The carotenoid beta-cryptoxanthin stimulates the repair of DNA oxidation damage in addition to acting as an antioxidant in human cells. **Carcinogenesis**, v.30, n.2, p.308-14, 2009.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; SANTOS, G. M.; SILVA, D. S. da; FERNANDES, A. G.; PRADO, G. M. Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.1, p.130-134, 2007.

MAIANI, G.; PERIAGO, C. M. J; CATASTA, G.; TOTI, E.; CAMBRODÓN, I. G; BYSTED, A. Carotenoids: Actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.53, p.194-218, 2009.

MAHARAJ, V.; SANKAT, C. K. Quality changes in dehydrated dasheen leaves: effects of blanching pretreatments and drying conditions. **Food Research International**, v.29, n.5/6, p.563-568, 1996.

MAISUTHISAKUL, P.; SUTTAJIT, M.; PONGSAWATMANIT, R. Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. **Food Chemistry**, v.100, p.1409-1418, 2007.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C. ; REMESY, C.; JIMENEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.79, n.5, p.727-4, 2004.

MANDAL, S.; YADAV, S.; YADAV, S.; NEMAR, R.K. Antioxidants: A Review. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, v.1, p.102-104, 2009.

MARTENS, S.; PREUSS, A.; MATERN, U.; Multifunctional flavonoid dioxygenases: Flavonol and anthocyanin biosynthesis in *Arabidopsis thaliana* L. **Phytochemistry**, v.71, p.1040–1049, 2010.

MARTINS, L. P.; SILVA, S. DE M.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; Desenvolvimento de frutos de cirigueira (*Spondias purpurea* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.1, p.11-14, 2003.

MARTINS, S. T.; MELO, B. *Spondias* (cajá e outras). UFPEL- Universidade Federal de Pelotas. Disponível em:
<http://www.ufpel.tch.br/sbfruti/anais_xvii_cbf/tecnologia_de_alimentos/910.html>. Acesso em Janeiro de 2016.

MARTINS, P. C. **Estudo da influência de uma fase lipídica na aglomeração de pós alimentícios**. Campinas: UNICAMP, 2006. 178p. Tese de Doutorado

MATTIETTO, R. A. **Estudo tecnológico de um néctar misto de cajá (*Spondias lutea* L.) e umbu (*Spondias tuberosa*, Arruda Câmara)**. Campinas: UNICAMP, 2005. 299p. Tese Doutorado

MEDEIROS, M. F. D. **Influência da composição química dos materias no desempenho do processo de secagem de polpas de frutas em leito de jorro**. Campinas: UNICAMP, 2001. 247p. Tese Doutorado

MELO, E. A.; ANDRADE, R. A. M. S. Bioactive compounds and antioxidant potential from the “umbuzeiro” fruits. **Alimentos e Nutrição**, v.21, n.3, p.453-457, 2010.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v.44, n.2, p.193-201, 2008.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; ARAÚJO, C. R. Teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante de polpas congeladas de frutas. **Alimentos e Nutrição**, v.19, p.67-72, 2008.

MELO, K. dos S.; NASCIMENTO, M. A.; GOMES, W. C.; CABRAL, S. B.; ROCHA, A.P.T. Fluidodinâmica de leite de jorro com leite de cabra e polpa de cajá. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.4, p.61-67, 2010.

MELO, P. S. **Composição química e atividade biológica de resíduos agroindustriais**. Piracicaba: USP, 2010. 101p. Dissertação Mestrado

MELO, P. S.; BERGAMASCHI, K. B.; TIVERON, A. P.; MASSARIOLI, A. P.; OLDONI, T. L. C.; ZANUS, M. C.; PEREIRA, G. E.; ALENCAR, S. M. Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos agroindustriais. **Ciência Rural**, v.41, p.1088-1093, 2011.

MENDES, L. M. de F. C.; NEVES, J. A.; DIAS, L. P.; SILVA, M. de J. M. da. Carotenóides e antocianinas totais em polpas de cajá congeladas (*Spondias mombim* L.). In: III Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. **Anais...**Fortaleza- CE, 2008.

MERTZ, C.; BRAT, P.; CARIS-VEYRAT, C.; GUNATA, Z. Characterization and thermal lability of carotenoids and vitamin C of tamarillofruit (*Solanum betaceum* Cav.). **Food Chemistry**, v.119, p.653-659, 2010.

MESSIAS, K. L. S. Os antioxidantes. Dossiê antioxidantes. **Foods Ingredients Brasil**, v.6, p.16-31, 2009.

MITIĆ, N. M.; SOUQUET, J.; OBRADOVIC, M. V.; MITIC, S. S. Phytochemical profiles and antioxidant activities of Serbian table and wine grapes. **Food Science and Biotechnology**, v.21, p.1619-1626, 2012.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v.28, p.892-896, 2005.

MORAES, F. P. **Polpa desidratada de caju amarelo (*Anacardium occidentale* L.) por atomização em spray dryer: caracterização físico-química, bioativa e estudo da vida de prateleira do produto**. Natal: UFRN, 2014. 140p. Dissertação Mestrado

MOREIRA, A. C. C. G.; NASCIMENTO, J. D. M.; ANDRADE, R. A. M. S.; MACIEL, M. I. S.; MELO, E. A. Fitoquímicos bioativos em frutos de genótipos de umbu-cajá. **Alimentos e Nutrição**, v.23, n.2, p.235-241, 2012.

MOREIRA, T. B.; ROCHA, É. M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1093-1098, 2013.

MORRISON, I. M.; ASIEDU, E. A.; STUCHBURY, T.; POWELL, A. A. Determination of lignin and tannin contents of Cowpea seed coats. **Annals of Botany**, v.76, n.3, p.287-290, 1995.

MOURA, C. L. A. **Maceração enzimática da polpa de cajá (*Spondias mombim* L.)**. Fortaleza: UFC, 2009. 80p. Dissertação Mestrado

MOURA NETO, L. G.; ROCHA, É. M. DE F. F.; AFONSO, M. R. A.; RODRIGUES, S.; COSTA, J. M. C. Physicochemical and sensory evaluation of yellow mombin (*Spondias mombin* L.) atomized powder. **Revista Caatinga**, v.28, n.4, p.244-252, 2015.

MOURA, S. M.; SILVA, G. J. F. DA.; CARDOSO, T. G.; SILVA, A. G. DA.; CONSTANT, P. B. L.; FIGUEIREDO, R. W. Determinação de antocianinas, polifenóis e antioxidantes totais do extrato aquoso de jabuticaba. In.: XX Congresso brasileiro de economia doméstica. **Anais...** Fortaleza- CE, 2009.

MUNIZ, C. R.; BORGES, M. F.; ABREU, F. A. P.; NASSU, R. T.; FREITAS, C. A. S. Bebidas fermentadas a partir de frutos tropicais. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, p.309-322, 2002.

MUSSI, L. P.; GUIMARÃES, A. O., FERREIRA, K. S.; PEREIRA, N. R. Spouted bed drying of jambolão (*Syzygium cumini*) residue: drying kinetics and effect on the antioxidant activity, anthocyanins and nutrients contents. **LWT- Food Science and Technology**, v.61, p.80-88, 2015.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, v.1054, p.95-111, 2004.

NAKATANI, N. **Antioxidants from spices and herbs**. In: SHAHIDE, F. (Ed). Natural antioxidants: chemistry, health effects, and applications. Newfoundland: AOCS Press. Chap. v.4, p.64-75, 1996.

NAVA-KURI, G. G., USCANGA, M. B. Estudio físico y químico de doce tipos de ciruela (*Spondias*) en el estado de Veracruz. **Proc. Tropical Region A.S.H.S.**, v.23, p.132-136, 1979.

NORA, C. D.; MÜLLER, C. D.; BONA, I. S. DE; OLIVEIRA, A. DE R.; HERTZ, P. F.; JABLONSKI, A.; JONG, E.V. DE.; FLÔRES, S. H. Effect of processing on the stability of bioactive compounds from red guava (*Psidium cattleianum* Sabine) and guabiju (*Myrcianthes pungens*). **Journal of Food Composition and Analysis**, v.34, p.18-25, 2014.

OLIVEIRA, F. M. N.; FIGUEIREDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M. Análise comparativa de polpas de pitanga integral, formulada e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.8, n.1, p.25-33, 2006.

OLIVEIRA, G. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.10, p.1059-1064, 2014.

OLIVEIRA, J. R. S. **Caracterização de extratos de cajá-manga (*Spondias dulcis* Parkinson) potencialmente ativos e seguros para obtenção de fitocosmético antioxidante**. Araraquara: UEP, 2011, 182p. Dissertação Mestrado

OLIVEIRA, R. G. **Identificação e quantificação de ácido luscórbico e ácido d isoascórbico em geléias por cromatografia líquida de alta eficiência**. Campinas: UNICAMP, 2010. 211p. Tese Doutorado

OLIVEIRA, M. I. S.; TONON R. V.; NOGUEIRA, R. I.; CABRAL, L. M. C.; Estabilidade da polpa de morango atomizada utilizando diferentes agentes carreadores. **Food Technology**, v.16, n.4, p.310-318, 2013.

OMOJOLA, M. O.; AFOLAYAN, M. O.; ADEBIYI, A. B.; ORIJAJOGUN, J. O.2; THOMAS, S. A.; IHEGWUAGU, N. E.; Further physicochemical characterization of *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth fruit pulp as a mineral supplement. **African Journal of Biotechnology**, v.10, n.75, p.17258-17264, 2011.

PALLAI, E. T.; SZENTMARJAY, A. S. M. **Spouted bed drying**. In: Mujumdar, A.S. (ed.). Handbook of industrial drying. Third edition. CRS Press, New York. v.1, 312p., 2006.

PAVAN, M. A.; SCHMIDT, S. J.; FENG, H. Water sorption behavior and thermal analysis of freeze-dried, refractance window dried and hot-air dried açai (*Euterpe oleracea* Martius) juice. **LWT- Food Science and Technology**, v.48, p.75-81, 2012.

PELEG, H.; BODINE, K. K.; NOBLE, A. C. The influence of acid on adstringency of alum and phenolic compounds. **Chemical Senses**, v.23, n.3, p.371-378, 1998.

PELEG, M. Assessment of a semi-empirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. **Journal of Food Processing Engineering**, v.16, p.21-37, 1993.

PEREIRA, T. B. B. **Desidratação em secador por aspersão da mistura de leite de cabra com polpa de umbu-caja**. Campina Grande: UFCG, 2008.119p. Dissertação Mestrado

PÉREZ-JIMÉNEZ,J.; ARRANZ,S.; TAERNERO,M.; DÍAZ-RUBIO,M.E.; SERRANO,J.; GOÑI,I.; SAURA-CALIXTO,F. Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and bevarages: Extraction, measurement and expression of results. **Food Research International**, v.41, p.274-285, 2008.

PERTUZATTI, P. B.; JACQUES, A. C.; BARCIA, M. T.; SGANZERLA, M.; SANT´ANNA, L. A.; ZAMBIAZI, R. C. Quantificação de taninos condensados e hidrolisados na casca e polpa de mirtilo (*Vaccinium ashei* Reade). In: Congresso De Iniciação Científica, 17, **Anais...Pelotas**, 2008.

PINHEIRO, J. M.; RODRIGUES, M. L. M.; PARAIZO, E. A.; FONSECA, S. N. A.; MIZOBUTSI, G. P.; LOPES, E.P. Caracterização pós-colheita de seriguela em diferentes estádios de maturação. In: Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças, 001, **Anais...Aracaju-SE**, 2015.

PRADO, A. **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais**. Piracicaba; USP, 2009. 107p. Dissertação Mestrado

PROESTOS, C.; LYTOUDI, K.; MAVROMELANIDOU, O. K. ZOUMPOULAKIS, P.; SINANOGLU, V.J. Antioxidant capacity of selected plant extracts andtheir essential oils. **Antioxidants**, v.2,p.11-22, 2013.

QIU, K.; HU, C.; YANG; S; LUO, K; ZHANG, K. Computational evaluation of depth effect on the hydrodynamics of slot-rectangular spouted bed. **Jianren Fan Powder Technology**, v.287, p.51-60, 2016.

- RAHMAN, M. S. **Food properties handbook**. Boca Raton: CRC Press, 1995, 86p.
- REZENDE, L. C. **Avaliação da atividade antioxidante e composição química de seis frutas tropicais consumidas na Bahia**. Salvador: UFBA, 2010. 118p. Tese Doutorado
- ROBERT, P.; GORENA, T.; ROMERO, N.; SEPULVEDA, E.; CHAVEZ, J.; SAENZ, C.; Encapsulation of polyphenols and anthocyanins from pomegranate (*Punica granatum*) by spray drying. **International Journal of Food Science and Technology**, v.45,p.1386-1389, 2010.
- ROCHA, W. S.; LOPES, R. M.; SILVA, D. B. da; VIEIRA, R. F.; SILVA, J. P. da; AGOSTINI-COSTA, T. da S.; Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.4, p.1215-1221, 2011.
- ROCHA, A. P. T.; ALSINA, O. L. S.; FLÁVIO, V. S. S.; SILVA, F. L. H. Cinética de produção de levedura seca em leite de jorro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.1, p.81-86, 2008.
- ROCHA, F. I. G. **Avaliação da cor e da atividade antioxidante da polpa e extrato de mirtilo (*Vaccinium myrtillus*) em pó**. Viçosa: UFV, 2009. 105p. Dissertação Mestrado
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. Fontes brasileiras de carotenoides. **Tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos**, Ministério do Meio Ambiente, 2008.
- RODRÍGUEZ, K.; AH-HEN, K. S.; VEGA- GALVEZ, A.; VASQUEZ, V.; QUISPE-FUENTES, I.; ROJAS, P.; LEMUS-MONDACA, R. Changes in bioactive components and antioxidant capacity of maqui, *Aristotelia chilensis* [Mol] Stuntz, berries during drying. **LWT-Food Science and Technology**, v.65, p.537-542, 2016.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Effects of processing and storage on food carotenoids**. In: Sight and Life Newsletter, Basel: Switzerland, v.3, p.25-35, 2002.
- ROSATTI, S. R.; RISTOW, N. C.; TRINDADE, D. C.; LIMA, M. A. C. Composição química, compostos bioativos e teores de carboidratos em frutos de mangueira de diferentes origens. In: Simpósio Brasileiro De Pós-Colheita, 3, **Anais...SPC**. 2011. p.1022-1025.
- ROSS, J. A.; KASUM, C. M. Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety. **Annual Review of Nutrition**, v.22, p.19-34, 2002.
- RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. de; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v.121, p.996-1002, 2010.
- SALES, A.; WAUGHON, T. G. M. Influência do processamento no teor de compostos bioativos em frutos de murici e cajá. **Revista Agrarian**, v.6, n.19, p.7-15, 2013.
- SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**, v.274, p.37-43, 2015.

SANTOS, G.; OLIVEIRA, M. DA C.; MORAES, M. H.; PAGANI, A. A. C. Estudo comparativo do coentro (*Coriandrum sativum* L.) seco obtido em diferentes métodos de secagem. **Revista GEINTEC**, v.2, n.3, p.236-244, 2012.

SANTOS, A. A. C.; FLORÊNCIO, A. K. G. D.; ROCHA, É. M. de F. F.; COSTA, J. M. C. Avaliação físico-química e comportamento higroscópico de goiaba em pó obtida por spray-dryer. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.3, p.508-514, 2014.

SANTOS, M. B.; CARDOSO, R. L.; FONSECA, A. A. de O.; CONCEIÇÃO, M. do N. Caracterização e qualidade de frutos de umbu cajá (*Spondias tuberosa x mombin*) provenientes do recôncavo sul da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.4, p.1089-1097, 2010.

SANTOS, C.T.; BONOMO, R. F.; CHAVES, M. A.; FONTAN, R. da C. I.; BONOMO, P. Cinética e modelagem da secagem de carambola (*Averrhoa carambola*) em secador de bandeja. **Acta Scientiarum Technology**, v.32, n.3, p 309-313, 2010.

SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, E. N. A.; ROCHA, A. P. T.; ARAÚJO, G. T. Características físico-químicas da polpa de caju em pó obtida pelo método de secagem em leito de jorro. In: Congresso Iberico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas, 7, **Anais...**Madrid, p.26-29 Agosto 2013.

SANTOS-SANCHÉZ, N. F.; VALADEZ-BLANCO, R.; GOMEZ-GOMEZ, M. S.; PEREZ-HERRERA, A.; SALAS-CORONADO, R. Effect of rotating tray drying on antioxidant components, color and rehydration ratio of tomato saladette slices. **LWT- Food Science and Technology**, v.46, n.1, p.298-304, 2012.

SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; ATHAYDE, M.L. 2007. Saponinas. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMAN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R (Ed). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6. Ed. Porto Alegre: UFRGS, P. 597-622, 2007.

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

SHI, Q. L.; ZHAO, Y.; ZHENG, Y. Q. Drying of yacon by hot air and microwave combination. **Food Science**, v.32, n.12, p.150-155, 2011.

SHIBAYAMA, H. ; HISAMA, M. ; MATSUDA, S.; OHTSUKI, M.; IWAKI, M. Effect of a Novel Ascorbic Derivative, Disodium isostearyl 2 O- L-Ascorbyl Phosphate on HUMAN Derman Fibroblasts: increased Collagen Synthesis and inhibition of MMP-1. **Biol. Chemical & Pharmaceutical Bulletin**, v.31, p.563-568. Japan, 2008.

SIKORA, E.; CIESLIK, E.; LESZCZYNSKA, T. The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing. **Food Chemistry**, v.107, p.55-59, 2008.

SILVA, F. A. **Avaliação tecnológica e atividade antioxidante de produtos secos por spray-drying de *Ilex paraguariensis* A. St. Hil.-aquifoliaceae (erva-mate)**. Porto Alegre: UFRGS, 2007. 243p. Tese Doutorado

SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the software assistat-statistical attendance. In: World Congress on Computers in Agriculture, 7, Reno-NV-USA: **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, 2009.

SILVA, R. N. G.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. de M.; GALDINO, P. O. Armazenamento de umbu-cajá em pó. **Ciência Rural**, v.35, p.1179-1184, 2005.

SILVA, T. M.; MELO, E. de A. Resíduo de ciriguela (*Spondias purpurea* L.): teor de fitoquímicos e potencial antioxidante. In: Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, 13, **Anais...UFRPE**: Recife, 2013.

SILVA JÚNIOR, M. E. da.; MORAIS, B. D. M.; MACIEL, M. I. S. Secagem por atomização de polpa de ciriguela (*Spondias purpurea* L.): influência das variáveis de processo e sua qualidade. In: XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão. **Anais...UFRPE**: Recife, 2013.

SILVA JÚNIOR, M. E.; SOUZA, M. M. B.; MOURA, N. P.; SILVA, J. A.; MACIEL, M. I. S. Secagem por atomização do suco de cajá (*Spondias mombim* L.): influência das variáveis de processo e sua qualidade. In: Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, 12, **Anais...UFRPE**: Recife, 2012.

SILVA, F. V. G.; SILVA, S. de M.; SILVA, G. C.; MENDONÇA, R. M. N.; ALVES, R. E.; DANTAS, A. L. Antioxidant activity in yellow mombin fruit. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.32, n.4. p.685-691, 2012a.

SILVA, Q. J. **Caracterização de frutos de genótipos de cirigueliras (*Spondias purpurea* L.)**. 2011. 107p. Recife: UFRPE. Dissertação Mestrado

SILVA, L. M. M. **Comportamento reológico e caracterização físico-química de polpa e geléia de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**. Florianópolis: UFSC, 2013. 107p. Dissertação Mestrado

SILVA JÚNIOR, M. E.; MORAIS, B. D. M.; MACIEL, M. I. S. Secagem por atomização de polpa de ciriguela (*Spondias purpurea* L.): influência das variáveis de processo e sua qualidade. In: XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão. **Anais...UFRPE**: Recife, 2013.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. DOS S.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.3, p.669-682, 2010.

SILVA, Q. J.; MOREIRA, A. C. C. G.; MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G. Compostos fenólicos e atividade antioxidante de ciriguelas. **Alimentos e Nutrição**, v.23, p.73-80, 2012b.

SILVA, A. P. V.; MAIA, G. A.; OLIVEIRA, G. S. F.; FIGUEIREDO, R. W.; BRASIL, I. M. A study of the production of clarified caja fruit juice (*Spondias lutea* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.1, p.33-36, 1999.

SIMPSON, K. L.; CHICHESTER, C. O. Metabolism and nutritional significance of carotenoids. Annu. **Revista Nutrição**, v. 1, p. 351-74, 1981.

SOARES, A. A. J. **Avaliação físico-química e bromatológica da polpa de *Spondias purpurea* L. (ciriguela) na Região do Semiárido Central Paraibano.** Campina Grande: UFCG, 2011. 63p. Dissertação Mestrado

SOARES, E. B.; GOMES, R. L. F.; CARNEIRO, J. G. M.; NASCIMENTO, F. N. Característica física e química de frutos de cajazeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, p.518-519, 2006.

SOMMANO, S.; CAFFIN, N.; MCDONALD, J.; COCKSEGE, R. The impact of thermal processing on bioactive compounds in Australian native food products (*bush tomato and Kakadu plum*). **Food Research International**, v.50, n.2, p.1017-1020, 2013.

SOUZA, C. R. F.; OLIVEIRA, W. P. Spouted bed drying of *Bauhinia forficata* link extract: the effects of feed atomizer position and operating conditions on equipment performance and product properties. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v.22, n.2, p.239-247, 2005.

SOUZA, F. X. *Spondias mombin*, yellow mombin. In: Janick, J.; Paull, R.E. (Eds.), **The Encyclopedia of Fruit & Nuts**. CABI Publishing, p.31-34, 2008.

SOUZA FILHO, M. S.; LIMA, J. R.; NASSU, R. T.; MOURA, C. F. H.; BORGES, M. F. Formulações de néctares de frutas nativas das regiões Norte e Nordeste do Brasil. **Boletim do CEPPA**, v.18, n.2, p.275-283, 2000.

SOUZA, J. S. **Secagens de misturas de frutas tropicais em leite de jorro.** Natal: UFRN, 2009. 178p. Tese Doutorado

SPÍNOLA, V.; EULOGIO J.; LORENT-MARTÍNEZ, E. J.; CASTILHO, P. C. Determination of vitamin C in foods: current state of method validation. **Journal of Chromatography A**, v.1369, p.2-17, 2014.

SUCUPIRA, N. R.; SILVA, A. B.; PEREIRA, G.; COSTA, J. N. Métodos para determinação da atividade antioxidante de frutos. **UNOPAR Científica**, v.14, n.4, p.263-269, 2012.

STANA, M.; SORANA, M. L.; MARUTOIUB, C. Extraction and HPLC determination of the ascorbic acid content of three indigenous spice plants. **Journal of Analytical Chemistry**, v.69, p.998-1002, 2014.

SYAMALADEVI, R. M.; SABLANI, S. S.; TANG, J.; POWERS, J.; SWANSON, B. G.; State diagram and water adsorption isotherm of raspberry (*Rubus idaeus*). **Journal of Food Engineering**, v.91, p.460-467, 2009.

TACO- **Tabela brasileira de composição de alimentos /NEPA/UNICAMP- 4. ed. rev. e ampl.** - Campinas: NEPA- UNICAMP, 161p., 2011.

TANAKA, D. L. **Influência da desidratação por spray drying sobre o teor ácido ascórbico no suco de acerola (*Malpighia* ssp).** Araraquara: UNESP, 2007. 56p. Dissertação Mestrado

TAUFIQ, A. M.; YUSOF, Y. A.; CHIN, N. L.; OTHMAN, S. H.; SERIKBAEVA, A.; AZIZ, M. G. Physicochemical properties of tamarind and pineapple fruit pulps and powders. **International Food Research Journal**, v.22, n.2, p.707-712, 2015.

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, n.7, p.2326-2331, 2011.

TIMMERMANN, E. O. Multilayer sorption parameters: BET or GAB values? *Colloids and surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v.220, p.235-260, 2003.

TODISCO, K. M. **Avaliação da estabilidade dos compostos bioativos da polpa de siriguela em pó obtida por spray-dryer**. Maringá: UEM, 2012 71p. Dissertação Mestrado

TODISCO, K. M.; COSTA, J. M. C.; CLEMENTE, E. Alterations in carotenoids, phenolic compounds, flavonoids and ascorbic acid contents in red mombin (*Spondias purpurea* L.) microencapsulated pulp. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.13, p.24-28, 2015.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. **Revista Ciência e Tecnologia em Alimentos**, v.29, p.444-50, 2009.

VANNUCCHI, H.; ROCHA, M. de M. **Funções plenamente reconhecidas de nutrientes: ácido ascórbico (Vitamina C)**. 2012. Volume 21. ILSI Brasil International Life Sciences Institute do Brasil. Brasil, Julho 2012.

VIAL, M. S.; WERNER, S. S.; REOLON, C.; PIO, R. Avaliação nutricional de frutos e geléias de ciriguela. In: Encontro Paranaense de Fruticultura, 1, **Anais...Paraná**, 2007. CD-Rom

VIZZOTTO, M. Propriedades funcionais de pequenas frutas. **Informe Agropecuário**, v.33, n.268, p.84-88, 2012.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; BARRA, K.; STRINGUETA, P. C. Flavonóides antocianinas: características e propriedades na nutrição e saúde. **Revista Brasileira Nutrição Clínica**, v.23, n.3, p.141-149. 2008.

ZOTARELLI, M. F. **Produção e caracterização de manga desidratada em pó por diferentes processos de secagem**. Florianópolis: UFSC, 2014. 165p. Tese Doutorado

WANCZINSKI, B. J.; FELIPE, D. F.; CARDOSO, M. L. C.; CAVALCANTI, O. A.; Desenvolvimento de comprimidos de AAS 500 mg: influência do Amido 1500® na compressão direta. **Acta Scientiarum**, v.24, n.3, p.649-655, 2002.

WANNAN, B. S. Analysis of generic relationships in Anacardiaceae. **Blumea**, v.51, p.165-195, 2006.

WATERHOUSE, A. L.; LAURIE, V. F. Oxidation of wine phenolics: a critical evaluation and hypotheses. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.3, n.57, p.306-313, 2006.

WELLS, J. I. **Pharmaceutical preformulation- the physicochemical properties of drug substances**. Ed. Ellis Horwood Limited. New York, p. 209- 214, 1988.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M.T.; TONZAR, A.C.; MORIYA, S.; FERNANDES, J.G. Produtos de acerola: Estudo da estabilidade de Vitamina C. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, p.92-94, 2003.