



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE CIENCIAS E TECNOLOGIA

PROGRAMA DE DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS



TESE

**OBTENÇÃO DE BETERRABA EM PÓ MEDIANTE SECAGEM POR
ATOMIZAÇÃO**

MÔNICA ALMEIDA SILVA

Campina Grande - PB

Agosto de 2016

**OBTENÇÃO DE BETERRABA EM PÓ MEDIANTE SECAGEM POR
ATOMIZAÇÃO**

MÔNICA ALMEIDA SILVA

**Tese de Doutorado apresentada ao
Programa de Pós-graduação em
Engenharia de Processos, da
Universidade Federal de Campina
Grande, em cumprimento aos
requisitos necessários para a obtenção
do título de Doutor em Engenharia de
Processos**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Desenvolvimento de Processos

ORIENTADOR: Prof. Dr. Osvaldo Soares da Silva

Campina Grande - PB

Agosto de 2016

**OBTENÇÃO DE BETERRABA EM PÓ MEDIANTE SECAGEM POR
ATOMIZAÇÃO**

Mônica Almeida Silva

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Osvaldo Soares da Silva
Orientador – CCTA/UATA/UFCG

Prof^a. Dr^a. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo
Examinadora Interna – LAPP/UFCEG

Prof^a Dr^a Ana Paula Trindade Rocha
Examinadora Externa – UAEALi/UFCG

Prof^a Dr^a Ângela Maria Santiago
Examinadora Externa – CT/DQI/UEPB)

Dr^a. Hofsky Vieira Alexandre
Examinadora Externa – PNP/CAPE/UFCEG

Campina Grande - PB

Agosto de 2016

SILVA, M. A. **Obtenção de beterraba em pó mediante secagem por atomização**, 2016. 102 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

RESUMO

A beterraba é uma hortaliça com elevados teores de betalaínas, um pigmento natural que possui propriedades antioxidantes e trazem benefícios a saúde, porém, possui uma vida útil curta. Por essa razão este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de produzir um produto na forma de pó a partir da polpa da beterraba, através do método de secagem por atomização utilizando 5% de maltodextrina e avaliar sua estabilidade durante um período de armazenamento. Foi realizado um planejamento experimental 2^2 com 3 pontos centrais, composto por duas variáveis de entrada: temperatura de ar de secagem (70, 80 e 90 °C) e vazão da suspensão (4, 5 e 6 mL/min) sobre as variáveis respostas: compostos fenólicos e atividade de água. A partir do resultado do planejamento utilizou-se o ponto central (temperatura de ar de secagem 80 °C e vazão de suspensão de 5 mL/min) com as condições intermediárias de temperatura e vazão de suspensão para realizar o estudo do processo de secagem e a caracterização da beterraba em pó durante o armazenamento. Realizou-se o armazenamento do pó selecionado na temperatura ambiente durante 180 dias para avaliar as características químicas, físicas e físico-químicas e durante 90 dias para analisar os compostos bioativos, ainda foram determinadas as isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C os modelos de GAB, Oswin e Peleg foram ajustados aos dados experimentais. As betalaínas foram os pigmentos que predominaram na polpa de beterraba e os compostos fenólicos foram os compostos bioativos que apresentaram maiores teores. O planejamento experimental para as respostas estudadas não foi estatisticamente significativo, nem preditivo. A beterraba em pó apresentou elevada solubilidade e porosidade e se mostrou como não higroscópica. Ocorreu um aumento do teor de água, dos açúcares redutores, da intensidade de vermelho a^* e do parâmetro de cor b^* e, do ácido ascórbico e da luminosidade e tendência de estabilidade da acidez, sólidos totais, açúcares totais e da atividade de água durante os 180 dias de armazenamento e um decréscimo para todos compostos bioativos analisados durante os 90 dias de armazenamento. O modelo de Peleg foi o que melhor ajustou os dados experimentais apresentando coeficiente de determinação ($R^2 > 0,99$) e desvios percentuais médios ($P < 7\%$). As isotermas tiveram comportamento exponencial e foram classificadas como tipo III.

Palavras - chave: *Beta vulgaris* L.; Compostos bioativos; Betalaínas; Armazenamento.

SILVA, M. A. **Obtenção de beterraba em pó mediante secagem por atomização**, 2016. 102 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

ABSTRACT

The beet is a vegetable with high betalains content, a natural pigment that has antioxidant properties and bring health benefits, however, have a short shelf life. For this reason this work was developed with the goal of producing a product in powder form from beet pulp, through the method of drying by atomization using 5% maltodextrin and evaluate its stability during a storage period. This was a 2^2 experimental design with 3 center points, comprising two input variables: Drying air temperatures (70, 80 and 90 ° C) and flowrate of the suspension (4, 5 and 6 mL / min) concerning the response variables : phenolics and water activity. From the result of the design used the central point (drying air temperature of 80 ° C and suspension flow rate of 5m L / min) to the intermediate temperature and suspension flow rate to perform the study of the drying process and characterization of beet powder during storage. We conducted storage of the selected powder at room temperature for 180 days to evaluate the chemical, physical and physico-chemical characteristics and for 90 days to analyze the bioactive compounds also were determined isotherms for water adsorption at temperatures of 20, 30 and 40 ° C models GAB, Oswin and Peleg were adjusted to the experimental data. The betalains were the pigments that predominated in beet pulp and phenolic compounds were the bioactive compounds that showed higher levels. The experimental design for the study was not statistically significant responses or predictive. Powder beet showed high solubility and porosity and has shown to be non-hygroscopic. An increase in water content of reducing sugars, the redness a^* , and the color parameter b^* and reduction of, ascorbic acid and the brightness and stability trend acidity, total solids, total sugar and water activity during the 180 days of storage and a decrease for all bioactive compounds analyzed during the 90 days of storage. The Peleg model was the best adjusted the experimental data showing coefficient of determination ($R^2 > 0.99$) and average percentage deviations ($P < 7\%$). The isotherms were exponential behavior and were classified as type III.

Key - words: *Beta vulgaris* L.; Bioactive compounds; Betalains; Storage

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - Objetivo geral.....	3
1.2 - Objetivos específicos	3
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 - Aspectos gerais da beterraba.....	4
2.2 - Compostos bioativos.....	6
2.2.1- Betalainas	6
2.2.2 - Compostos fenólicos.....	8
2.2.3 - Flavonoides e antocianinas	9
2.2.4 - Carotenoides e clorofilas.....	10
2.2.5 - Capacidade antioxidante	12
2.3 - Secagem	14
2.3.1- Secagem por atomização.....	15
2.4 - Atividade de água	19
2.4.1 - Isotermas de equilíbrio higroscópico	20
3 - MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 - Matéria - prima	23
3.2 - Seleção e processamento da beterraba	23
3.3 - Caracterização química, física e físico-química da beterraba.....	23
3.3.1 - Ácido ascórbico	24
3.3.2 - Cor.....	24
3.3.3 - Atividade de água	24
3.4 - Compostos bioativos.....	24
3.4.1 - Betalainas totais (betacianinas e betaxantinas)	24

3.4.2 - Compostos fenólicos totais	25
3.4.3 - Flavonoides e antocianinas	25
3.4.4 - Carotenoides e clorofilas.....	26
3.4.5 - Capacidade antioxidante	26
3.5 - Planejamento experimental fatorial	27
3.6 - Secagem	29
3.6.1 - Caracterização das amostras em pó	29
3.6.2 - Densidade absoluta	29
3.6.3 - Densidade aparente	30
3.6.4 - Densidade compactada.....	30
3.6.5 - Porosidade.....	31
3.6.6 - Fator de Hausner	31
3.6.7 - Rendimento	32
3.6.8 - Solubilidade	32
3.6.9 - Higroscopicidade	33
3.7 - Armazenamento da beterraba em pó.....	34
3.8 - Isotermas de adsorção de água.....	34
3.9 - Análises estatística dos dados	35
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 - Caracterização química, física e físico - química da polpa de beterraba.....	36
4.2 - Compostos bioativos da polpa de beterraba.....	39
4.3 - Formulação selecionada para utilizar na secagem por atomização	41
4.4 - Planejamento experimental (seleção da condição de secagem).....	41
4.4.1 - Análise estatística.....	43
4.5 - Caracterização química, física e físico- química da beterraba em pó.....	46
4.6 - Compostos bioativos da beterraba em pó	50
4.7 - Características físicas da beterraba em pó	53

4.8 - Avaliação química, física e físico-química da beterraba em pó durante o armazenamento.....	56
4.8.1 - pH.....	56
4.8.2 - Ácidez total titulável.....	57
4.8.3 - Atividade de água.....	58
4.8.4 - Teor de água.....	59
4.8.5 - Sólidos totais.....	60
4.8.6 - Açúcares redutores.....	61
4.8.7 - Açúcares totais.....	62
4.8.8 - Açúcares não redutores.....	63
4.8.9 - Ácido ascórbico.....	64
4.8.10 - Luminosidade (L*).....	65
4.8.11 - Intensidade de vermelho (a*).....	66
4.8.12 - Intensidade de azul (-b*) e de amarelo(+b*).....	67
4.10 - Compostos bioativos da beterraba em pó durante o armazenamento.....	68
4.10.1 - Betacianinas.....	68
4.10.2 - Betaxantinas.....	69
4.10.3 - Betalainas totais.....	70
4.10.4 - Flavonoides.....	71
4.10.5 - Antocianinas.....	72
4.10.6 - Clorofilas totais.....	73
4.10.7 - Carotenoides.....	74
4.11 - Isotermas de adsorção de água da beterraba em pó.....	75
5 - CONCLUSÕES.....	79
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
APÊNDICE A.....	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Diagrama esquemático de um spray dryer.....	17
Figura 4.1 - Diagrama de pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre a variável resposta compostos fenólicos.....	44
Figura 4.2 - Diagrama de pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre a variável resposta atividade de água.....	44
Figura 4.23 - Isotermas de adsorção de água da beterraba em pó ajustadas pelo modelo de Peleg.....	78
Figura A.1 - Isotermas de adsorção de água da beterraba em pó ajustadas pelo modelo de Oswin.....	102
Figura A.2 - Isotermas de adsorção de água da beterraba em pó ajustadas pelo modelo de GAB.....	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	- Composição centesimal mineral e vitaminas da beterraba crua.....	5
Tabela 3.1	- Valores das variáveis de entrada e níveis dos fatores do planejamento fatorial 2 ²	28
Tabela 3.2	- Matriz do planejamento experimental fatorial em sua forma real e codificada.....	28
Tabela 3.3	- Classificação dos pós de acordo com sua higroscopicidade.....	33
Tabela 3.4	- Modelos matemáticos das isotermas de adsorção de umidade.....	35
Tabela 4.1	- Valores médios e desvios padrão dos parâmetros avaliados na polpa de beterraba.....	36
Tabela 4.2	- Valores médios e desvios padrão dos compostos bioativos avaliados na polpa de beterraba.....	39
Tabela 4.3	- Matriz das variáveis independentes e das variáveis dependentes utilizadas no planejamento experimental da beterraba em pó obtida por secagem por atomização.....	42
Tabela 4.4	- Valores médios e desvios padrão dos parâmetros da caracterização química e físico-química da beterraba em pó.....	46
Tabela 4.5	- Valores médios e desvios padrão dos parâmetros da beterraba em pó dos compostos bioativos.....	50
Tabela 4.6	- Valores médios e desvio padrão das características físicas da beterraba em pó.....	54
Tabela 4.7	- pH da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento.....	56
Tabela 4.8	- Acidez total titulável da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento.....	57
Tabela 4.9	- Atividade de água para a beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento.....	58
Tabela 4.10	- Teor de água da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento.....	59

Tabela 4.11	- Sólidos totais da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento.....	60
Tabela 4.12	- Açúcares redutores da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento.....	61
Tabela 4.13	- Açúcares totais da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento.....	62
Tabela 4.14	- Açúcares não redutores da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento.....	63
Tabela 4.15	- Ácido ascórbico da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento.....	64
Tabela 4.16	- Luminosidade da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento.....	65
Tabela 4.17	- Intensidade de vermelho da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento.....	66
Tabela 4.18	- Parâmetro de cor b* da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento.....	67
Tabela 4.19	- Betacianinas da beterraba em pó durante 90 dias de armazenamento.....	68
Tabela 4.20	- Betaxantinas da beterraba em pó durante 90 dias de armazenamento.....	69
Tabela 4.21	- Betalainas da beterraba em pó durante 90 dias de armazenamento.....	70
Tabela 4.22	- Flavonóides totais da beterraba em pó durante 90 dias de armazenamento.....	71
Tabela 4.23	- Antocianinas da beterraba em pó durante 90 dias de armazenamento.....	72
Tabela 4.24	- Clorofilas totais da beterraba em pó durante 90 dias de armazenamento.....	73
Tabela 4.25	- Carotenóides totais da beterraba em pó durante 90 dias de armazenamento.....	74

Tabela 4.26 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2), desvios percentuais médios dos modelos ajustados aos dados das isotermas de adsorção de beterraba em pó.....	75
---	----

1- INTRODUÇÃO

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é originária das regiões de clima temperado da Europa e do Norte da África. No Brasil, as regiões Sudeste e Sul cultivam 77% do que é produzido. O Estado de São Paulo planta em média 5.000 hectares dessa hortaliça por ano, produzindo 115.000 toneladas. Os principais municípios produtores são: Sorocaba, Mogi das Cruzes e São Paulo, sendo os meses mais frescos os preferidos para o seu cultivo (TIVELLI e TRANI, 2008).

No Brasil a beterraba é cultivada para consumo principalmente em forma de salada. Além da grande quantidade de açúcares, a beterraba destaca-se pelos teores de minerais e vitaminas A, B1, B2 e C. A coloração característica é resultante de pigmentos denominados betalaínas, os quais são semelhantes às antocianinas e flavonoides (ARAÚJO FILHO et al., 2011). Seus efeitos benéficos em relação à saúde estão relacionados com suas propriedades antioxidantes, proteção contra danos oxidativos a componentes celulares, efeitos anti-inflamatórios e prevenção das doenças crônicas não transmissíveis (VOLP, 2009).

A beterraba possui uma vida útil muito curta, por isso faz-se necessária à utilização de métodos de conservação com a finalidade de prolongar a sua vida de prateleira e preservar seus nutrientes. A secagem por atomização é o método mais indicado para materiais muito sensíveis ao calor, nesse método os nutrientes são preservados pelo pouco tempo de residência do produto na câmara de secagem.

A desidratação de produtos alimentícios é um processo amplamente utilizado para melhorar a estabilidade dos alimentos através da redução da atividade de água do produto, com conseqüente redução da atividade microbológica e minimização de algumas alterações físicas e químicas durante o armazenamento (GURGEL, 2014).

Atualmente os produtos alimentícios em pó são cada vez mais utilizados pela indústria nacional de alimentos, tendo em vista que tais produtos reduzem significativamente os custos de certas operações, tais como: embalagem, transporte, armazenamento e conservação, elevando o valor agregado dos mesmos (COSTA et al., 2003). As farinhas de vegetais, como as de beterraba podem ser utilizadas como alternativa para substituição parcial da farinha de trigo na elaboração de bolos e,

também, como fonte enriquecedora de nutrientes nas vitaminas (ZANATTA et al., 2010).

Existe uma procura cada vez mais acentuada de alimentos que possuam mais que funções nutricionais básicas, mas, que contenham substâncias ativas que ofereçam benefícios ao organismo, os chamados alimentos funcionais. A beterraba por ser uma hortaliça com elevado valor nutricional, rica em antioxidantes, se enquadra nessa classificação de alimentos. A secagem por atomização é de grande importância na obtenção de um produto na forma de pó, uma vez que mantém e concentra as características nutricionais e funcionais do produto a ser seco e aumenta o seu tempo de armazenabilidade. Dessa forma, a secagem por atomização da polpa de beterraba, é uma alternativa de oferecer um produto em pó, rico em pigmentos utilizado comercialmente como corante alimentar, com atividade antioxidante e com a capacidade de enriquecer produtos alimentícios tais como: massas, sucos, sorvetes entre outros.

1.1 - Objetivo geral

Produzir beterraba em pó pelo processo de secagem por atomização e avaliar sua estabilidade durante o armazenamento.

1.2 - Objetivos específicos

- Caracterizar química, física e físico-quimicamente a polpa integral de beterraba e determinar os compostos bioativos.
- Determinar a condição de secagem por atomização, através do planejamento experimental fatorial, 2^2 com 3 repetições no ponto central, levando-se em consideração a influência das variáveis de entrada temperatura de secagem e a vazão de suspensão, sobre as respostas atividade de água e compostos fenólicos.
- Secar por atomização a polpa da beterraba selecionada obtida a partir da análise do planejamento experimental utilizando um secador por atomização.
- Caracterizar física, química e físico-quimicamente e determinar a capacidade antioxidante da beterraba em pó obtida através da secagem por atomização.
- Avaliar a estabilidade do pó em relação as suas características químicas e físico-químicas a cada 30 dias durante um período de armazenamento de 180 dias sob condições ambientais de temperatura e umidade relativa.
- Avaliar a estabilidade dos compostos bioativos (betalaínas, flavonoides, antocianinas, carotenoides e clorofilas,) a cada 30 dias durante um período de armazenamento de 90 dias sob condições ambientais de temperatura e umidade relativa.
- Estudar as isotermas de adsorção de água do pó nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C obtido na condição selecionada através do planejamento experimental.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos gerais da beterraba

A beterraba, planta da família Chenopodiaceae, pertence à espécie *Beta vulgaris* L. e, se divide em três subespécies: *Beta vulgaris ssp. adanesis*, *Beta vulgaris ssp. maritima*, *Beta vulgaris ssp. vulgaris*, que agrupa todas as cultivares já domesticadas. Ainda segundo LANGE et al.(1999) todas as cultivares da subespécie *Beta vulgaris ssp. vulgaris* podem ser subdivididas em quatro grupos: beterrabas folhosas (Leaf Beet Group), cultivares nas quais as partes comestíveis são as folhas e os pecíolos; beterrabas açucareiras (Sugar Beet Group), em sua maioria de coloração branca e que são cultivadas nos Estados Unidos da América e no continente europeu para produção de açúcar; beterrabas forrageiras (Fodder Beet Group), cultivares destinadas à alimentação dos rebanhos das regiões já citadas; e beterrabas hortícolas (Garden Beet Group), único grupo cultivado comercialmente no Brasil formado por cultivares que apresentam a uma parte tuberosa comestível. Para a região Nordeste, utiliza-se com mais frequência a variedade Tall Top Early Wonder, a mais comum em todo o país (LACERDA, 2014).

Apresenta raiz tuberosa de formato globular que se desenvolve quase à superfície do solo, com sabor acentuadamente doce e coloração púrpura, devido à presença de antocianina, pigmento natural que pode ser usado como corante. Pode ser utilizada para cultivo em olericultura, ou como forrageira ou açucareira, esses últimos cultivos predominantemente na Europa. No Brasil, a estimativa de área plantada com beterraba está em torno de 10.0000 hectares, com produtividade média oscilando entre 20,0 e 35,0 t/ha, onde só se cultiva a beterraba para mesa (RESENDE e CORDEIRO, 2007). As sementes desta espécie são, na verdade, aglomerados de três a quatro pequenos frutos corticosos, formando glomérulos. Na cultura da beterraba, um dos fatores limitantes à produtividade da cultura está associado à germinação baixa ou irregular em campo (PUIATTI e FINGER, 2005; SILVA e VIEIRA, 2006).

A beterraba é uma boa matéria prima para a produção de coquetéis de néctares compostos de frutas e hortaliças, com especial recomendação não só pela cor intensa devida á presença de frutas e hortaliças, com especial recomendação não só pela cor intensa devida á presença dos pigmentos betalaínas e por conter vitaminas do complexo B (GARCIA et al., 2013).

A beterraba vermelha, fonte de vitaminas do complexo B e de minerais como sódio, potássio, zinco e magnésio, possui forte apelo sensorial devido à sua cor vermelha intensa. Esse aspecto sensorial pode ser uma das razões que explicam o crescimento, no mercado brasileiro, do consumo de beterraba minimamente processada, que está sendo impulsionado pelo segmento de saladas prontas (HERNANDES et al., 2007). Na Tabela 2.1 têm-se os valores da composição mineral e das vitaminas da beterraba crua, segundo a Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos – (TACO, 2011).

Tabela 2.1 - Composição centesimal mineral e vitaminas da beterraba crua.

Nutrientes	Unidades	Teor em 100g
Teor de água	(%)	86,0
Energia	kcal	49,0
Proteína	(g)	1,9
Lípidos	(g)	0,1
Carboidratos	(g)	11,1
Fibra alimentar	(g)	3,4
Cinzas	(g)	0,9
Cálcio	(mg)	18
Magnésio	(mg)	24
Manganes	(mg)	1,23
Fósforo	(mg)	19
Ferro	(mg)	0,3
Sódio	(mg)	10
Potássio	(mg)	375
Cobre	(mg)	0,08
Zinco	(mg)	0,5
Vitamina B1 (Tiamina)	(mg)	0,04
Vitamina B6 (Piridoxina)	(mg)	0,04
Vitamina C	(mg)	3,1

Fonte : Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011)

Observa-se na Tabela 2.1 que a beterraba possui 375 mg de potássio, 24 mg de magnésio, 11,1 g de carboidratos e 49,0 kcal de energia e um teor de vitamina C de 3,1 mg por 100 gramas de parte comestível, sendo assim uma grande fonte de energia.

BASSETTO et al. (2013) produziram farinha a partir do resíduo de beterrabas e obtiveram valores de 23,5% de fibra alimentar, 55,95% de carboidratos, 8,66% de proteínas, 0,19% de lipídeos.

ARAUJO FILHO et al. (2011) pesquisando o processamento de produto farináceo nas temperaturas a partir de beterrabas submetidas a secagem estacionária nas temperaturas de 90, 80 e 70 °C concluíram que a farinha apresentou teor destacado para a fibra alimentar, carboidratos, proteínas, total de minerais, e reduzido para lipídeo.

ZANATTA et al. (2010) estudando a avaliação físico-química de farinhas obtidas a partir de vegetais observaram para a beterraba desidratada teor de cálcio de 114,69 mg/100 g, o que equivale a 11,47% e a 16,38% da necessidade diária requerida para adultos e para crianças (7 a 10 anos), respectivamente. O teor de cobre encontrado foi de 0,56 mg/100g, o teor de ferro foi 2,1 mg/100 g, zinco de 3,4mg/100 g, manganês de 4,6 mg/100 g, magnésio foi de 164,4 mg/100 g, potássio de 2197,9 mg/100 g do produto desidratado.

2.2 - Compostos bioativos

A caracterização física e química de produtos vegetais e a quantificação de componentes bioativos são importantes para o conhecimento do valor nutricional, e do ponto de vista comercial, para agregar valor e qualidade ao produto final. Dentre os compostos com propriedades funcionais em alimentos, substâncias com atividade antioxidante têm recebido grande atenção, pois auxiliam a proteger o organismo humano contra o estresse oxidativo, evitando e prevenindo uma série de distúrbios crônico-degenerativos (YAHIA, 2010).

2.2.1 - Betalainas

A coloração da beterraba é devido à presença das betalainas, pigmentos hidrossolúveis que incluem as betacianinas, responsáveis pela coloração vermelho-violeta e as betaxantinas, de coloração amarelo-laranja. Além das propriedades colorantes, as betalainas são apontadas como uma nova classe de antioxidantes

dietéticos, principalmente devido à sua capacidade de sequestrar radicais livres (CAI et al., 2003). As betalaínas são pigmentos solúveis em água, contém nitrogênio, que são sintetizados a partir do aminoácido, tirosina. Esse pigmento é utilizado comercialmente como um corante alimentar, muda de cor quando aquecido, de modo que só pode ser utilizado em sorvetes, doces e outros produtos de confeitaria, porém é mais barato e não possuem efeitos alérgicos conhecidos (ATTIA et al., 2013). Além da função de corante que as betalaínas apresentam, elas têm a função de antioxidantes naturais, que são compostos nitrogenados provenientes do metabolismo secundário (ZABOTTI e GENENA, 2013).

As betacianinas podem ser subdivididas em quatro estruturas diferentes, como betanina, amarantina, gonferina e bougainvilina. Encontram-se aproximadamente 50 tipos de betacianinas (vermelhos) e 20 tipos de betaxantinas (amarelos). Entre as fontes extratoras de pigmentos vegetais, a beterraba contém ambos os corantes betacianina (betanina) e betaxantina (vulgaxantina I) (CAI et al., 2005; AZEREDO, 2009).

Estes corantes são ausentes de toxicidade, apresentam propriedades farmacológicas e colorantes relevantes e tem forte apelo antiradical. A estabilidade da betanina depende do pH, excelente estabilidade entre pH 4 e 5 e razoável entre pH 3 e 4 e pH 5 e 7 (KANNER et al., 2001; CONSTANT, 2002).

Os pigmentos betalaínicos, além de serem responsáveis pela cor da beterraba, contribuem para que ela seja incluída no grupo dos 10 vegetais com maior atividade antioxidante (SHIEBER et al., 2001).

Um estudo investigando a relação estrutura-atividade de várias betaxantinas e betacianinas com sua atividade sobre radicais livres observou-se uma relação com a estrutura das betalaínas. Desta forma, estudos mostram a beterraba como um dos dez mais potentes antioxidantes. Este potencial antioxidante foi atribuído a características estruturais das betalaínas. Nas betaxantinas, um aumento no número de resíduos hidroxil e imino promoveu a eliminação de radicais livres e nas betacianinas, a glicosilação reduziu a atividade, enquanto a acilação aumentou o potencial antioxidante (STINTZING et al., 2004).

COSTA (2015) pesquisando sobre a farinha de resíduos de beterraba obtidas em uma estufa com circulação forçada de ar a 60, 70 e 80 °C, obteve teores de betalainas de

75,05, 81,31 e 71,17 mg/100 g respectivamente, e concluiu que a melhor farinha de residuo de beterraba foi obtida na secagem a 70 °C apresentando maior teor de betalaína.

VITTI et al. (2003) estudando o comportamento da beterraba minimamente processada em diferentes espessuras de corte, obteve teores de betacianinas com valores próximos a 55 mg /100 g e teores de betaxantinas com valores próximos de 35mg/100 g.

ATTIA et al. (2013) estudando a caracterização de pigmentos vermelhos extraído da beterraba vermelha e seu uso como corantes naturais e potencial antioxidante, verificaram que os melhores veículos para pigmentos de beterraba foram, dextrina solúvel, seguido de amido, lactose e glucose, respectivamente e a maior estabilidade de betalainas foi verificado a um pH variando entre 3,0 e 7,0 e a uma temperatura variando entre 40 a 50 °C e a degradação dos pigmentos foi de 82%, após 180 min a 90 °C.

2.2.2 - Compostos fenólicos

Compostos fenólicos agem como antioxidantes, não somente por sua estabilidade em doar hidrogênio ou elétrons, mas também em virtude de seus radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de vários ingredientes do alimento, particularmente de lipídios (SILVA et al., 2010).

Os compostos fenólicos são estruturas químicas que apresentam hidroxilas e anéis aromáticos, nas formas simples ou de polímeros, que os confere o poder antioxidante. Esses compostos podem ser naturais ou sintéticos. Quando presentes em vegetais podem estar em formas livres ou complexadas a açúcares e proteínas. (ANGELO, 2007).

MELO et al. (2014) estudando a composição centesimal, compostos fenólicos e atividade antioxidante em partes comestíveis não convencionais de seis olerícolas, verificaram os seguintes valores de compostos fenólicos, brócolis, rabanete, beterraba, repolho, couve e cenoura, 11,08, 7,64, 5,36, 5,27, 5,01, 3,54 em mg/g respectivamente.

MELO et al. (2009) pesquisando sobre os compostos fenólicos e atividade antioxidante de hortaliças submetidas a tratamento térmico, verificaram que após

coção (cozidas em vapor) brócolis, cenoura, couve e repolho apresentaram, respectivamente 3867,30; 127,45; 536,00 e 1277,00 mg/100 g de amostra seca, o que corresponde a 38,67; 1,27; 5,36 e 12,77 mg/g de compostos fenólicos.

FALLER et al. (2009) estimaram a disponibilidade de polifenóis em frutas e hortaliças consumidas no Brasil e verificaram para as hortaliças que os valores médios variaram de 13,7 mg/100 g de peso fresco para o tomate, 68,0 mg/100 g para o brócolis, 45,1 mg/100 g para a cenoura, 66,9 mg/100 g para o repolho e de 113,2 mg /100 g de peso fresco para a cebola.

2.2.3 - Flavonoides e antocianinas

Os flavonóides são conhecidos como pigmentos vegetais por mais de um século e foram identificados pela primeira vez em 1930, pelo Dr. Szent György, a partir da casca do limão, onde foi extraída a citrina, uma substância que possuía certa capacidade de regulação da permeabilidade dos capilares (ROSS e KASUM, 2002). Segundo BEHLING (2004) são uma classe de compostos naturais de considerável interesse científico e terapêutico. Eles são um grupo de substâncias naturais com estrutura fenólica variável. Várias propriedades terapêuticas dos flavonóides têm sido estudadas nas últimas décadas, destacando-se o potencial antioxidante, e seus efeitos protetores aos sistemas renal, cardiovascular e hepático.

Os flavonóides são um grupo de compostos de baixo peso molecular, caracterizados por serem difenilpropanóides, C6-C3-C6, constituídos por dois anéis benzênicos que se encontram ligados por uma cadeia de três átomos de carbono, podendo ou não formar-se um terceiro anel, este irá ser chamado de anel heterocíclico (QUEIROZ, 2015).

As antocianinas compõem uma classe de metabólitos secundários no qual, inúmeras vezes, são associadas com a coloração de espécies vegetais. Esse grupo encontra-se presente em diversas partes da planta, tais como: caule, flor, fruto, folha, entre outros. (MENEZES et al. 2015). Seu espectro de cor vai do vermelho ao azul, apresentando-se também como uma mistura de ambas as cores resultados em tons de púrpura. Muitas frutas, hortaliças e flores devem sua atrativa coloração a esses pigmentos que se encontram dispersos nos vacúolos celulares (VOLP et al., 2008).

Os benefícios das antocianinas na saúde humana estão relacionados ao seu efeito antioxidante, tornando-se importante na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis. A literatura evidencia que o consumo de alimentos fontes de antocianinas tem relação protetora contra o estresse oxidativo, fato este importante na redução de danos ao DNA e outras estruturas, células que poderiam desencadear processos inflamatórios e doenças (SANTOS, 2014).

SOUZA et al. (2014) determinaram os compostos bioativos, atividade antioxidante e a composição química da framboesa, amora preta, cereja, mirtilo e morango, observaram que os flavonoides variaram de 9,61 , 87,03, 59,92, 47,53 e 38,17 mg/100 g respectivamente.

ROCHA et al. (2013) estudando a caracterização físico-química e atividade antioxidante(in vitro) de frutos do cerrado Piauiense, cagaita, chichá, cajuí, jatobá - do cerrado e macaúba, concluíram que o jatobá-do-cerrado apresentou maior conteúdo de flavonoides e antocianinas, os valores identificados foram de 19,64 e 2,12 mg/100 g respectivamente.

MACHADO et al. (2013) pesquisando o efeito do processamento e armazenamento em compostos fenólicos presentes em frutas e hortaliças verificaram que o teor mais elevado de antocianinas 7,89 mg/100 g amostra foi observado no repolho roxo. Ameixa preta, berinjela e morango apresentaram teores intermediários, sendo eles respectivamente 1,69, 1,27, 1,22 mg/100 g, enquanto que o kiwi, a manga e a nectarina apresentaram baixos conteúdos de antocianinas, sendo eles respectivamente 0,04, 0,20, 0,27 mg/100g.

2.2.4 - Carotenoides e clorofilas

Os carotenoides são pigmentos naturais amplamente distribuídos no reino vegetal, presentes em verduras folhosas, em raízes, em sementes e em uma variedade de frutas, cuja coloração varia entre o amarelo e o vermelho. Podem ter um papel importante na saúde humana devido à atividade provitamina A que alguns possuem. Além disso, são classificados como substâncias bioativas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). As substâncias bioativas estão associadas às propriedades funcionais dos alimentos, que são capazes de fornecer benefícios fisiológicos adicionais, tais como adiar o estabelecimento de doenças crônico-

degenerativas e promover melhora da qualidade e expectativa de vida, além de atender aos requerimentos nutricionais básicos (COSTA et al., 2010).

As clorofilas são pigmentos naturais mais abundantes presentes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais (VON ELBE, 2000), correspondendo até 2% do peso total dos produtos, entre as atividades relacionadas à clorofila, está seu uso como corante natural e antioxidante para restabelecimento do teor natural dessas moléculas em produtos alimentares ou para preparar produtos enriquecidos (STREIT et al., 2005).

ZILLO et al. (2013) avaliaram a qualidade físico-química da fruta in natura e da polpa de uvaia congelada e verificaram que a amostra que conteve maior quantidade de carotenoides totais foi a in natura apresentando o valor de 0,91 mg/100 g pois não sofreu processamento algum, enquanto que a polpa congelada apresentou um valor de 0,36 mg/100 g.

SILVA et al. (2007) pesquisando métodos de determinação de clorofila em alface e cebolinha encontraram um comportamento semelhante para as clorofilas 'a', 'b' e 'total' durante todo experimento. Observaram que para todos os métodos estudados ocorreu um pequeno aumento das clorofilas entre o 5º e 7º dia de armazenamento e as folhas de alface minimamente processadas apresentaram menores valores de clorofila.

PEREIRA et al. (2006) estudaram a influência das condições de armazenamento nas características físicas e químicas da goiaba e observaram que os teores de clorofila apresentaram um aumento do primeiro para o quinto dia de armazenamento e diminuíram com a evolução do processo de maturação dos frutos com e sem embalagem, esses resultados indicam sua degradação ao longo do período de armazenamento. Os valores desse pigmento nos primeiros dias pós-colheita encontravam-se elevados, comparados aos carotenóides.

2.2.5 - Capacidade antioxidante

Os antioxidantes são qualquer substância que, quando presentes em baixas concentrações, comparadas à de um substrato oxidável, retardam ou inibem significativamente a oxidação deste substrato (ROCHA, 2013).

De acordo com SANTOS et al. (2008) a importância dos antioxidantes está no combate aos processos oxidativos, causando menores danos ao DNA e às macromoléculas, uma vez que ameniza os danos cumulativos que podem desencadear doenças.

Os estudos envolvendo compostos antioxidantes naturalmente presentes em alimentos e a prevenção ou controle de algumas doenças não transmissíveis têm chamado a atenção da comunidade científica e da população em geral. Entre os alimentos que contém antioxidantes naturais, as frutas e os vegetais são os que mais contribuem para o suprimento dietético destes compostos, associados aos efeitos benéficos à saúde humana. Os métodos para avaliação da atividade antioxidante total (AAT) propostos na literatura são diversos, porém alguns são mais apropriados que outros, dependendo da natureza dos compostos presentes na constituição de cada fruta (SUCUPIRA, 2012).

Existem diversos métodos para avaliar a capacidade antioxidante de substâncias biologicamente ativas, envolvendo desde ensaios químicos com substratos lipídicos a ensaios mais complexos utilizando as mais diversas técnicas instrumentais (SÁNCHEZ-MORENO, 2002).

O método mais utilizado consiste em avaliar a capacidade antioxidante via atividade sequestradora do radical livre 2,2-difenil-1-picril-hidrazila – DPPH. O radical DPPH possui coloração púrpura absorvendo a um comprimento de onda máximo de aproximadamente 516 nm. Por ação de um antioxidante (AH) ou uma espécie radicalar (R) o DPPH é reduzido formando difenil-picril-hidrazina, de coloração amarela, com conseqüente desaparecimento da absorção, podendo a mesma ser monitorada pelo decréscimo da absorbância. A partir dos resultados obtidos determina-se a porcentagem de atividade antioxidante ou sequestradora de radicais livres e/ou porcentagem de DPPH. A avaliação da atividade antioxidante se dá através da monitorização do consumo do radical livre DPPH pelas alíquotas de ensaio das amostras, através da

medida do decréscimo das respectivas medidas de absorvância. As medidas são realizadas em espectrofotômetro UV-Vis no comprimento de onda de 515-517 nm (BORGES, 2011).

A porcentagem de capacidade antioxidante corresponde à quantidade de DDPH consumida pelo antioxidante, sendo que a quantidade de antioxidante necessária para decrescer a concentração inicial de DPPH em 50% é denominada concentração eficiente (CE50), também chamada de concentração inibitória (CI50). Quanto maior o consumo de DPPH por uma amostra, menor será a sua CE50 e maior a sua capacidade antioxidante (SOUSA, 2007).

De acordo com ROESLER (2007) um extrato que apresenta alto potencial em sequestrar radicais livres possui baixo valor de IC50. Desta forma, uma pequena quantidade de extrato é capaz de decrescer a concentração inicial do radical DPPH em 50%, ou seja, inibir a oxidação do radical em 50%.

Segundo DENG et al. (2011) os resultados obtidos da capacidade antioxidante pelo método DPPH têm sido apresentados de diversas formas e a falta de padronização dos resultados torna difícil comparar a capacidade antioxidante de uma mesma amostra, ou diferentes amostras. A maioria dos resultados é apresentada como valor de EC50 ou IC50, que é definida como a quantidade de antioxidante necessário para diminuir ou reduzir a concentração inicial do radical DPPH• em 50% (BRAND-WILLIAMS et al., 1995; CHEN; BERTIN; FROLDI, 2012).

De acordo com ARBOS et al. (2010) devido à variação no efeito antioxidante dos extratos das hortaliças em função das concentrações empregadas no ensaio, frequentemente os resultados são apresentados através do valor de IC50, possibilitando uma melhor avaliação, uma vez que esse parâmetro indica a concentração da amostra necessária para reduzir em 50% o DPPH. Quanto menor o valor de IC50, maior a atividade antioxidante da hortaliça. Os mesmos autores analisaram a atividade antioxidante de hortaliças orgânicas e convencionais e obtiveram os seguintes resultados em ordem decrescente, obtida pela rúcula orgânica (IC50 de 0,60 mg/mL), almeirão orgânico (IC50 de 0,62 mg/mL), alface orgânica (IC50 de 0,64 mg/mL), rúcula convencional (IC50 de 0,68 mg/mL), almeirão convencional (IC50 de 0,71 mg/mL) e alface convencional (IC50 de 0,77 mg/mL).

RAUPP et al.(2009) estudando o efeito do processamento no potencial antioxidante de beterraba, avaliaram o efeito de duas diferentes técnicas de processos (secagem e processamento de conservas) sobre o potencial antioxidante, utilizando um secador de circulação forçada de ar para a secagem, verificaram que o potencial antioxidante da beterraba está associado com seus constituintes não nutritivos, como os compostos fenólicos e observaram que secagem em altas temperaturas aumentaram o potencial antioxidante dos produtos processados, enquanto que condições brandas, comparativamente, diminuíram ou não tiveram efeito.

SANTOS et al.(2013) analisando a atividade antioxidante de frutos de quatro cultivares de pessegueiro,observaram que as quatro cultivares de pêsego Aurora, Biuti, Diamante e Douradão apresentaram atividade antioxidante, porém a intensidade dessa ação foi diferente entre elas, dentre as cultivares estudadas, a 'Biuti' apresentou um maior teor de todas as substâncias bioativas analisadas e apresentou maior capacidade antioxidante e o potencial antioxidante dos frutos de pêsego aumentou durante o período de armazenamento.

ROESLER et al.(2007) estudando a atividade antioxidante de frutos do cerrado verificaram por meio dos resultados obtidos, que os extratos etanólico e aquoso de casca de pequi, extrato etanólico de semente de cagaita, extrato etanólico de semente e casca de araticum e extrato etanólico de casca de banha de galinha possuem excelente capacidade de seqüestrar radicais livres, ou seja, capacidade antioxidante.

2.3 - Secagem

A secagem é o processo comercial mais utilizado para preservação da qualidade de produtos agrícolas. Consiste na remoção de grande parte de água inicialmente contida no produto, logo após seu amadurecimento fisiológico, a um nível máximo de umidade no qual possa ser armazenado em condições ambientais durante longos períodos. Tal efeito é conseguido pela criação de condições desfavoráveis ao desenvolvimento de microrganismos no produto e pela quase total eliminação de suas atividades metabólicas (PALACIN et al, 2005).

Um alimento desidratado, total ou parcialmente, pode ser conservado por períodos mais longos que um similar *in natura*, uma vez que os micro-organismos que causam a deterioração do produto biológico, não podem crescer e nem multiplicar-se em ambientes com baixa umidade. O processo de desidratação, com a retirada de água, reduz o volume e o peso do produto, diminuindo assim, gastos com transporte e armazenagem. Com a retirada de água, ocorre ainda a concentração de nutrientes na massa restante, ou seja, proteínas, lipídios, carboidratos, encontram-se em maior quantidade por unidade de peso nos produtos secos, do que nos produtos similares frescos (FIOREZE, 2004).

Produtos desidratados em pó encontram larga aplicação em diversas formulações alimentícias de preparo instantâneo e são de fácil utilização em operação de adição e mistura em escala industrial. Estes produtos se caracterizam por possuírem um alto teor de sólidos solúveis com uma porção apreciável destes no estado amorfo (vítreo), que os torna altamente higroscópicos e sujeitos as mudanças físicas indesejáveis (BEZERRA, 2011).

A evolução e descobertas de novas tecnologias e metodologias aconteceram de forma a promover e otimizar o processo de secagem e a melhoria da qualidade do produto final (DOYMAZ e PALA, 2007).

2.3.1 - Secagem por atomização

A Secagem por atomização constitui uma operação de processamento que transforma um produto alimentar líquido, em uma forma de partículas secas, mediante a pulverização alimentar em um meio de secagem por ar quente. Enquanto reduz o produto de peso e tamanho, a secagem minimiza o manuseio e também preserva o produto, ao reduzir a sua atividade da água a um baixo nível, necessário para interromper a atividade bacteriana. A secagem por atomização é amplamente aplicada em vários setores industriais, incluindo alimentar, química e farmacêutica. Diversos produtos biológicos, materiais sensíveis, materiais líquidos, como leite, sucos de frutas, polpas, extratos de ervas, enzimas, óleos essenciais, aromas e vários produtos farmacêuticos foram secos por este processo, a sua adequação para processar materiais termo-sensíveis é principalmente devido ao curto tempo de residência do produto no interior do secador (OLIVEIRA et al., 2010).

A secagem por atomização é uma operação unitária pela qual um produto líquido é atomizado em uma corrente de gás quente para a obtenção de um pó instantaneamente; o gás geralmente utilizado é ar ou, mais raramente um gás inerte como o nitrogênio. A secagem por atomização é considerado o processo mais utilizado na indústria de alimentos por ser mais econômico que o processo por liofilização, flexível e contínuo e que resulta em partículas de boa qualidade (GHARSALLAOUI et al., 2007).

Este processo tem por finalidade transformar alimentos em forma de pó, permitindo um armazenamento prolongado e uma maior estabilidade e longevidade do produto, de modo a ter uma maior vida de prateleira, podendo o consumidor ter acesso a esse produto durante o ano, e não apenas no período de safra (ANSELMO et al., 2006).

Como é um processo de curtíssimo tempo, com um mínimo de degradação térmica no produto, este tipo de secador tem sido empregado de forma crescente para a transformação de alimentos. Devido a grande área do material atomizado, em relação ao seu volume, o tempo de processo demora poucos segundos, o que implica uma rápida variação simultânea da atividade de água e da temperatura do produto. O produto final obtido nesse tipo de secador é um pó bastante fino (FIOREZE, 2004).

Segundo ENGEL et al. (2016) a técnica de secagem por atomização em *spray dryer* se mostra eficiente quanto a necessidade de produção de produtos com qualidades específicas e na preservação dos nutrientes.

Na indústria alimentícia a técnica também é utilizada para secagem de polpas de frutas (açai, abacaxi, melancia) devido à boa qualidade conferida ao pó resultante e às facilidades de transporte e armazenamento, além da maior estabilidade físico-química. Para tal finalidade, geralmente é utilizada a maltodextrina como adjuvante de secagem (ABADIO et al., 2004; QUEK et al., 2007; TONON et al., 2008).

Os secadores pulverizadores do tipo *spray dryer* apresentam uma ampla utilização na secagem industrial de diversos produtos que requerem o uso do sistema de secagem por atomização. Esse processo de secagem mantém as propriedades físico-químicas dos produtos e em alguns casos chega a melhorar essas propriedades (FOUST et al., 1982). A Figura 2.1 descreve esquematicamente o funcionamento do secador por atomização. Nesse método de secagem, o alimento líquido é injetado através do bico

atomizador concomitante ao ar aquecido e o produto segue para o ciclone onde ocorre a recuperação do produto.

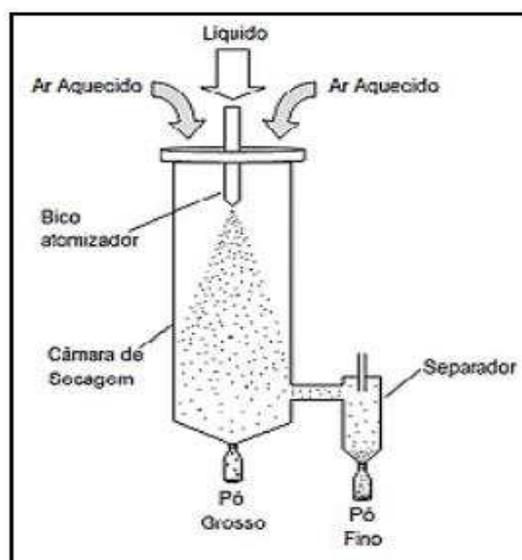


Figura 2.1 - Diagrama esquemático de um spray dryer. Fonte: Labmaq (2010).

FERRARI et al. (2012) avaliaram a influência da temperatura do ar de secagem (160 e 180 °C) e da concentração de maltodextrina (5, 15 ou 25%) sobre as características físico-químicas do suco de amora-preta em pó, produzido por atomização e verificaram que as temperaturas de secagem mais altas resultaram na redução da umidade, da atividade de água e do conteúdo de antocianinas dos pós, além da formação de partículas maiores e mais higroscópicas. As partículas produzidas na temperatura de 180 °C apresentaram superfície lisa e uma maior uniformidade em relação às amostras secas a 160 °C. O aumento da concentração de maltodextrina resultou na formação de partículas com menor umidade e higroscopicidade

BAZARIA e KUMAR (2015) produziram beterraba em pó utilizando um secador por atomização na temperatura de 160 e 180°C e vazão de fluxo de 400 a 600 ml/h e analisaram o efeito do concentrado de proteína de soro de leite nas concentrações 5 – 15%, nas características físico-química e estruturais do produto e observaram que a temperatura e concentração do agente de transporte, foram os parâmetros mais significativos e que a na temperatura de 170 °C produziram um pó com menor

higroscopicidade e maior concentração de betalainas e verificaram que a vazão do fluxo não interferiu significativamente na qualidade do pó obtido.

ROCHA et al. (2014) secaram suco de caju em um secador por atomização com a utilização de um bico aspersor de 1,2 mm de diâmetro, verificaram que os resultados de umidade do suco de caju em pó variaram de 1,36 a 3,35% e concluíram que a aplicação do processo de secagem em spray-dryer foi adequada para obtenção do suco de caju em pó com características físicas e físico-químicas de boa qualidade.

OLIVEIRA et al. (2007) estudando a influência das condições de secagem por atomização sobre as características sensoriais de sucos de maracujá e abacaxi, adicionados de diferentes concentrações de maltodextrina, realizada em um secador por atomização mantendo constante as seguintes variáveis: temperatura de entrada/saída do ar (190/90 °C) e vazão da alimentação (0,18 kg min⁻¹) verificaram que a redução da concentração de maltodextrina promoveu coloração mais intensa e sabor mais ácido e menos doce. O aumento da velocidade de atomização reduziu a cor e acidez. A redução da cor se deve à produção de menores partículas, maior entrada de oxigênio durante a atomização, com consequente oxidação dos pigmentos.

MACHADO (2010) estudando a secagem por atomização da polpa de tomate utilizando um secador por atomização de bancada, modelo MSD 1.0 (Labmaq do Brasil Ltda.) empregando como agente carreador a maltodextrina 10DE. Concluiu que o tomate em pó obtido por atomização, apresentou grande potencial de utilização, devido às suas propriedades, como solubilidade e alta retenção de ácido ascórbico, além do baixo conteúdo de umidade e atividade de água, que facilitam seu armazenamento e transporte e que a maior retenção de carotenóides pode ser conseguida utilizando-se temperatura do ar de secagem de 160 °C, vazão de alimentação de 0,62 l/h e concentração de maltodextrina de 10%.

VALDUGA et al. (2008) pesquisando sobre a extração, secagem por atomização e micorencapsulamento de antocianinas do bagaço da uva “ Isabel” utilizando um secador por atomização com as seguintes condições operacionais de secagem: temperatura do ar de secagem de entrada 180 °C e saída 90 °C; pressão de atomização: 0,08 a 0,14 bar; vazão média do ar de secagem: 75,031 m³ /h; vazão média de alimentação: 0,08 L/h. Concluíram que a concentração máxima de antocianinas totais

obtidas foi de 300 mg/100 g de bagaço de uva (umidade 5%), nas condições de pH 1,0, tempo de extração de 3 horas, temperatura de 15 °C e volume de etanol de 250 ml. A melhor condição para o encapsulamento e a secagem foi quando utilizaram proporções iguais 50% de maltodextrina e goma arábica na qual o encapsulado apresentou 95 mg de antocianinas /100g.

2.4 - Atividade de água

Na composição química de frutas e hortaliças estão presentes vários componentes, mas em praticamente todas, o que se aparece em maior quantidade e desempenha importante papel na estabilidade e propriedades sensoriais é a água. A água está presente na maioria dos alimentos numa concentração entre 80 – 95% apresentando uma importância fundamental para os processos biológicos, além de influenciar na textura, aparência, sabor, na susceptibilidade de alterações e perecibilidade (KIRCHHOF et al., 2008).

A atividade de água é um dos fatores mais importante para a indústria de alimentos, pois quantifica a água disponível para o crescimento de microrganismos e as reações que podem alterar os alimentos, o que possibilita a previsão da estabilidade. A atividade de água pode ser determinada por um medidor de atividade de água, e seu valor varia numericamente de 0 a 1 (CELESTINO, 2010).

Os alimentos são classificados em função da atividade de água em três grupos: alimentos de baixa atividade (a_w até 0,60) alimentos com umidade intermediária (a_w entre 0,69 e 0,90) e alimentos com alta atividade (a_w com valores acima de 0,90). Os efeitos da atividade de água em um alimento estão também relacionados, além das reações químicas e enzimáticas e do crescimento de microrganismos, com a alteração de sua aparência e textura. Como, por exemplo, a compactação de produtos como, café solúvel, leite em pó, o amolecimento de biscoitos e a alteração de folhas verdes (murcham), a redução da atividade de água de um alimento aumenta sua estabilidade, por isso que a secagem e o congelamento são os métodos de conservação mais utilizados em alimentos (RIBEIRO e SERAVALLI, 2008).

2.4.1 - Isotermas de equilíbrio higroscópico

Os produtos desidratados em pó encontram ampla aplicação em diversas formulações alimentícias de preparo instantâneo e são de fácil utilização em operação de adição e mistura em escala industrial. Estes produtos se caracterizam por possuírem um alto teor de sólidos solúveis com uma porção apreciável no estado amorfo (vítreo), que os torna altamente higroscópicos e sujeitos as mudanças físicas indesejáveis (PEREIRA, 2000).

As isotermas de sorção são ferramentas úteis para prever a estabilidade de alimentos em diversas condições atmosféricas. Elas fornecem uma relação do conteúdo de umidade com a umidade relativa ou atividade de água numa temperatura específica. A informação obtida com as isotermas é fundamental na formulação de misturas de alimentos, evitando a migração de água entre os diversos ingredientes, na determinação da permeabilidade requerida no material embalado, na determinação do teor de umidade que impede o crescimento dos microrganismos de interesse e na predição da estabilidade química e física dos alimentos em função do conteúdo de água (OLIVEIRA, 2008).

Uma isoterma é uma curva que descreve a relação de equilíbrio de uma quantidade de água sorvida por componentes do material biológico e a pressão de vapor ou umidade relativa, a dada temperatura (KOHAYAKAWA, 2004).

As isotermas são representações gráficas da umidade relativa de equilíbrio, ou da pressão parcial de vapor de um produto em função de seu teor de umidade a uma determinada temperatura. Elas podem ser de adsorção ou de dessorção. A isoterma de adsorção é obtida colocando-se um material completamente seco em contato com várias atmosferas de umidades relativas crescentes e medindo-se o ganho de massa após atingido o equilíbrio; já a isoterma de dessorção é obtida colocando-se um material inicialmente úmido sob umidades relativas decrescentes e, nesse caso, medindo-se a perda de massa após equilíbrio (LABUZA, 1968).

De acordo com COSTA et al. (2003) as isotermas de adsorção são normalmente divididas em três partes diferentes. Na primeira parte que corresponde a uma a_w compreendida entre 0 e 0,3, onde observa-se um aumento importante do teor de água com o aumento da a_w . Na segunda parte das isotermas, onde a a_w varia entre 0,3 e 0,6,

observa-se um pequeno aumento do teor de água e uma forte modificação da aw. Na terceira parte das isotermas, onde a aw varia de 0,6 a 1, se constata um forte aumento do teor de água. Este aumento é consequência da presença de substâncias solúveis e da alta porosidade do substrato. A água presente nesta fase está ligada por forças de natureza capilar ou osmótica. Esta água se mantém disponível para as reações bioquímicas.

OLIVEIRA et al. (2014) pesquisando o comportamento higroscópico dos pós da polpa de cajá liofilizada contendo maltodextrina (DE20), utilizando um medidor de atividade de água (AQUALab, modelo 4TEV), a uma temperatura de 25 °C e concluíram que a maltodextrina adicionada à polpa de cajá foi efetiva para diminuição da higroscopicidade, e o aumento do teor de água. Além disto, os resultados demonstraram que a adição da maltodextrina confere um pó estatisticamente diferente ($p < 0,05$) do pó sem adição de maltodextrina com relação ao teor de umidade, sólidos solúveis, acidez total titulável, ácido ascórbico, açúcares e cor.

FEITOSA (2014) estudando a isoterma adsorção da murta em pó a 25 °C, concluiu que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais dos pós coletados na câmara de secagem e no ciclone, nas temperaturas de secagem de 150, 170 e 190 °C, foi o de Peleg, com os maiores coeficientes de determinação e menores desvios percentuais médios e foram classificadas como do tipo III.

COSTA et al. (2013) estudando as isotermas de dessorção e calor isostérico dos frutos de crambe para as temperaturas de 25, 30, 35 e 40 °C e atividade de água entre 0,11 a 0,81, verificaram, para uma mesma temperatura, que com a variação da atividade de água tem-se um aumento sensível do teor de água de equilíbrio.

MELO (2012) determinou as isotermas de adsorção do pó de atemóia, pelo método indireto estático nas temperaturas de 20, 30, 40 °C, utilizando um Aqualab modelo 3TE da Decagon Devices e concluiu que o teor de água de equilíbrio cresceu com o aumento da atividade de água e que o modelo de Peleg proporcionou os melhores ajustes aos dados experimentais e as isotermas foram classificadas como tipo III.

GALDINO (2011) pesquisando as isotermas de adsorção de figo-da-india em pó a 25 °C, utilizando um Aqualab modelo 3TE da Decagon Devices concluiu que a isoterma de adsorção de água foi classificada como sendo do tipo III e o modelo de Peleg foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais.

COSTA et al. (2003) determinaram as isotermas de adsorção para os pós de beterraba, abóbora, e cenoura obtidos pelo processo de secagem em leito de jorro, com temperatura de 25 °C e atividade de água variando de 0,11 e 0,94 e concluíram que o pó de cenoura apresentou uma higroscopicidade ligeiramente mais elevada que os pós de beterraba e abóbora e que o modelo de GAB é perfeitamente aplicável para os dados de água de sorção destes pós.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Fenômenos de Transporte da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos (UAEAli) da Universidade Federal de Campina Grande e no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande.

3.1 - Matéria - prima

As matérias-primas utilizadas nesse trabalho foram beterrabas (*Beta vulgaris* L.) adquiridas na Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas - EMPASA, provenientes do estado da Bahia.

3.2 - Seleção e Processamento da beterraba

As beterrabas foram selecionadas, lavadas em água corrente e sanitizadas em uma solução de hipoclorito de sódio a 250 mg/L, durante 15 minutos e enxaguadas para retirar o excesso da solução, a seguir foram descascadas e cortadas manualmente e centrifugadas em um processador de uso doméstico. Logo em seguida a polpa extraída, foi acondicionada em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenada em freezer, na temperatura de -22 °C, permanecendo armazenadas até o início do experimento.

3.3 - Caracterização química, física e físico-química da polpa de beterraba

A polpa da beterraba foi caracterizada, em triplicata, quanto aos seguintes parâmetros químicos, físicos e físico-químicos: pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais (Brix), teor de água, sólidos totais, cinzas, açúcares redutores, não redutores e açúcares totais de acordo com as metodologias do Instituto Adolfo Lutz (2008). Foram determinados o teor de água e os sólidos totais, utilizando um Analisador de Umidade e sólidos totais, por Infravermelho modelo ID- 50 marca, MARCONI. Obtendo os resultados expressos em percentagem (%).

O teor de ácido ascórbico, cor e atividade de água foram determinadas de acordo com as metodologias a seguir.

3.3.1 - Ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico da polpa beterraba foi determinado utilizando-se a metodologia da AOAC (1997) modificada por BENASSI e ANTUNES (1998), usando-se, como solução extratora o ácido oxálico. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico /100 g da amostra.

3.3.2 - Cor

Os parâmetros de cor da polpa da beterraba foram determinados em triplicata pela leitura direta utilizando - se um espectrofotômetro portátil Hunter Lab Mini Scan XE Plus, modelo 4500 L, obtendo-se os valores de L*, a* e b*. L representa a luminosidade, a* define a transição da cor verde (-a*) para o vermelho (+a*) e b* representa a transição da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*). O equipamento utiliza o sistema com luminosidade D65, ângulo de observação de 10° e calibração do equipamento com placa branca padrão (X = 80,5; Y = 85,3; Z = 90,0).

3.3.3 - Atividade de água

A atividade de água foi determinada diretamente em equipamento Aqualab 3TE, da marca Decagon Devices a 25 °C. O valor da atividade de água foi registrado quando há formação da primeira gota de orvalho em função do equilíbrio alcançado entre a fase líquida, presente na amostra, e a fase gasosa.

3.4 - Compostos bioativos da polpa de beterraba

3.4.1 - Betalaínas totais (betacianinas e betaxantinas)

O teor das betalainas (betacianinas e betaxantinas) foi determinado em espectrofotômetro, da marca Cary 60 UV-Vis, em triplicata, segundo metodologia descrita por VITTI et al. (2003). Dois gramas da amostra previamente congelada foram maceradas com 5 mL de água destilada. A solução foi colocada em tubos de ensaio e centrifugadas em centrífuga refrigerada marca Nova técnica NT 815 a 4 °C, a uma velocidade de rotação de 15.000 rpm, durante 40 minutos. Num tubo de ensaio foram homogenizados 1 mL do sobrenadante e 24 mL de água destilada. Foram feitas leituras das amostras a 476 nm, 538 nm e 600 nm. Para a determinação do teor das betalainas foi utilizada a equação de NILSON (1970).

$$\text{Betacianinas} = ((a/1129) \times \text{FD} \times 100). \quad (1)$$

$$\text{Betaxantinas} = ((y/750) \times \text{DF} \times 100) \quad (2)$$

Onde:

$$a = 1.095(A538-A600) \quad (3)$$

$$y = A476 - (A538 - a) - (a/3.1) \quad (4)$$

FD - fator de diluição.

As betacianinas e betaxantinas foram reportadas em mg/ 100 g.

3.4.2 - Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos totais foram determinados pelo método de LARRAURI et al. (1997). Foram pesados aproximadamente 1 g da amostra e adicionada 25 mL de água destilada, desse extrato foi retirado 0,1 mL e colocados em tubos de ensaio, foram acrescentadas 2,025 mL de água destilada, mais 0,125 mL de Folin Ciocalteu , 0,250 mL de carbonato de sódio a 20%. Logo em seguida agitou- se e depois de 30 minutos em banho maria a 40 °C foi realizada a leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda de 700 nm. Para determinar a curva padrão foi utilizada uma solução de ácido gálico (GAE). O resultado foi expresso em mg GAE / 100 g de ácido gálico.

3.4.3 - Flavonoides e antocianinas

Os flavonoides e antocianinas foram determinados em espectrofotômetro da marca Cary 60 UV-Vis em triplicata, pelo método de FRANCIS (1982). Foram pesados 1 g de amostra e adicionadas 10 mL da mistura etanol Hcl em seguida foram maceradas por 1 minuto e recolhidas em um tubo, guardado na geladeira por 24 horas. Após as 24 horas a amostra foi filtrada em algodão e completado o volume para 10 mL. As amostras foram lidas no espectrofotômetro a 374 nm para flavonoides (Equação 5) e a 535 nm para antocianinas (Equação 6).

As equações utilizadas foram:

$$\text{Flavonoides (mg /100 g)} = \text{Fd} \times \text{Abs.} / 76,6 \quad (5)$$

$$\text{Antocianinas (mg /100 g)} = \text{Fd} \times \text{Abs.} / 98,2 \quad (6)$$

Onde : $\text{Fd} = 100 / (\text{massa (g)} / \text{volume da diluição (mL)})$

3.4.4 - Carotenoides e clorofilas

Os carotenoides e as clorofilas foram determinados de acordo com LICHTENTHALER (1987). Foram pesados 0,2 g da amostra e colocadas em um almofariz, em seguida, foram adicionados 0,2 g de carbonato de cálcio e 5 mL de acetona a 80%, a mistura foi macerada em ambiente escuro, o extrato foi colocado em tubos de ensaio, centrifugados em uma centrífuga refrigerada marca Nova técnica NT 815 por 10 minutos a 10 °C e 3000 rpm, as absorbâncias foram determinadas em um espectrofotômetro com comprimento de onda de 470 nm para os carotenoides (Equação 7) e de 646 e 663 nm, para a clorofilas totais (Equação 8) para as clorofilas a e b (Equação 9) e (Equação 10), respectivamente. Os resultados foram expressos em mg /100 g .

$$\text{Carotenoides (mg /100 g)} = [(1000 A_{470} - 1,82 C_a - 85,02 C_b) / 198] \times 100 / 1000 \quad (7)$$

$$\text{Clorofila total (mg /100 g)} = [(17,3 A_{646} + 7,18 A_{663}) / \text{massa (g)}] \times 100 / 1000 \quad (8)$$

$$\text{Clorofila a (mg /100 g)} = [(12,21 A_{663} - 2,81 A_{646}) / \text{massa (g)}] \times 100 / 1000 \quad (9)$$

$$\text{Clorofila b (mg /100 g)} = [(20,13 A_{646} - 5,03 A_{663}) / \text{massa (g)}] \times 100 / 1000 \quad (10)$$

3.4.5 - Capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante foi determinada de acordo com RUFINO et al. (2007) utilizando o método DPPH (BRAND-WILLIAMS et al., 1995) baseado na captura do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil).

O extrato foi preparado da seguinte forma: tomou-se em um becker aproximadamente 1,0 g da amostra, adicionou-se 4 mL de metanol 50% e deixou-se extraíndo por 1h. Em seguida, centrifugou-se a 3.500 rpm durante 20 minutos. O sobrenadante foi filtrado e transferido para um balão volumétrico de 10 mL, o resíduo foi transferido para um becker adicionando 4 mL de acetona 70%, deixando-se extrair por mais 1h. Em seguida repetiu-se a centrifugação e o sobrenadante foi filtrado e adicionado juntamente ao balão volumétrico que já continha o sobrenadante da primeira extração, completando o volume para 10 mL com água destilada.

Após a preparação da solução de 0,0024 g de DPPH para 100 mL de metanol, e observando que a absorbância da mesma deveria se encontrar dentro da faixa de 0,600 a 0,700, foi realizada a curva padrão com a utilização de metanol e da solução de DPPH. Em seguida, em tubos de ensaio colocou-se 10, 30 e 50 μ L do extrato de cada repetição, adicionando 90, 70 e 50 μ L de água destilada, respectivamente. Logo após adicionou-se 3,9 mL da solução de DPPH em cada tubo e deixou-se em repouso 40 minutos, sendo esse o tempo encontrado na cinética realizada para a amostra, onde foi determinada por meio do monitoramento a cada minuto do declínio da absorbância da solução de DPPH a 515 nm. Os resultados foram expressos em g de polpa/ g de DPPH.

3.5 - Planejamento experimental fatorial

Para realizar a secagem da suspensão foi realizado um planejamento experimental 2^2 com três repetições no ponto central (nível 0), totalizando 7 ensaios experimentais, que teve como objetivo, avaliar a influência das variáveis de entrada (temperatura do ar de secagem e vazão de suspensão) sobre as variáveis respostas (compostos fenólicos e atividade de água) com a finalidade de se definir as melhores condições de secagem por atomização, reduzindo, assim, a quantidade de ensaios e conseqüentemente, a redução de tempo e custo. As temperaturas do ar de secagem testadas foram 70, 80 e 90 °C em virtude da presença dos compostos bioativos presente na polpa serem sensíveis a altas temperaturas. Foram utilizadas vazões de alimentação da suspensão de 4, 5 e 6 mL/. Na Tabela 3.1 estão apresentados os valores das variáveis de entrada utilizadas na secagem por atomização e na Tabela 3.2 apresenta - se a matriz do planejamento dos experimentos com três repetições no ponto central.

Tabela 3.1 - Valores das variáveis de entrada e níveis dos fatores do planejamento fatorial 2^2

Variáveis	Níveis		
	-1	0	+1
Temperatura (°C)	70	80	90
Vazão (mL/min)	4	5	6

Tabela 3.2 - Matriz do planejamento experimental fatorial em sua forma real e codificada

Experimentos	Temperatura de entrada (°C)		Vazão (mL/min)	
	Codificada	Real	Codificada	Real
1	-1	70	-1	4
2	+1	90	+1	4
3	-1	70	-1	6
4	+1	90	+1	6
5	0	80	0	5
6	0	80	0	5
7	0	80	0	5

Para a análise de regressão dos dados experimentais do planejamento experimental fatorial e a construção das figuras, utilizou-se o programa Statistica 7.0.

3.6 - Secagem

Para produzir a suspensão, a polpa foi triturada em liquidificador industrial, com água destilada na proporção de 1 litro de água destilada para 1 kg de polpa de beterraba, em seguida foi peneirada utilizando uma peneira de uso doméstico e filtrada utilizando um tecido de organza para que se reduzissem ao máximo as partículas da suspensão e evitasse a obstrução do bico atomizador do secador. A seguir foi adicionada a suspensão maltodextrina (Química e Cia) com dextrose equivalente igual a 20 na concentração de 5%. Foi realizado o processo de secagem da suspensão de beterraba utilizando-se um secador por atomização, modelo LM FBD 1.0 da marca Labmaq do Brasil. Constituído de uma base de inox na forma de cone, uma câmara de secagem, um bico atomizador com diâmetro com duplo fuido de 1,2 mm de abertura, um ciclone e coletor de vidro. A partir da análise do resultado do planejamento experimental foi selecionada a secagem na condição do ponto central, com temperatura de ar de secagem de 80 °C e vazão de suspensão de 5 mL/min.

3.6.1 - Caracterização química, física e físico-química da beterraba em pó

A amostra em pó obtida na condição selecionada de secagem por atomização (temperatura de secagem e vazão da suspensão) como foi indicada no item anterior (3.5.1) foi caracterizada em relação aos seguintes parâmetros: pH, acidez total titulável, teor de água, sólidos totais, cinzas, ácido ascórbico, açúcares redutores, açúcares totais, açúcares não-redutores, cor, atividade de água, os compostos bioativos (fenólicos totais, flavonoides, antocianinas, carotenoides, clorofilas e betalaínas) de acordo com as metodologias descritas no item (3.3). Além destas análises a amostra do pó foi avaliada quanto a sua capacidade antioxidante conforme metodologia descrita no item 3.4.5, a densidade absoluta, densidade aparente, densidade compactada, porosidade, fator de Hausner, rendimento, solubilidade e higroscopicidade, conforme metodologias descritas nos itens 3.6.2 a 3.6.9.

3.6.2 - Densidade absoluta

Foi determinada utilizando-se uma proveta de 50 mL a temperatura de 25 °C, usando hexano como líquido imiscível segundo o método descrito por CEZAR et al. (2004).

3.6.3 - Densidade aparente

A densidade aparente foi determinada pesando-se 2 g da amostra em uma proveta graduada de 25 mL, posteriormente calculada a relação entre a massa da amostra e o volume da proveta de acordo com a Equação 11.

$$\rho_{ap} = \frac{m}{V} \quad (11)$$

em que:

ρ_{ap} - densidade aparente (g/cm³)

m - massa (g)

V - volume (cm³)

3.6.4 - Densidade compactada

A densidade compactada foi determinada pelo método descrito por TONON (2009). Dois gramas de pó foram transferidos para uma proveta graduada de 25 mL e compactados através do batimento da proveta por 50 vezes sobre a bancada de uma altura fixa de 2,0 cm. Anotou-se o volume no qual a amostra foi compactada e calculou-se a relação entre a massa e volume compactado de acordo com a Equação 12.

$$\rho_c = \frac{m}{V_c} \quad (12)$$

em que:

ρ_{ap} - densidade compactada (g/cm³)

m - massa da amostra (g)

V_c - volume da amostra (cm³)

3.6.5 - Porosidade

A porosidade foi determinada a partir da relação entre a densidade aparente e a densidade absoluta de acordo com a Equação 13.

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{abs}}\right) 100 \quad (13)$$

em que :

ε - porosidade intragranular (%)

ρ_{ap} - densidade aparente (g/cm³)

ρ_{abs} - densidade absoluta (g/cm³)

3.6.6 - Fator de Hausner

O Fator de Hausner (Equação 14) foi calculado a partir dos dados de densidade aparente (ρ_{ap}) e a densidade compactada (ρ_c).

$$FH = \frac{\rho_c}{\rho_{ap}} \quad (14)$$

em que:

FH - Fator de Hausner

ρ_{ap} - densidade aparente (g/cm³)

ρ_c - densidade compactada (g/cm³)

3.6.7 - Rendimento

O rendimento do pó de beterraba foi determinado através da Equação 15.

$$R = \frac{M_{final}}{M_{inicial}} \times 100 \quad (15)$$

em que:

R – rendimento (%)

$M_{inicial}$ – massa inicial (g)

M_{final} – massa final (g)

3.6.8 - Solubilidade

A solubilidade foi determinada pelo método de EASTMAN e MOORE (1984) e modificado por CANO-CHAUCA et al. (2005). Um grama de pó foi adicionado cuidadosamente a 100 mL de água sob alta velocidade de agitação em um agitador magnético por 5 minutos. O pó disperso em água foi centrifugado a 2600 rpm por 5 minutos. 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 de acordo com a Equação 6.

$$S = \left[\left(\frac{M_S}{M_a} \right) \times 4 \right] \times 100 \quad (16)$$

em que :

S – Solubilidade (%)

M_S – massa dos sólidos dissolvidos no sobrenadante (g)

M_a – massa da amostra (g)

3.6.9 - Higroscopicidade

A higroscopicidade foi determinada de acordo com o método proposto por MORAES (2014). As amostras em pó (1 g) foram pesadas em cápsulas de vidro, colocadas em um recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,32%) a 25 °C por sete dias, com posterior pesagem dos pós. A higroscopicidade foi calculada de acordo com a equação 17. Depois foram classificados de acordo com a Tabela 3.3 de GEA Niro Research Laboratory.

$$\% \text{ Higroscopicidade} = \frac{P_f - P_i}{P_i} \times 100 \quad (17)$$

em que:

P_i - peso inicial da placa + pó (g)

P_f - peso da placa + pó em equilíbrio (g)

Tabela 3.3 : Classificação dos pós de acordo com sua higroscopicidade. Fonte: GEA Niro Research Laboratory (2010)

Higroscopicidade	
Não higroscópico	< 10 %
Ligeiramente higroscopico	10,1 – 15%
Higroscopico	15,1 – 20%
Muito higroscopico	20,1 – 25%
Extremamente higroscopico	> 25%

3.7 - Armazenamento da beterraba em pó

De acordo com os resultados do planejamento experimental das amostras da beterraba em pó, foi selecionada a condição intermediária correspondente ao experimento do ponto central na temperatura de 80 °C e vazão de 5mL/min. O pó da beterraba obtido, foi submetido ao armazenamento sob condições do ambiente de temperatura e umidade relativa por um período de 180 dias, analisando-se inicialmente e a cada 30 dias as características químicas, físicas e físico-químicas pH, acidez total titulável teor de água, sólidos totais, cinzas, ácido ascórbico, açúcares redutores, açúcares totais, açúcares não-redutores, cor, atividade de água de acordo com as metodologias descritas no item 3.3 e durante um período de 90 dias analisando-se os compostos bioativos (flavonoides, antocianinas, carotenoides e clorofilas e betalaínas) de acordo com as metodologias descritas no item 3.4. As amostras foram acondicionadas em embalagens de nylon polietileno transparente com 18 cm de largura, 21 cm de comprimento e espessura de 12 µm, cada embalagem continha 60 g de pó e foram acondicionadas em recipiente hermético.

3.8 - Isotermas de adsorção de água

As isotermas de adsorção de água foram determinadas pelo método estático indireto segundo CAPRISTE e ROTSTEIN (1982) nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, utilizando-se o equipamento Aqualab 3TE da marca Decagon Devices.

Para o ajuste matemático das isotermas de adsorção do pó de beterraba foram utilizados os modelos matemáticos de GAB, Peleg e Oswin (Tabela 3.4) usando-se o programa Statistica, versão 7.0, através da regressão não linear.

Tabela 3.4 - Modelos matemáticos das isotermas de adsorção de água

Modelo	Equação
GAB	$X_e = \frac{X_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)}$
Peleg	$X_e = K_1 a_w^{n_1} + K_2 a_w^{n_2}$
Oswin	$X_e = a \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b$

Obs: X_e – Teor de água de equilíbrio; a_w – atividade de água; X_m – teor de água na monocamada molecular; C e K – parâmetros que dependem da temperatura e da natureza do produto; K_1 , K_2 , n_1 , n_2 , a e b – constantes dos modelos

3.9 - Análises estatística dos dados

A análise estatística dos dados experimentais da caracterização química, física e físico-química e compostos bioativos foram realizados através do programa computacional ASSISTAT, versão 7.7 beta, aplicando o delineamento inteiramente casualizado.

Para a análise estatística do armazenamento da beterraba em pó relacionada à caracterização química, física e físico-química foi aplicado o delineamento inteiramente casualizado, constituído de 7 tempos de armazenamento e 3 repetições, comparando-se as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a análise do armazenamento da beterraba em pó relacionada aos compostos bioativos foi aplicado o delineamento inteiramente casualizado, constituído de 4 tempos de armazenamentos e 3 repetições, comparando-se as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Caracterização química, física e físico-química da polpa de beterraba

Na Tabela 4.1 estão apresentados os valores médios e os desvios padrão dos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos da polpa de beterraba.

Tabela 4.1 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos avaliados na polpa de beterraba.

Parâmetros	Média e desvio Padrão
pH	6,15 ± 0,05
Acidez total titulavel (% ácido cítrico)	0,181 ± 0,01
Sólidos soluveis totais (° Brix)	5,40 ± 0,005
Atividade de água (a_w)	0,986 ± 0,001
Teor de água (%)	89,9 ± 0,10
Sólidos totais (%)	10,1 ± 0,10
Açúcares totais (% glicose)	58,28 ± 3,05
Açúcares redutores (% glicose)	23,36 ± 1,63
Açúcares não redutores (% sacarose)	34,92 ± 2,69
Ácido ascórbico (mg/100 g de polpa)	2,97 ± 0,23
Cinzas (%)	1,02 ± 0,04
Luminosidade (L*)	5,85 ± 0,02
Intensidade de vermelho (+a*)	14,57 ± 0,15
Intensidade de amarelo (+b*)	3,81 ± 0,16

O valor do pH da polpa de beterraba encontrado nesse trabalho foi de 6,15, foram observados para a beterraba resultados próximos por FERREIRA (2010) com valores compreendendo entre 6,5 e 7 por SANTOS (2010) de 6,22, por SANTOS et al. (2015) de 6,10. Valores inferiores foram encontrados por RAMOS (2015) de 5,87.

O valor referente à acidez total titulável encontrada foi de 0,181% de ácido cítrico. A acidez indica o sabor ácido ou azedo dos frutos, que é representado pela presença de ácidos orgânicos nos vegetais. Com poucas exceções, hortaliças possuem baixa acidez, dessa forma é bastante suscetível à deterioração por bactérias (PASCHOALINO, 1997). MANJUNATHA e RAJU (2015) obteve um teor de acidez total titulável de 0,523% de ácido cítrico para suco de beterraba clarificado com enzima comercial. ZANATTA et al. (2010) obteve para beterraba um teor de 0,45% de acidez total em porcentagem de ácido cítrico.

Os sólidos solúveis totais (°Brix) encontrados para a polpa de beterraba foi de 5,40 °Brix, KLUGE et al. (2006) estudando a beterraba minimamente processada em diferentes tipos de cortes encontraram valores próximos entre 4,0 e 6,0 para beterraba em retalhos (centrifugadas). HERNANDES (2006) pesquisando sobre beterraba vermelha minimamente processada irradiadas e armazenadas a 8 °C obtiveram resultados próximos com valores variando de 6,08 a 6,15.

A atividade de água encontrada para a polpa de beterraba foi de 0,98 indicando que é um alimento com elevado teor de água livre ($a_w > 0,90$). Esse valor de atividade de água é encontrado comumente em frutas e hortaliças na sua forma in natura. De acordo com RIBEIRO e SERAVALLI (2008) alimentos com atividade de água acima de 0,90 formam soluções diluídas com os componentes do alimento que serão substratos para os microrganismos crescerem.

A beterraba apresentou teor de sólidos totais de 10,10% e teor de água de 89,90% valor semelhante ao do teor de água encontrado por ZANATTA (2010) que obteve um valor de 89,3%; por ANDRADE et al. (2005) de 90% e superior ao determinado por ALBUQUERQUE et al. (2015) que foi em torno de 84,8% para a beterraba.

O valor encontrado para os açúcares redutores da polpa de beterraba foi de 23,36% de glicose para os açúcares não redutores de 34,92% de sacarose e para açúcares totais foi de 58,28% glicose. A concentração de açúcares redutores totais influencia as características físicas, químicas e sensoriais das hortaliças, como sabor, aroma e textura, devido ao seu sabor doce (CHITARRA e CHITARRA, 2005). FERREIRA (2010) obteve teores de açúcares redutores de 28 mg/100g para a polpa de residuo de beterraba. RAMOS (2015) obteve teores de açúcares totais para a polpa de beterraba de 7,17% e de 6,64% de sacarose.

O teor de ácido ascórbico obtido foi de 2,97 mg/ 100 g da polpa de beterraba valor próximo ao descrito na Tabela de Composição de Alimentos (TACO, 2011) que foi de 3,1 mg/ 100 g. RAMOS (2015) obteve um teor de ácido ascórbico de 5,4 mg/100 g. para a polpa de beterraba Segundo LEE (2000) a mais importante vitamina encontrada em frutas e vegetais, para a alimentação humana, é a vitamina C. Mais de 90% da vitamina C da dieta humana provêm de frutas e hortaliças, sua concentração em frutas e vegetais varia com as condições de crescimento, maturação e tratamento pós-colheita (RIBEIRO e SERAVALLI, 2008). O ácido ascórbico é um eficiente antioxidante, capaz de eliminar espécies altamente reativas e formar um radical de reatividade baixa (CAMPOS et al ., 2008).

O percentual de cinzas para a polpa de beterraba encontrado foi de 1,02% próximo ao valor 0,9% encontrado na Tabela de Composição de Alimentos (TACO, 2011). Segundo MORETTO (2008) a determinação do percentual de cinzas fornece apenas uma indicação da riqueza da amostra em elementos minerais. Assim, a cinza de um material de origem tanto vegetal como animal é o ponto de partida para a análise de minerais específicos.

Para os parâmetros de cor da polpa da beterraba foram determinados os atributos luminosidade (L*) com valor médio de 5,85, a intensidade de vermelho (+a*) com valor médio de 14,57 e a intensidade de amarelo (+b*) com valor médio de 3,81. A intensidade de vermelho (+a*) mostrou-se mais elevada confirmando assim a característica visual que a polpa transmite. A cor da polpa dos alimentos esta relacionada com sua qualidade e com a presença de pigmentos. Segundo FARAONI et al. (2009) é um parâmetro importante na escolha e aceitação de um produto pelo consumidor.

4.2 - Compostos bioativos da polpa de beterraba

Na Tabela 4.2 estão apresentados os valores médios e desvios padrão dos compostos bioativos da polpa da beterraba.

Tabela 4.2 - Valores médios e desvios padrão dos compostos bioativos avaliados na polpa de beterraba

Compostos bioativos	Média e Desvio padrão
Betacianinas (mg/100g)	46,17 ± 1,77
Betaxantinas (mg/100g)	97,64 ± 0,29
Betalainas totais (mg/100g)	143,47±1,83
Flavonóides (mg/100g)	68,05 ± 2,82
Antocianinas (mg/100g)	44,06 ±0,03
Compostos fenólicos (mg GAE/100g)	244,09 ± 0,01
Clorofilas (mg/100g)	0,43± 0,04
Carotenóides (mg/100g)	0,52± 0,08

O teor de betacianinas encontrado neste trabalho para a polpa de beterraba foi de 46,17 mg/100 g, e de betaxantinas foi de 97,64 mg/100 g, o teor de betalainas totais (betacianinas + betaxantinas) encontrado, foi de 143,47 mg/100 g. VITTI et al. (2003) encontraram valores de betacianinas próximos de 55 mg/100 g e de betaxantinas inferior de 35 mg/100 g para beterrabas minimamente processadas. AZEREDO et al. (2007) estudando o extrato de beterraba encontraram quantidade inferior de betacianinas equivalentes a 28,82 mg/100 g.

Segundo NILSON (1973) os pigmentos de betalainas são mais solúveis em água do que em álcool e o teor de betacianinas e de betaxantinas varia em função da cultivar da beterraba com valores variando de 45 a 85, 130 a 200 e 130 a 210 mg/100 g para betacianinas e 20 a 60, 60 a 130 e 60 a 140 mg/100 g para betaxantinas.

ATTIA et al. (2013) e ZAKHAROVA e PETROVA (1997) encontraram para a beterraba valores superiores de 380 mg /100 g de peso fresco e 250 mg/ 100g de betacianinas e betalainas, respectivamente. FONTANA e CASSINI (2015) encontraram aproximadamente 35mg/ 100 g de betalainas em talos de beterraba, sendo muito inferior ao da beterraba.

KLUGE et al. (2006) avaliando o armazenamento refrigerado de beterrabas minimamente processadas com diferentes tipos de corte durante 10 dias, obteve teores de betacianinas e betaxantinas em beterrabas retalhadas (centrifugadas) variando de 60 a 30 mg/100 g e de 40 a 20 mg/100 g, respectivamente, segundo o autor a perda de pigmentos seria apenas superficial, proveniente das células danificadas como o corte, entretanto, observou-se que esta perda continua durante a conservação refrigerada.

O teor de flavonóides da polpa de beterraba foi de 68,05 mg / 100 g . LIN et al. (2007) estudando flavonóides em várias frutas e legumes encontraram valor próximo para a beterraba equivalente a 62,8 mg /100 g. RAMOS (2015) encontrou um teor de flavonóides na beterraba in natura de 1461,47 mg de rutina / 100 g de beterraba e de 766,27 mg de quercetina/ 100 g de beterraba, diante da diferença entre os resultados obtidos nesse trabalho e o referenciado, deve- se considerar que a metodologia utilizada para a determinação foi diferente da citada nesse trabalho uma vez que o trabalho citado determinou em mg de rutina e mg de quercetina e esse determinou em equivalente mg / 100 g.

O teor de antocianinas encontrado para a polpa de beterraba foi de 44,06 mg / 100 g. RAMOS (2015) encontrou um valor de 83,25 mg /100 g para a beterraba crua.

A quantidade de compostos fenólicos encontrados para a polpa de beterraba foi de 244,09 mg GAE / 100 g. LIN e TANG (2007) encontraram valor próximo ao encontrado nesse trabalho de 257,2 mg GAE / 100 g de beterraba *in natura*.

O teor encontrado de clorofila total para a polpa de beterraba foi de 0,43 mg/ 100 g e dos carotenoides foi de 0,52 mg/ 100 g para a polpa Esses baixos valores encontrados para esse pigmentos em beterraba é justificado pela presença predominante dos pigmentos vermelho-violeta e amarelo-laranja as chamadas betaxantinas e betacianinas que são os principais pigmentos presentes nessa hortaliça.

4.3 - Formulação selecionada para utilizar na secagem por atomização

Com a finalidade de melhorar a eficiência da secagem foi utilizado como aditivo a maltodextrina, na concentração de 5%, escolhida com base em testes preliminares, levando-se em consideração a quantidade de maltodextrina que favorecesse a secagem por atomização da suspensão de beterraba e que este teor não comprometesse a coloração da beterraba em pó. Essa concentração de 5% resultou em uma boa produção de pó e o produto se manteve com suas características próximas ao produto in natura no que diz respeito à cor.

4.4 - Planejamento experimental (seleção da condição de secagem)

Para determinar a condição de secagem foi realizado um planejamento experimental 2^2 com três repetições no ponto central (nível 0), totalizando 7 ensaios experimentais. A realização do planejamento experimental teve a finalidade de avaliar a influência da temperatura do ar de secagem e da vazão da suspensão como variáveis de entrada (variáveis independentes) durante a secagem por atomização sobre variáveis respostas compostos fenólicos e atividade de água (variáveis independentes).

Na Tabela 4.3 estão representados os valores das variáveis de entrada (variáveis independentes) e das variáveis respostas (variáveis dependentes) obtidos nos experimentos de secagem por atomização da polpa de beterraba de acordo com o planejamento.

Tabela 4.3 - Matriz das variáveis independentes e variáveis dependentes utilizadas no planejamento experimental da beterraba em pó obtida por secagem por atomização.

Experimentos	Temperatura (°C)	Vazão (mL/min)	Fenólicos totais (mg GAE/100 g)	Atividade de água (a_w)
1	(-) 70	(-) 4	1356,034	0,264
2	(+) 90	(-) 4	1032,870	0,287
3	(-) 70	(+) 6	960,705	0,277
4	(+) 90	(+) 6	1197,093	0,263
5	(0) 80	(0) 5	1036,896	0,257
6	(0) 80	(0) 5	921,179	0,254
7	(0) 80	(0) 5	1088,550	0,251

De acordo com Tabela 4.3 o teor de compostos fenólicos totais para a temperatura de 70 °C e vazão de 4 mL/min (Experimento1) foi de 1356,034 mg GAE/100 g, porém quando houve o aumento da vazão para 6 mL/min na mesma temperatura (Experimento 3), houve uma redução dos teores dos compostos fenólicos registrando um valor de 960,705 mg GAE/100 g. Para a temperatura de 90 °C e vazão de 4 mL/min (Experimento 2) o valor do teor de compostos fenólicos totais foi de 1032,870 mg GAE/100 g, porém para a mesma temperatura de 90 °C e vazão mais elevada de 6 mL/min (Experimento 4) apresentou um teor de compostos fenólicos mais elevado de 1197,093 mg GAE/100 g, situação contrária do observado com a temperatura de 70 °C. Para a temperatura de 80 °C e vazão 5 mL/min (Experimentos no ponto central) os valores dos compostos fenólicos se mantiveram mais próximos nos três experimentos, sendo eles de 1036,896 mg GAE/100 g (Experimento 5), 921,179 mg GAE/100 g (Experimento 6) e 1088,550 mg GAE/100g (Experimento 7).

Para o parâmetro atividade de água (a_w) na temperatura de 70 °C e vazão de 4 mL/min (Experimento 1) apresentou um valor de 0,264. Valor superior foi encontrado para a mesma temperatura de 70 °C e vazão mais elevada de 6 mL/min (Experimento 3) de 0,277. Na temperatura de 90 °C e vazão de 4 mL/min (Experimento 2) o valor da atividade de água encontrada foi de 0,287. Valor inferior foi encontrado para a temperatura de 90 °C e vazão de 6 ml/min (Experimento 4) de 0,263. Para a temperatura de 80 °C e vazão 5 mL/min (Experimentos no ponto central) foram encontrados valores mais reduzidos de atividade de água sendo eles de 0,257 (Experimento5), 0,254 (Experimento 6) e 0,251 (Experimento 7).

4.4.1 - Análise estatística

O efeito das variáveis independentes (temperatura do ar de secagem e vazão da suspensão) sobre as variáveis dependentes compostos fenólicos totais e atividade de água foram determinadas mediante uma análise estatística, com um nível de 95% de confiança, utilizando o programa Statistica 7.0.

Na Figura 4.1 encontra-se o diagrama de Pareto para as variáveis independentes, vazão da suspensão e temperatura do ar de secagem e para a interação entre a vazão da suspensão e a temperatura do ar de secagem, com relação ao teor dos compostos fenólicos totais. A magnitude dos efeitos é representada pelas barras enquanto que a linha transversal às barras representa a magnitude dos efeitos com significado estatístico para $p = 0,05$, ou seja, os fatores que são estatisticamente significativos a 95% de confiança. Como pode-se observar as variáveis independentes vazão da suspensão e temperatura do ar de secagem e nem a interação entre as mesmas não foram estatisticamente significativas ao nível de 95% de confiança. Na Figura 4.2 têm-se o diagrama de Pareto para as variáveis independentes, vazão da suspensão e temperatura do ar de secagem e para a interação entre a vazão da suspensão e a temperatura do ar de secagem para a resposta atividade de água.

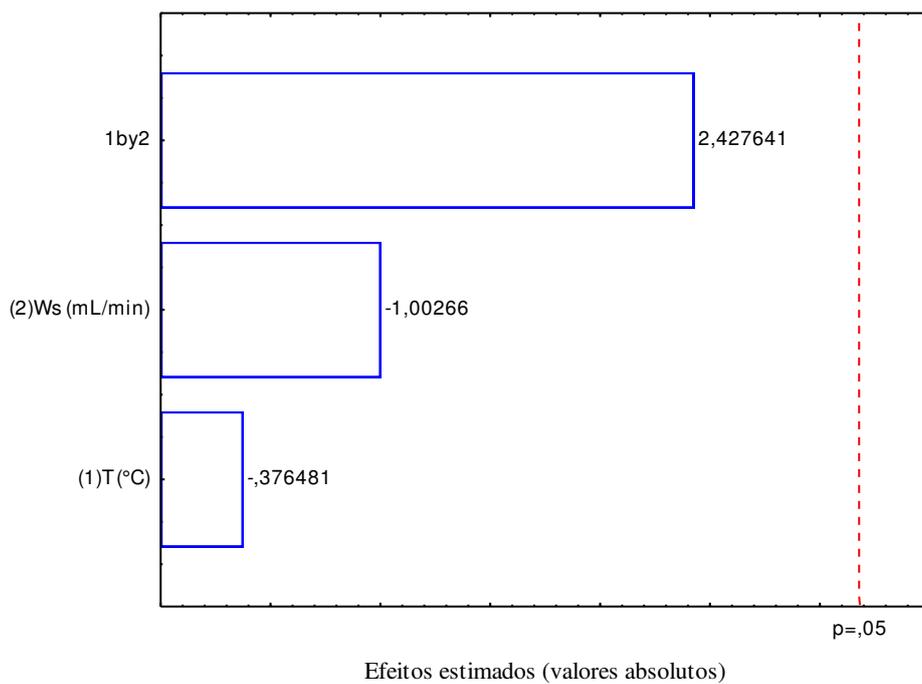


Figura 4.1 - Diagrama de Pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre a variável resposta compostos fenólicos totais (mg GAE /100 g)

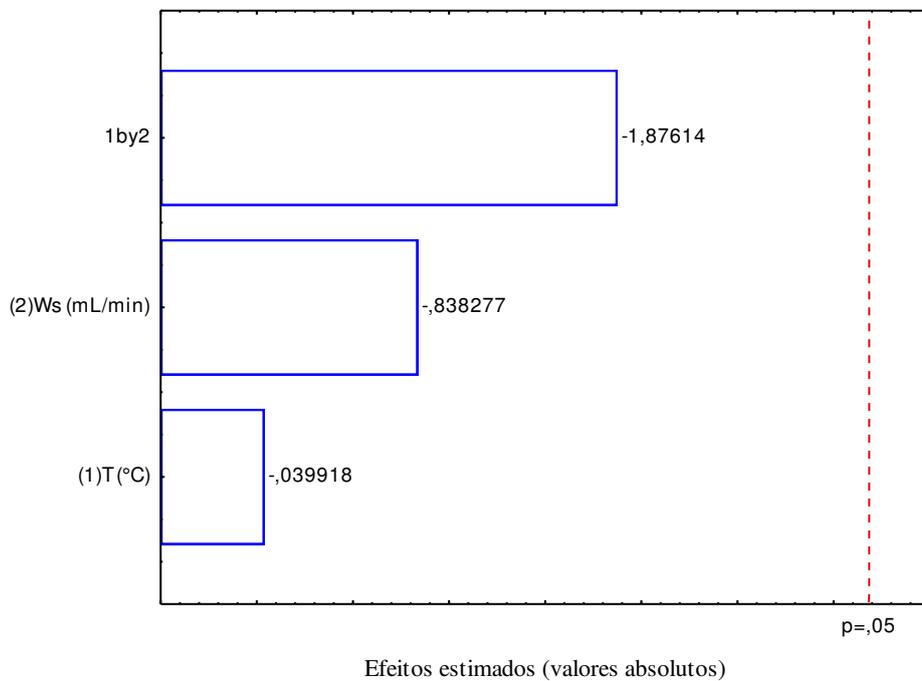


Figura 4.2 - Diagrama de Pareto dos efeitos das variáveis independentes sobre a variável resposta atividade de água.

Com base no diagrama de Pareto é possível verificar que nenhuma variável foi estatisticamente significativa para a atividade de água. Verifica-se que o efeito da temperatura, vazão de suspensão e da interação entre elas foi negativo, significando que com o aumento do valor dessas variáveis, diminui o valor da resposta mesmo não sendo estatisticamente significativo ao nível de confiança de 95%. Pode-se perceber que as barras do Pareto estão todas abaixo de 0,05.

A não significância estatística das variáveis independentes para a resposta teor de compostos fenólicos e atividade de água, sugere que as duas variáveis estudadas nos níveis definidos não influenciam a resposta compostos fenólicos e atividade de água, podendo posteriormente investigar um planejamento não linear ou com pontos axiais (configuração estrela). De forma geral as variáveis independentes estudadas nesse trabalho não foram significativas e nem preditivas, sendo assim, não é necessário apresentar modelo, análise de variância, nem superfície de resposta. Baseado nos resultados do planejamento experimental que não teve efeito significativo e preditivo optou-se por selecionar o ponto central com as condições intermediárias de temperatura e vazão de suspensão para se realizar o estudo da caracterização do armazenamento.

4.5 - Caracterização química, física e físico-química da beterraba em pó

Na Tabela 4.4 estão apresentados os valores médios e desvios padrão da caracterização química, física, físico-química da beterraba e do pó da beterraba obtido por secagem por atomização.

Tabela 4.4 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros da caracterização química, física e físico-química da beterraba em pó

Parâmetros	Média e desvio padrão
pH	4,94 ± 0,01
Acidez total titulavel (% ácido cítrico)	0,75 ± 0,03
Atividade de água (a_w)	0,196 ± 0,002
Teor de água (%)	3,70 ± 0,10
Sólidos totais (%)	96,3 ± 0,10
Açúcares totais (% glicose)	86,75 ± 1,59
Açúcares redutores (% glicose)	41,78 ± 0,53
Açúcares não redutores (% sacarose)	44,96 ± 1,08
Ácido ascórbico (mg/100g de polpa)	8,99 ± 1,03
Cinzas (%)	1,10 ± 0,07
Luminosidade (L*)	41,64 ± 0,08
Intensidade de vermelho (+a*)	21,18 ± 0,03
Intensidade de azul (- b*)	-1,05 ± 0,12

O pH obtido para a beterraba em pó apresentou um valor de 4,94 observa-se que ocorreu uma redução do pH do pó em relação a polpa quando foram acrescentados água e maltodextrina na mesma. FEITOSA (2014) estudando o pH do pó de murta observou o mesmo comportamento. Segundo a classificação de BARUFFALDI e OLIVEIRA (1998) a beterraba em pó é um produto pouco ácido uma vez que, apresentaram, pH acima de 4,5.

A acidez total titulável encontrada para a beterraba em pó nesse trabalho foi de 0,75% ácido cítrico. A determinação de acidez pode fornecer um dado valioso na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício (IAL, 2008) uma vez que, quanto maior é a acidez menor é possibilidade de deterioração do alimento. Alguns autores encontraram valores inferiores: SOUSA et al. (2015) obteve um teor de acidez para atemóia em pó de 0,17% de ácido cítrico; ROCHA et al. (2014) encontraram um teor de acidez de 0,40% de ácido cítrico em caju em pó obtido por secagem por atomização. OLIVEIRA et al. (2015) encontraram valores superiores de 1,40 % e 1,46% ácido cítrico para a acidez total titulável para o mandacaru em pó seco por atomização com adição de maltodextrina DE 10 e 14.

A atividade de água para a beterraba em pó foi de 0,196, esse fato ocorreu devido à secagem por atomização, que com o aumento da temperatura do ar de secagem resultou em um pó seco e com atividade de água baixa. De acordo com OLIVEIRA et al. (2013), com o uso dessa técnica, é possível obter um produto com baixa atividade de água e, portanto, microbiologicamente mais estável, que pode ser armazenado à temperatura ambiente aumentando sua vida útil durante o armazenamento. JANISZEWSKA (2014) obteve valores de atividade de água para o pó da beterraba micrencapsulado utilizando maltodextrina variando de 0,44 a 0,75.

O teor de água obtido para a beterraba em pó foi de 3,70% havendo uma acentuada redução do teor após a secagem. OLIVEIRA et al. (2013) estudando a avaliação e composição nutricional da farinha de beterraba e sua utilização no preparo de sobremesas, obtida através da secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60 °C, encontraram um valor de 4,37% de teor de água, valor próximo ao encontrado nesse trabalho.

COSTA et al. (2003) encontraram um teor de água de 13% para pó de beterraba obtido pelo processo de secagem em leito de jorro, valor muito superior ao encontrado nesse trabalho.

Observa-se que para a beterraba em pó, o teor de sólidos totais foi de 96,3% presumivelmente esse fato ocorreu devido à secagem e à adição de 5% de maltodextrina, uma vez que, esse agente carreador possui a característica de aumentar o teor de sólidos e conseqüentemente reduzir o teor de água. Vários autores observaram comportamentos semelhantes: SOUZA et al. (2015) avaliando atemóia em pó obtido com 25% de maltodextrina encontraram teores de 99,51%; GALDINO (2011) estudando a secagem por aspersão da polpa do figo-da-india utilizando concentrações de maltodextrina de 25, 30 e 35% encontrou teores de sólidos totais de 26, 35, 30,26, 36,88% respectivamente; FEITOSA (2014) na caracterização da polpa de murta com 30% de maltodextrina encontrou um valor de 28,48% .

Para a beterraba em pó o valor encontrado para os açúcares não redutores foi de 44,96% de sacarose para os açúcares redutores de 41,78% de glicose para açúcares totais e de 86,75% de glicose. FERREIRA (2010) ao desidratar resíduo de beterrabas em estufa para a obtenção de farinha, observou um aumento na concentração do teor de açúcares redutores totais após a primeira hora de secagem e os maiores teores foram encontrados para resíduos secos a 50 °C, obtendo um teor para os açúcares redutores de 165 g /100g(*ms*).

O teor obtido de ácido ascórbico para a beterraba em pó foi de 8,99 mg/ 100 g. OLIVEIRA et al.(2015) obteve um teor de ácido ascorbico de 25,50 mg/100 g para o mandacaru em pó obtido por secagem por atomização a 170 °C. COSTA (2012) obteve um teor de ácido ascórbico de 16,76 mg/100g em maracujá em pó, obtido pelo processo de secagem por atomização a 190°C.

O percentual de cinzas encontrado para a beterraba em pó foi de 1,10% valor semelhante ao da polpa, observa-se que a adição de maltodextrina não influenciou na quantidade de elementos minerais presentes no produto. COSTA et al. (2003) encontraram um percentual de cinzas maior que o encontrado nesse trabalho para o pó de beterraba sendo de 9,7% .

O valor da luminosidade (L^*) encontrada para a beterraba em pó foi de 41,64. ZUANON (2015) estudando a influência da concentração de carreadores nas propriedades físicas de extrato de beterraba microencapsulado em concentrações de maltodextrina variando de 20 a 50% obtiveram valores de luminosidade variando de 62,78 e 70,00.

Segundo SOUZA et al. (2015) a adição de agentes carreadores na secagem, como a maltodextrina, influencia nos valores obtidos para o parâmetro L^* , esse fato se explica pela cor branca dos carreadores, fazendo com que a luminosidade apresente valores mais elevados. Quanto maior a concentração de maltodextrina maior é o valor do parâmetro (L^*).

QUEK et al. (2007) observaram redução da luminosidade de suco de melancia em pó obtido por secagem por atomização utilizando de 5% de maltodextrina, significando escurecimento do pó causado pelo alto teor de açúcares.

A intensidade de vermelho ($+a^*$) encontrada para o pó foi de 21,18. Observa-se então que mesmo utilizando agente carreador o produto manteve a cor vermelha predominante. Esta diferença pode estar relacionada ao processamento utilizado, uma vez que, o efeito da temperatura durante o processo de secagem pode favorecer o escurecimento devido ao alto conteúdo de açúcar presente na beterraba. COSTA (2015) encontrou para a farinha de resíduo de beterraba, obtidos pela secagem em estufa com circulação de ar a 80 °C um valor de 14,57 para a intensidade de vermelho, valor inferior ao obtido nesse trabalho, provavelmente pelo processo de secagem utilizado ser diferente.

O valor do parâmetro b^* indicativo de cor azul quando negativo, para a beterraba em pó apresentou valor de - 1,05, na escala diferente ao encontrado para a polpa, esse comportamento pode ter sido ocasionado pelo processo de secagem e pelo o uso de maltodextrina que pode ter concentrado os pigmentos presentes no produto.

JANISZEWSKA (2014) obteve para o pó de beterraba microencapsulado com 15% maltodextrina valores de luminosidade variando de 46,77 a 46,13, para o parâmetro a^* obteve valores variando de 34,13 a 34,53 e para o parâmetro b^* valores variando de 3,39 a 3,50, utilizando vazão de alimentação de 0,3 e 0,8 mL /min, respectivamente.

4.6 - Compostos bioativos da beterraba em pó

Na Tabela 4.5 estão apresentados os valores médios e os desvios padrão dos compostos bioativos da beterraba em o pó obtida através da secagem por atomização.

Tabela 4.5 – Valores médios e desvios padrão dos compostos bioativos dos parâmetros da beterraba em pó

Beterraba em pó	
Compostos bioativos	Médias e desvios padrão
Betacianinas (mg/100g)	116,46 ± 4,65
Betaxantinas (mg/100g)	146,13 ± 1,89
Betalaínas totais (mg/100g)	262,60 ± 6,31
Flavonóides (mg/100g)	81,49 ± 0,01
Antocianinas (mg/100g)	45,99 ± 0,03
Comp. fenólicos(mgGAE/100g)	1636,35± 0,02
Clorofilas totais (mg/100g)	1,53 ± 0,01
Carotenóides (mg/100g)	1,48± 0,01
Cap. antioxidante (g polpa/g DPPH)	49,52 ± 0,163

Os valores obtidos das betacianinas, betaxantinas e betalainas totais para a beterraba em pó foi 116,46 mg/100 g, 146,13 mg/100 g e 262,60 mg/100 g, respectivamente. Como pode-se observar houve um aumento dos valores dos pigmentos quando comparados com os valores obtidos para a polpa. Esse comportamento observado se dá devido ao processo de secagem por atomização, que reduz o teor de água que proporciona a concentração desses pigmentos. Segundo AZEREDO (2004) na secagem por atomização a temperatura no interior da gotícula permanece baixa, o que pode levar a uma menor degradação dos nutrientes e pigmentos do produto.

JANISZEWSKA (2014) observou valores próximos a esse trabalho obtendo teores de betacianinas de 117 mg/100 g e de betaxantinas de 116 mg/ 100 g para o pó da beterraba microencapsulada a 160 °C com 15% de maltodextrina e vazão de

alimentação de 0,3 mL/min e teores de betacianinas de 119 mg/100 g e de betaxantinas de 61 mg/100 g com vazão de 0,8 mL/min.

COSTA (2015) produziu farinha a partir dos resíduos de beterraba secos em estufa com circulação de ar a 80 °C obtendo um teor de 71,17 mg/ g(ms) de betalaínas. Valor inferior ao encontrado nesse trabalho provavelmente pelo fato dos processos de secagem ser diferentes.

BASSETO et al. (2013) quantificaram teores de betacianinas de 1049,37 mg/100 g para a casca de beterraba e 440,27 mg/100 g para a farinha de residuo de beterraba, nas temperaturas variando de 50 a 100 °C. Segundo o autor esses pigmentos agregam valor ao produto desenvolvido devido a suas propriedades funcionais com seu elevado poder antioxidante.

O teor de flavonoides encontrado para a beterraba em pó foi de 81,49 mg / 100 g mostrou-se 18,28% maior que o teor encontrado para a polpa. Quanto ao teor de antocianinas encontrada nessa pesquisa para o pó de beterraba foi de 45,99 mg / 100 g. com um aumento de 4,38% em relação ao teor da polpa. VALDUGA (2008) obteve 300 mg / 100 g de antocianinas, ao secar por atomização bagaço de uva na temperatura de 180 °C utilizando proporções iguais de maltodextrina e goma arábica resultado bem superior ao encontrado nesse trabalho.

FERRARI et al. (2012) obtiveram 433,2 mg /100 g de antocianinas em suco de amora-preta obtida em secagem por atomização a 160 °C com adição de 5% de maltodextrina. SILVA et al. (2013) obtiveram 83,21, 99,02 e 86,63% de retenção de antocianinas na secagem por atomização da jabuticaba nas temperaturas de 140, 160 e 180 °C, respectivamente.

A quantidade encontrada de compostos fenólicos para a beterraba em pó foi de 1636,35 mg GAE / 100 g valor muito superior ao encontrado para a polpa, esse fato ocorreu devido ao fato da concentração de nutrientes causado pela secagem por atomização. Vários autores obtiveram resultados inferiores ao encontrado nesse trabalho: FERREIRA (2010) encontrou para a farinha de resíduo de beterraba, secos a 50, 60 e 70 °C em estufa com circulação de ar forçada, teores de compostos fenólicos variando de 237,24 a 622,06 mg GAE/ 100 g valor esse bem inferior ao encontrado neste trabalho, RAUPP et al. (2011) usando um secador com circulação forçada de ar

na temperatura de 80 °C encontraram, um teor de 469,49 mg GAE/100 g para beterrabas fatiadas, e COSTA (2015) encontrou para farinha de residuo de beterraba obtida pela secagem em estufa com circulação de ar um teor de 24,71 mg GAE/100 g. Essa diferença de teores é justificada pelo uso de métodos diferentes de secagem, temperatura e o uso de agente carreador.

Após a secagem por atomização observa-se que houve um aumento no teor das clorofilas, sendo o valor de 1,53 mg/100 g para a beterraba em pó, considerado baixo quando comparado a produtos com pigmentos verdes. Para o teor de carotenóides o valor encontrado foi de 1,48 mg/100 g para a beterraba em pó, ocorrendo também uma concentração desse pigmento. Segundo CELESTINO (2010) o alimento desidratado é nutritivo e o seu valor alimentício concentra-se por causa da perda de água ocorrida no processo de secagem.

A beterraba em pó apresentou uma capacidade antioxidante de 49,52 g de polpa/g de DPPH, ou seja, foi necessário 49,52g da amostra da beterraba em pó para reduzir 50% da concentração do DPPH. Quando se compara com a quantidade que deverá ser consumida de cada amostra para reduzir em 50% a concentração do DPPH, conclui-se então, que a amostra da beterraba em pó, possui um elevado potencial antioxidante, uma vez que, a relação do DPPH é inversamente proporcional, quanto menor é o valor encontrado para IC50 maior é a capacidade antioxidante da amostra. Vários autores determinaram a capacidade antioxidante: COSTA (2015) obteve uma capacidade antioxidante com um percentual de inibição de DPPH de 61,14% para farinha de resíduo de beterraba seca a 80 °C.

RAMOS (2015) obteve uma capacidade antioxidante para a polpa de beterraba in natura e em diferentes métodos de cocção, sendo eles: vapor, pressão, forno, imersão valores de 43,21, 52,63, 28,05, 66,49, 53,51% de DPPH reduzido, respectivamente.

ROESLER et al. (2007) verificaram uma capacidade antioxidante (menores valores de IC50) para a casca de pequi de 9,44 e 17,98 mg/mL, para extrato etanólico e aquoso, respectivamente, para a casca de araticum de 30,97 mg/mL e para a semente de cagaita de 14,15 mg/ mL, para o extrato comercial de alecrim foi de 80,84 mg/ mL; LANNA et al. (2014) obtiveram para a farinha de pequi uma capacidade antioxidante de

10,261 mg/mL; SANTOS et al. (2013) encontraram para a cultivar Biuti uma capacidade antioxidante de 17,0 mg /100 g significando maior capacidade de sequestrar o radical DPPH; REIS (2014) obteve uma capacidade antioxidante para o brócolis in natura de 22,264 g de peso seco/gDPPH e de 25,704 g de peso seco/gDPPH para o couve-flor.

De forma geral ao avaliar os teores dos compostos biotivos para a beterraba em pó, observa-se que ocorreu uma concentração dos teores avaliados após a secagem por atomização, reforçando a importância de se utilizar um método de secagem ideal para produtos termossensíveis como são os compostos analisados.

4.7 - Características físicas da beterraba em pó

Na Tabela 4.6 encontram-se os valores médios das características físicas da beterraba em pó: densidade absoluta, densidade aparente, densidade compactada, porosidade, fator de Hausner, solubilidade, higroscopicidade, rendimento da beterraba em pó.

A densidade absoluta para a beterraba em pó apresentou um valor de 1,82 g/cm³ para densidade aparente observa-se um valor de 0,32 g/cm³ e para a densidade compactada o valor foi de 0,41 g/cm³.

Valores próximos ao obtido nesse trabalho foram verificados por ZOTARELLI (2014) para a manga em pó produzidas pelo processo de secagem por atomização a 150°C com 5% de maltodextrina obtendo valores de densidade aparente de 0,45 g/cm³, densidade absoluta de 1,51 g/cm³ e porosidade de 70%. TONON (2013) estudando o pó de morango obtido na secagem por atomização utilizando diferentes agentes carreadores em proporções de 1:2 (sólidos da polpa de morango: agente carreador) obteve uma densidade aparente de 0,41 g/cm³ e 0,40 g/cm³. JANISZEWSKA e WLODORCYK (2013) verificaram valores de densidade aparente variando de 1,38 g/ cm³ a 1,11 g/ cm³ em beterraba em pó obtida por secagem por atomização com 15% da maltodextrina e temperatura variando de 120 a 160 °C.

Tabela 4.6 - Valores médios e desvios padrão das características físicas da beterraba em pó

Parâmetros	Valores médios
Densidade absoluta (g/cm ³)	1,82 ± 0,63
Densidade aparente (g/cm ³)	0,32 ± 0,06
Densidade compactada (g/cm ³)	0,41 ± 0,07
Porosidade (%)	79,84 ± 3,91
Fator de Hausner	1,30 ± 0,05
Solubilidade (%)	85,90 ± 1,68
Higroscopicidade (%)	5,25 ± 0,03
Rendimento (%)	35,35 ± 0,57

A beterraba em pó apresentou uma porosidade de 79,84% sendo superior aos valores obtidos por SOUZA et al. (2009) que variaram de 50 a 59% para a polpa de tomate em pó com 10% de maltodextrina, obtida através da secagem por atomização. BORGES (2002) pesquisando o suco de maracujá em pó encontraram um valor de 86% de porosidade. JANISZEWSKA e WLODORCYK (2013) observaram um valor de porosidade variando de 56 a 63% em beterraba em pó obtida por secagem por atomização.

A coesividade de uma amostra pode ser determinada pelo fator Hausner e o valor obtido para a beterraba em pó foi de 1,30 sendo superior ao limite máximo de bom fluxo que segundo GUERRA (2008) é de 1,24. De acordo com a classificação de GELDART et al. (1984) o fator de Hausner está relacionado com o efeito das forças coesivas de sólidos particulados, indicando que materiais que possuem valores para o fator de Hausner superiores a 1,4 são classificados como coesivos, enquanto que os que apresentam valores inferiores a 1,25 são enquadrados como não coesivos e que segundo MARTINS (2006) 1,30 pertence a uma faixa intermediária.

O valor de solubilidade para a beterraba em pó foi de 85,90%, valor ideal para alimentos em pó. De acordo com LIMA (2013), a solubilidade é um dos parâmetros

observados para verificar a capacidade de um pó em manter-se misturado de forma homogênea com a água. Vários autores determinaram a solubilidade de produtos em pó obtidos por secagem por atomização e encontraram valores próximos ao encontrado nesse trabalho: TONON (2013) encontrou um valor de 90,37% e 91,01% para pós de morango produzidos com maltodextrina com 5DE e 10DE, respectivamente; RIBEIRO (2014) encontrou um valor de 94,88% para acerola em pó produzida em secador por atomização a 154 °C e com 17,1% de maltodextrina; MACHADO (2010) encontrou valores de 89,2 a 94,6% para o tomate em pó nas temperaturas de 160 a 180 °C e com 5% de maltodextrina.

A higroscopicidade encontrada para a beterraba em pó foi de 5,25%. De acordo com a classificação da GEA Niro Research Laboratory (2010) a beterraba em pó é classificada como não higroscópica, uma vez que apresentou uma higroscopicidade menor que 10%. Segundo TONON (2009) isso se deve ao fato da maltodextrina ser um material com baixa higroscopicidade e confirmando assim a sua eficiência como agente carreador, no sentido de reduzir a higroscopicidade de produtos desidratados em secador por atomização. FERREIRA et al. (2014) avaliando o comportamento higroscópico da seriguela em pó obtida na secagem por atomização, utilizando maltodextrina como carreador, obtiveram um valor de 9,50% para a higroscopicidade, e classificando-a como não higroscópica. ENGEL et al. (2015) comparando o processamento de farinhas de beterraba obtida através da secagem por atomização e desidratação observaram que após a adição do agente de transporte, as farinhas produzidas, reduziram o valor da higroscopicidade, pois a maltodextrina atuou como uma proteção e reduziu a absorção de umidade. LIMA (2013) encontrou uma higroscopicidade de 23,6% para pó de banana probiótico. MACHADO (2010) encontrou valores variando de 18,1 a 21,3% de higroscopicidade em tomate em pó.

Para o rendimento a beterraba em pó apresentou um percentual de 35,35%. ARAUJO FILHO (2011) estudando o processamento de produto farináceo a partir de beterrabas submetidas à secagem estacionária, utilizando um secador com circulação forçada de ar, a temperatura de 100 °C durante as primeiras 2h, seguida de 70°C obteve rendimento variando de 14,25 até 15,30%, valor inferior ao encontrado por esse trabalho. MARTIN (2013) realizou a secagem por atomização da polpa de cupuaçu in natura e da polpa de cupuaçu comercial a 125 °C com 5% concentração de

maltodextrina observando um rendimento de 28,27% e 27,93%, respectivamente. FEITOSA (2014) produziu pó de murta em um secador por atomização nas temperaturas de 150, 160 e 170 °C com concentração de maltodextrina de 30% obtendo um rendimento para o pó coletado no ciclone de 13,98, 16,33 e 16,63% respectivamente. ROCHA (2013) produziu tangerina em pó a 71 °C com 11% de maltodextrina obtendo um rendimento de 44%.

4.8 - Avaliação química, física e físico-química da beterraba em pó durante o armazenamento.

A beterraba em pó obtida através da secagem por atomização foi avaliada química, física e físico-quimicamente a cada 30 dias por um período de armazenamento de 180 dias sob condições do ambiente de temperatura e umidade relativa.

4.8.1 - pH

Na Tabela 4.7 estão apresentados os valores médios do pH da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento.

Tabela 4.7 - Valores médios do pH da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	pH
0	4,94 d
30	4,23 f
60	4,83 e
90	5,43 a
120	5,07 c
150	5,18 b
180	5,06 c

DMS = 0,09; MG = 4,96; CV% = 0,32

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Pode-se observar analisando os resultados dos valores médios do pH no decorrer do armazenamento, um comportamento oscilatório ocorrendo uma redução até os 60 dias, aumento entre 60 e 90 dias e a partir dos 120 dias manteve-se estável até o fim do período de armazenamento. Verifica-se também diferenças estatísticas ao longo do armazenamento. Observa-se que os valores do pH estão dentro da faixa da estabilidade de betalainas. Segundo SCHIOZER (2007) a degradação térmica da betalaína geralmente segue uma cinética de primeira ordem entre pH 3 e 7. Em termos de tempo de meia vida, a estabilidade das betalaínas é maior entre pH 5 e 6 e presença de oxigênio; e entre pH 4 e 5 na ausência de oxigênio. Comportamento semelhante foi encontrado por COSTA (2012) ao analisar o armazenamento do maracujá em pó obtido através da secagem por atomização, observou pequenas oscilações do pH no início do armazenamento, porém, após 150 dias os valores permaneceram praticamente inalterados. MOURA (2010) encontrou comportamento diferente ao avaliar o comportamento do pH da acerola em pó durante o armazenamento por 360 dias, observando que o pH manteve-se estável durante o armazenamento.

4.8.2 - Acidez total titulável

Na Tabela 4.8 estão apresentados os valores médios da acidez total titulável, para a beterraba em pó analisados durante 180 dias de armazenamento.

Tabela 4.8 - Acidez total titulável da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Acidez total titulavel (% ácido cítrico)
0	0,74 a
30	0,77 a
60	0,73 a
90	0,65 a
120	0,70 a
150	0,69 a
180	0,67 a

DMS = 0,16; MG = 0.71; CV% = 8.28

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Os teores da acidez durante o armazenamento não apresentaram diferenças estatísticas, pode-se observar que ocorreu uma estabilidade durante os 180 dias de armazenamento. GALDINO (2011) estudando o armazenamento de figo-da-india em pó a 25 °C observou que não ocorreram alterações nos teores da acidez durante o período de armazenamento. PEREIRA et al. (2006) avaliando as características físico-químicas do tomate em pó, durante o armazenamento, embalado em sacos de polietileno de baixa densidade, por 60 dias a temperatura ambiente verificaram que a acidez não demonstrou diferenças significativas ao longo do período de armazenamento. ALEXANDRE et al.(2014) observaram comportamento de redução da acidez em pitangas em pó armazenadas durante 60 dias em condições ambientais.

4.8.3 - Atividade de água

Na Tabela 4.9 estão apresentados os valores médios da atividade de água (a_w) para a beterraba em pó analisadas durante 180 dias de armazenamento

Tabela 4.9 - Atividade de água para a beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Atividade de água
0	0,195 e
30	0,245 b
60	0,248 b
90	0,231 d
120	0,238 c
150	0,255 a
180	0,240 c

DMS = 0,004 MG = 0,23; CV% = 0,66

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Observa-se que houve pouca variação durante o armazenamento e que os valores registrados foram mantidos em níveis considerados ideais para conservação de alimentos ($a_w < 0,6$). Foi observado um valor médio de 0,236 que caracteriza a

beterraba em pó como um alimento com baixa atividade de água, não sendo propício para o crescimento microbiano que é o principal fator de deterioração de produtos alimentícios. Segundo CELESTINO (2010) a atividade de água é um dos fatores mais importantes para a indústria de alimentos, pois indica a quantidade de água disponível para o desenvolvimento de microrganismos e conseqüentemente a deterioração do alimento. LISBOA (2012) observou que as atividades de água do figo-da-índia em pó aumentaram de forma consistente ao longo do armazenamento nas temperaturas e umidades relativas testadas, diferentemente dos valores obtidos nesse trabalho que se mantiveram estáveis.

4.8.4 - Teor de água

Na Tabela 4.10 estão apresentados os valores médios do teor de água para a beterraba em pó analisados durante 180 dias de armazenamento.

Tabela 4. 10 - Teor de água da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Teor de água (%)
0	3,70 c
30	4,83 b
60	4,50 bc
90	7,96 a
120	6,93 a
150	4,60 bc
180	4,76 bc

DMS = 1,07; MG = 5,3 ; CV% = 7.25

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Verifica-se que do início aos 90 dias houve um aumento do teor de água e a partir dos 90 dias o teor de água foi diminuindo apresentando um teor de 4,76% no final do armazenamento. Possivelmente esse aumento do teor de água até os 90 dias tenha ocorrido por alteração da temperatura e umidade relativa no ambiente em que as amostras estavam armazenadas e também em razão da permeabilidade do vapor de água das embalagens. Os teores de água encontrados nesse trabalho são inferiores ao limite

de tolerância recomendado por BRASIL (2005) que considera o teor de água para a farinha de trigo no máximo 15%. Valores semelhantes a esse trabalho foram obtidos por FERREIRA (2010) que encontrou teores de água variando entre 4,25 e 8,78% em farinha de resíduo de beterraba com granulometria menor que 0,250 mm, acondicionada em embalagem de polietileno transparente no tempo inicial de armazenamento e na farinha embalada em saco de polietileno leitoso, após 75 dias de armazenamento, respectivamente.

4.8.5 - Sólidos totais

Na Tabela 4.11 estão apresentados os valores médios dos sólidos totais para a beterraba em pó analisados durante 180 dias de armazenamento.

Tabela 4.11 - Sólidos totais da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Sólidos totais (%)
0	96,30 a
30	95,16 b
60	95,50 ab
90	92,03 c
120	93,06 c
150	95,40 ab
180	95,23 ab

DMS = 1,07; MG = 94,67; CV% = 0.41

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Para os sólidos totais observa-se que durante o armazenamento, houve uma tendência de estabilidade, porém dos 90 aos 120 dias observa-se uma leve redução do teor de sólidos totais, provavelmente devido ao aumento do teor de água observado para esse mesmo período, dos 150 aos 180 dias observa-se um novo aumento dos valores, ao longo do armazenamento foi observado um valor médio de 94,67% de sólidos totais. SOUZA et al.(2015) verificaram como consequência do aumento do teor de água uma redução nos sólidos totais pesquisando a caracterização da atemóia em pó.

4.8.6 - Açúcares redutores

Na Figura 4.12 estão apresentados os valores médios do teor de açúcares redutores para a beterraba em pó analisados durante 180 dias de armazenamento.

Tabela 4.12 - Açúcares redutores da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Açúcares redutores (% glicose)
0	41,78 c
30	51,63 a
60	49,64 a
90	45,41 b
120	40,25 c
150	46,91 b
180	45,46 b

DMS = 2,40; MG = 45,87; CV% = 1,88

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Observa-se que ocorreu uma oscilação dos açúcares redutores ao longo do armazenamento, aos 30 dias, observa-se um aumento, dos 60 aos 120 dias ocorreu redução e dos 120 dias aos 150 verifica-se um aumento. FERREIRA (2010) verificou para a farinha do resíduo de beterraba armazenada por 90 dias que os açúcares mantiveram-se estáveis até o 15º dia de armazenamento, após esse dia houve uma redução no teor deste nutriente, seguida por um aumento a partir do 75º dia de armazenamento. LISBOA et al. (2012) estudando o armazenamento do figo-da-india em pó a 25 e 40 °C durante 100 dias observaram uma tendência de redução dos açúcares redutores com o tempo de armazenamento. PEREIRA et al. (2006), verificaram que durante o armazenamento do tomate em pó os teores de açúcares redutores reduziram entre os dez e vinte dias, estabilizando-se nos dias seguintes e que segundo os autores essa redução pode ter sido causada pelo aumento do teor de água nas amostras estudadas. Esse comportamento também foi verificado nesse trabalho aos 120 dias ocorreu uma redução de açúcares, mesmo período que ocorreu um aumento do teor de água.

4.8.7 - Açúcares totais

Na Tabela 4.13 estão apresentados os valores médios do teor de açúcares totais para a beterraba em pó analisados durante os 180 dias de armazenamento..

Tabela 4.13 - Açúcares totais da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Açúcares totais (% glicose)
0	86,75 a
30	84,26 a
60	82,51 a
90	85,39 a
120	86,71a
150	87,84a
180	85,03a

DMS = 7,70; MG = 85,49; CV% = 3,23

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Observa-se que amostras mantiveram-se estáveis durante os 180 dias de armazenamento, e que estatisticamente não houve diferença significativa. COSTA (2012) estudando o armazenamento do pó de maracujá orgânico, obtido por secagem por atomização, observou pequenas oscilações dos teores de açúcares totais, apresentando nos últimos dias de armazenamento valores médios de 36,93%, segundo este autor o fato do produto está na forma desidratada como também a adição de maltodextrina podem explicar os elevados valores determinados. MOURA (2010) avaliando o armazenamento da acerola em pó obtida por secagem por atomização observou uma redução no teor de açúcares totais ao longo de 270 dias de armazenamento, sendo que a partir dos 225 dias apresentou tendência de estabilização.

4.8.8 - Açúcares não redutores

Na Tabela 4.14 estão apresentados os valores médios do teor de açúcares não redutores para a beterraba em pó analisados durante os 180 dias de armazenamento.

Tabela 4.14 - Açúcares não redutores da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Açúcares não redutores (% sacarose)
0	44,96 a
30	32,63 b
60	32,85 b
90	39,97 ab
120	46,45 a
150	40,92 ab
180	39,58 ab

DMs = 8,74; MG = 39,62; CV% = 7,92

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Verifica-se que houve uma redução aos 30 dias de armazenamento em relação ao início apresentando tendência a estabilidade até o final do armazenamento. ALEXANDRE et al.(2014) avaliando os açúcares da pitanga em pó acondicionados em embalagem multifolhada durante o armazenamento observaram que os açúcares não redutores se mantiveram praticamente inalterados ao longo do armazenamento com valores estatisticamente iguais do tempo zero (21,65%) até os de 60 dias de armazenamento (21,60%).

4.8.9 - Ácido ascórbico

Na Tabela 4.15 estão apresentados os valores médios do teor de ácido ascórbico para a beterraba em pó analisados durante 180 dias de armazenamento.

Tabela 4.15 - Ácido ascórbico da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Ácido ascórbico (mg/100 g)
0	8,99 a
30	8,81 a
60	7,92 ab
90	6,83 bc
120	6,73 bc
150	6,74 bc
180	5,94 c

DMS = 1,95; MG = 7,42; CV% = 9,43

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Os teores de ácido ascórbico apresentaram tendência de redução durante o período de 180 dias. A amostra apresentou um valor inicial de 8,99 mg / 100 g de ácido ascórbico mantendo até aos 60 dias. Aos 60 dias ocorre a primeira redução, porém a amostra não apresenta diferença estatística em relação ao tempo inicial e aos 30 dias e armazenamento, dos 90 até os 150 dias de armazenamento ocorreu uma estabilidade do teor de ácido ascórbico, porém, aos 180 dias, ocorreu uma nova redução registrando um valor de 5,94 mg/ 100 g. Esse comportamento de redução ao longo do armazenamento, deve-se ao fato do ácido ascórbico ser um dos compostos que se degradam com maior facilidade e os fatores que influenciam essa degradação é a ação da luz, temperatura e umidade relativa e oxigênio.

ARLINDO et al. (2007) observaram reduções no teor de ácido ascórbico para pimentão em pó durante o período de 100 dias de armazenamento, com diferença significativa entre todos os tempos com valores entre 334,48 mg/ 100 g no início e 163,43 mg/100g no final do armazenamento. ALEXANDRE et al. (2014) avaliando o ácido ascórbico da pitanga em pó durante 60 dias de armazenamento observaram que o

teor de ácido ascórbico sofreu redução contínua e progressiva do início ao final do armazenamento. GOMES et al. (2004) estudando o armazenamento da acerola em pó, observaram que o teor de ácido ascórbico diminuiu com o aumento do tempo de armazenamento, atingindo um percentual de redução de 29,72% no final (60 dias) em relação ao início. OLIVEIRA et al. (2015) observaram redução do ácido ascórbico no mandacaru em pó armazenado em embalagens flexíveis laminadas durante 50 dias de armazenamento. SILVA et al. (2005) pesquisando sobre o armazenamento do umbu-cajá em pó em dois tipos de embalagens (laminadas e polietileno) observaram que em ambas as embalagens ocorreu reduções acentuadas entre o tempo zero e os 10 dias iniciais do armazenamento, totalizando diminuições de 25,5% na embalagem laminada e 25,9% na embalagem de polietileno. A partir de dez dias, os teores se mantiveram praticamente estáveis até o final do armazenamento mantendo médias semelhantes ao longo do tempo nos dois tipos de embalagem, perfazendo 91,6 mg/ 100 g na embalagem laminada e 90,6 mg/ 100 g na embalagem de polietileno.

4.8.10 - Luminosidade (L*)

Na Tabela 4.16 estão apresentados os valores médios da luminosidade para a beterraba em pó analisados durante 180 dias de armazenamento.

Tabela 4.16 - Luminosidade da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Luminosidade (L*)
0	41,64 a
30	38,84 b
60	35,46 c
90	38,87 b
120	39,11 b
150	39,35 b
180	38,84 b

DMS = 0,53; MG = 38,87; CV% = 0,49

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Verifica-se que ocorreram oscilações da luminosidade durante o armazenamento, porém, a partir dos 30 dias de armazenamento, nota-se uma tendência de redução, confirmando o escurecimento da amostra, a partir dos 90 dias observa-se uma estabilidade até o final do armazenamento. ALEXANDRE et al. (2014), analisando os parâmetros de cor de pitanga em pó acondicionada em embalagem multifoliada, durante um período de 60 dias de armazenamento em condições ambientais com umidade relativa média de 75% observaram uma redução da luminosidade ao longo do armazenamento. SOUSA et al. (2008) obtiveram altos valores para a luminosidade de polpa de tomate em pó obtido por secagem por atomização. PEREIRA et al. (2006) avaliaram o comportamento de tomate em pó embalado em sacos de polietileno de baixa densidade durante 60 dias de armazenamento a temperatura ambiente observando entre todos os tempos decréscimos na luminosidade.

4.8.11 - Intensidade de vermelho (+a*)

Na Tabela 4.17 estão apresentados os valores médios da intensidade de vermelho (+a*) para a beterraba em pó analisados durante o armazenamento de 180 dias

Tabela 4.17 - Intensidade de vermelho da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Intensidade vermelho (+a*)
0	21,18 d
30	30,95 a
60	26,69 c
90	28,40 b
120	28,29 b
150	28,26 b
180	29,13 b

DMS =1,13; MG = 27,55; CV% = 1,48

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Verifica-se que houve um aumento da intensidade de vermelho no decorrer dos dias de armazenamento, aos 30 dias ocorreu um aumento significativo, porém aos 60 dias houve uma redução da intensidade de vermelho, dos 90 aos 180 dias permaneceu estável. Contrariamente VITTI et al. (2003) verificaram que houve redução na coloração característica do produto durante o armazenamento, concluindo que houve perda de coloração vermelha típica da beterraba. FERREIRA (2010) obteve resultados semelhantes para a farinha de beterraba durante o armazenamento por 90 dias acondicionados em embalagens diferentes, verificando que a secagem foi eficiente para manter a estabilidade da cor.

4.8.12 - Intensidade de azul (-b*) e de amarelo (+b*)

Na Tabela 4.18 estão apresentados os valores médios do parâmetro de cor b* para a beterraba em pó analisados durante o armazenamento de 180 dias

Tabela 4.18 – Parâmetro de cor b* da beterraba em pó durante 180 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Parametro (b*)
0	-1,006 d
30	-0,130 c
60	-0,270 c
90	0,363 b
120	0,706 a
150	0,533 ab
180	0,303 b

DMS =0,26; MG = 0,47; CV% = 20,15

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Observa-se que houve um aumento do parâmetro b* na direção do amarelo para o pó de beterraba, porém, dos 120 aos 180 dias verifica-se que ocorreu uma tendência de redução da intensidade de amarelo. COSTA (2015) observou um aumento do parametro *b ao longo de 45 dias de armazenamento de farinha de resíduo de beterraba. PEREIRA et al. (2006) avaliando as características físico-químicas do tomate em pó

durante o armazenamento, verificaram que não ocorreu diferença significativa entre os valores médios da intensidade de amarelo (+b*) do tomate em pó entre os três primeiros tempos e entre os quatro últimos tempos de armazenamento, porém constataram uma redução da intensidade de amarelo (+b*) de 9,81% no final (60 dias) do armazenamento com relação ao início (0 dia). FIGUEIRÊDO et al. (2005) estudando a alteração da cor da acerola em pó, produzida por secagem por atomização na umidade relativa de 52,89% a 15 °C, observaram um aumento de 13% para o parâmetro b* entre zero e trinta dias de armazenamento. Provavelmente essas alterações do parâmetro b* para amostras estudadas ocorreram devido o escurecimento causado pela degradação dos pigmentos.

4.9 - Compostos bioativos da beterraba em pó durante o armazenamento

Foi analisado o comportamento dos compostos bioativos da beterraba em pó obtido através da secagem por atomização na temperatura de 80 °C e vazão de 5 mL/min, as análises foram feitas a cada 30 dias por um período de armazenamento de 90 dias a armazenamento sob condições ambientais de temperatura e umidade relativa.

4.9.1 - Betacianinas

Na Tabela 4.19 estão apresentados os valores médios das betacianinas para a beterraba em pó, analisados durante 90 dias de armazenamento.

Tabela 4.19 - Betacianinas da beterraba em pó durante 90 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Betacianinas (mg/ 100 g)
0	116,46 a
30	63,12 b
60	57,03 bc
90	50,84 c

DMS = 6,64; MG = 71,86 ; CV% = 3,53

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Verifica-se que ocorreu uma diminuição acentuada do pigmento durante os 90 dias de armazenamento. A amostra apresentou um teor inicial de 116,45 mg/100 g e aos 90 dias de armazenamento um teor de 50,84 mg/100 g representando uma redução de 43,66% do pigmento em relação o início do armazenamento. AZEREDO et al. (2007) observaram uma degradação de 57% de betacianinas para o extrato de beterrabas microencapsulados em secador por atomização a 120 °C armazenadas por 6 meses em frascos translúcidos, e uma degradação de 30% em extrato de beterraba armazenada em frascos escuros. Essa redução das betacianinas ao longo do armazenamento deve-se ao fato das betacianinas serem pigmentos sensíveis a intensidade luminosa, a presença de oxigênio e a altas temperaturas.

4.9.2 - Betaxantinas

Na Tabela 4.20 estão apresentados os valores médios das betaxantinas, para a beterraba em pó, analisados durante 90 dias de armazenamento.

Tabela 4.20 - Betaxantinas da beterraba em pó durante 90 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Betaxantinas (mg/ 100 g)
0	146,13 a
30	127,80 b
60	95,95 c
90	76,38 d

DMS = 4,65; MG = 111,56; CV% = 1,60;

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Verifica-se também que houve um decréscimo no teor das betaxantinas durante o armazenamento de 90 dias. A amostra apresentou um teor inicial de 146,13 mg/ 100 g, e aos 90 dias término do armazenamento, um teor de 76,38 mg/ 100 g representando uma redução de 52,27% do pigmento. As betaxantinas são facilmente degradadas pela ação da luz, presença de oxigênio, temperatura e umidade, provavelmente esses fatores foram responsáveis por essa redução ao longo do armazenamento. VITTI et al. (2004) observaram uma perda gradual de pigmentos de betaxantinas e betacianinas durante 10 dias armazenamento de beterrabas minimamente processadas e submetidas a tratamento

de sanitização, o teor de betaxantinas foi maior durante o armazenamento para beterrabas sem sanitização só pré-lavadas.

4.9.3 - Betalainas totais

Na Tabela 4.21 estão apresentados os valores médios das betalaínas totais para a beterraba em pó, analisados durante 90 dias de armazenamento. Como já era esperado devido aos resultados obtidos para as betacianinas e betaxantinas ocorreu uma diminuição nos teores da betalainas totais, ao longo dos 90 dias de armazenamento, uma vez que as betalainas totais é a soma das betacianinas e betaxantinas. A amostra apresentou um teor inicial de 262,59 mg/ 100 g e aos 90 dias um teor de 127,24 mg/ 100 g, representando uma redução de 48,45% das betalaínas em relação o início. A estabilidade da betalaína é fortemente influenciada pela presença de luz, oxigênio, atividade da água, variação de pH e temperatura, provavelmente esses fatores foram responsáveis pela redução desse pigmento ao longo do armazenamento.

Tabela 4.21 - Betalainas totais da beterraba em pó durante 90 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Betalainas totais (mg/ 100 g)
0	262,59 a
30	190,59 b
60	152,99 c
90	127,24 d

DMS=10,35; MG = 183,35; CV% = 2,16

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

FERREIRA (2010) estudando a concentração de betalaínas da farinha de resíduo de beterraba, obtidas em estufa com circulação de ar forçada, durante 90 dias de armazenamento a temperatura ambiente em dois tipos de embalagem de polietileno de baixa densidade, transparente e leitosa, observou que não houve redução significativa na concentração de betacianinas e betaxantinas diferentemente do encontrado nesse trabalho. Provavelmente as condições de armazenagem e a embalagem foram fatores que contribuíram para essa divergência. COSTA (2015) observou uma redução dos teores da betalaínas para o resíduo de beterraba durante 45 dias de armazenamento.

Apesar da redução do teor das betalainas totais (betacianinas + betaxantinas) ter sido significativa o valor médio obtido no final do armazenamento permanece entre os parâmetros descritos por NILSON (1973).

4.9.4 - Flavonoides

Na Tabela 4.22 estão apresentados os valores médios dos flavonoides da beterraba em pó analisados durante 90 dias de armazenamento.

Tabela 4.22 - Flavonoides da beterraba em pó durante 90 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Flavonoides (mg/ 100 g)
0	81,49 a
30	33,97 b
60	25,70 d
90	27,13 c

DMS = 0,38; MG = 42,07; CV% = 0,35

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Pode-se verificar que houve uma redução bastante acentuada em relação ao início do armazenamento. A amostra apresentou um teor inicial de flavonoides de 81,49 mg/ 100 g e aos 90 dias de 27,13 mg/ 100 g. Verifica-se que houve uma redução de 33,29% dos flavonoides quando compara-se o teor inicial com o teor no final de armazenamento. Essa redução dos flavonoides ao longo do armazenamento deve-se a influência da luz, presença de oxigênio, temperatura e umidade, uma vez que, são fatores que degradam esse composto bioativo.

MOSER (2016) estudando o suco de uva em pó obtido por secagem por atomização observou que os flavonoides após 150 dias de armazenamento apresentaram perdas significativas de flavonoides para o tratamento utilizando misturas de proteína isolada de soja e maltodextrina. COSTA (2012) verificou oscilações dos teores de flavonoides durante o período de armazenamento do pó de maracujá orgânico, armazenados por 360 dias, ao final do armazenamento o teor de flavonoides foi de 16,1 mg/100 g do pó de maracujá. CARNEIRO (2011) pesquisando a estabilidade de açaí em

pó orgânico, observou que ocorreu um aumento dos teores de flavonoides ao longo dos 270 dias de armazenamento, os valores aumentaram durante o armazenamento de 21,04 mg/100g para 34,35 mg/100g, comportamento divergente ao encontrado nesse trabalho.

4.9.5 - Antocianinas

Na Tabela 4.23 estão apresentados os valores médios das antocianinas, para a beterraba em pó analisados durante 90 dias de armazenamento.

Tabela 4.23 - Antocianinas da beterraba em pó durante 90 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Antocianinas (mg/ 100 g)
0	45,98 a
30	25,98 b
60	14,11 c
90	14,50 c

DMS = 0,52; MG = 25,14; CV% = 0,80

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se que ocorreu um decréscimo durante o armazenamento, porém entre os 60 dias e 90 dias os teores permaneceram constantes. O teor inicial encontrado foi de 45,98 mg/ 100 g e aos 90 dias um teor de 14,50 mg/ 100 g. Entre o início e o final do armazenamento houve uma redução de 33,29% para o teor de antocianinas. Segundo GIMENEZ et al. (2001) durante a estocagem ocorre a deterioração das antocianinas e de acordo com SCHIOZER (2007) as antocianinas são moléculas bastante instáveis. A estabilidade da sua cor é afetada fortemente pelo pH, solventes, temperatura, concentração e estrutura das antocianinas, bem como pela presença de oxigênio, luz, enzimas e outras substâncias contidas.

ERZUS e YUDARGEL (2007) pesquisando sobre a estabilidade de antocianinas em cenouras, microencapsuladas por atomização em diferentes condições de temperatura, observaram que o teor de antocianinas dos pós, foi reduzido em 33% no final do período de 64 dias de armazenamento a 25 °C, resultado semelhante ao obtido nesse trabalho. SILVA et al. (2010) avaliando a estabilidade das antocianinas das cascas

de jaboticaba obtidas pela secagem por atomização, verificaram que ao longo do período de armazenamento, os teores antociânicos nos corantes de jaboticaba armazenados sob incidência de luz a 25°C apresentaram decréscimos entre as amostras em função do tempo de armazenamento. MOURA (2010) observou redução das antocianinas ao longo de 270 dias de armazenamento em acerolas em pó atomizadas.

4.9.6 - Clorofilas totais

Na Tabela 4.24 estão apresentados os valores médios das clorofilas totais para a beterraba em pó, analisados durante 90 dias de armazenamento.

Tabela 4.24 - Clorofilas totais da beterraba em pó durante 90 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Clorofilas totais (mg/ 100 g)
0	1,535 a
30	1,370 b
60	1,048 c
90	0,956 c

DMS = 0,10; MG = 1,22; CV% = 3,36

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Observa-se que os teores de clorofilas reduziram durante o período de armazenamento. O teor inicial foi de 1,53 mg/ 100 g e aos 90 dias um teor de 0,95 mg/100 g. Ocorreu uma redução de 62,09% do teor de clorofilas entre o tempo inicial e o final do armazenamento. De acordo com VOLP et al. (2009) as clorofilas são muito sensíveis à luz, aquecimento, oxigênio e a degradação química, podendo ser alterados ou destruídos facilmente. MOURA (2010) também verificou uma redução de clorofilas, para acerola verde em pó, armazenada durante 360 dias, as amostras apresentaram uma redução de 5,37% do teor de clorofilas. Resultados diferentes foram encontrados por CARNEIRO (2011) pesquisando a estabilidade de açaí em pó orgânico durante 270 dias de armazenamento a temperatura ambiente, observou-se que os teores de clorofila praticamente mantiveram-se estáveis durante o período de armazenamento. ARLINDO et al. (2007) estudando o armazenamento do pimentão em pó, durante 100 dias,

observaram que não houve alteração significativa nos teores de clorofila ao longo do armazenamento.

4.9.7 - Carotenoides

Na Tabela 4.25 estão apresentados os valores médios dos carotenoides para a beterraba em pó, analisados durante 90 dias de armazenamento.

Tabela 4.25 - Carotenoides da beterraba em pó durante 90 dias de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Carotenoides (mg/ 100 g)
0	1,489 a
30	0,999 b
60	0,874 c
90	0,608 d

DMS = 0,01 ;MG = 0,99; CV% = 0,49

Obs: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade

Verifica-se para os carotenoides que houve um decréscimo do teor ao longo do período de armazenamento de 1,489 mg/100 g no início do armazenamento a 0,608 mg/ 100 g aos 90 dias de armazenamento, havendo uma redução de 40,9% do teor de carotenóides. Foi verificado comportamento semelhantes a esse trabalho por COSTA (2012) que observou uma redução no teor de carotenoides em maracuja em pó atomizado, durante 360 dias armazenamento. De acordo com POLICARPO (2007) os carotenoides, quando passam por métodos de processamento, se tornam mais vulneráveis durante o armazenamento às alterações provocadas pelo calor, luz, concentração de oxigênio, sofrendo auto-oxidação e originando compostos que escurecem o produto.

De forma geral houve um decréscimo para todos compostos bioativos analisados nesse trabalho, durante os 90 dias de armazenamento. Provavelmente as condições de armazenagem como temperatura, umidade relativa, intensidade luminosa e a embalagem utilizada foram fatores que contribuíram para esse decréscimo dos compostos bioativos.

4.10 - Isotermas de adsorção de água da beterraba em pó

Na Tabela 4.26 têm-se os parâmetros dos modelos de GAB, Oswin e Peleg os, coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P) dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água das amostras de beterraba em pó, para as temperaturas de 20, 30 e 40°C.

Tabela 4.26 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2), desvios percentuais médios dos modelos ajustados aos dados das isotermas de adsorção de beterraba em pó

Modelo	Temperatura	Parâmetros				R^2 (%)	P(%)
	(°C)	X_m	C	K			
GAB	20	8,1394	23,9679	0,9871	99,40	6,15	
	30	8,4239	82,2848	0,9932	99,92	2,65	
	40	10,910	1,9272	0,9692	99,07	12,82	
Modelo	Temperatura	Parâmetros		R^2 (%)	P(%)		
	(°C)	a	b				
Oswin	20	13,967	0,747	99,22	7,43		
	30	14,548	0,767	99,65	6,97		
	40	13,895	0,795	97,94	12,03		
Modelo	Temperatura	Parâmetros				R^2 (%)	P(%)
	(°C)	k_1	n_1	k_2	n_2		
Peleg	20	37,343	1,170	159,791	13,094	99,49	3,42
	30	31,136	0,844	149,457	10,221	99,98	1,12
	40	17,881	0,443	139,897	7,474	99,89	6,62

Observa-se que os três modelos testados se ajustaram bem aos dados experimentais, porém, o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o modelo de Peleg, apresentando os maiores coeficientes de determinação ($R^2 > 0,99$) e menores desvios percentuais médios ($P < 7\%$), visto que, quanto maior o R^2 e menor o P, maior é precisão do modelo e melhor é o ajuste aos dados experimentais. MELO (2012) verificou para as isotermas de adsorção do pó de atemóia, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C, para o modelo de Peleg, um coeficiente de determinação ($R^2 > 0,99$) e um ($P < 9\%$) para o pó coletado na câmara e ($R^2 > 0,99$) e ($P < 5\%$) para o pó coletado no ciclone. SILVA et al. (2015) ao determinarem as isotermas de adsorção de umidade do umbu-cajá em pó nas temperaturas de 25, 30 e 35°C observaram que o modelo de Peleg apresentou os maiores coeficientes de determinação ($R^2 > 0,90$) e os menores desvios percentuais médios ($P < 12\%$). Observa-se para o modelo de Peleg que os parâmetros k_1 e n_1 , k_2 e n_2 diminuíram com o aumento da temperatura.

O modelo de GAB apresentou um coeficiente de determinação $R^2 > 0,99$ e um desvio percentual médio $P < 13\%$. Observa-se para o modelo de GAB que o parâmetro X_m cresceu com o aumento da temperatura variando de 8,13 a 10,9. MOREIRA et al. (2013) estudando as isotermas de adsorção em pó da manga liofilizada nas temperaturas 20, 30 e 35°C observaram esse mesmo comportamento, segundo o autor esse crescimento da umidade na monocamada com aumento da temperatura não é comum a todos os alimentos; e de acordo com FERREIRA et al. (2003) esse comportamento pode ser explicado em razão de que o aumento da temperatura pode provocar modificações na estrutura física do produto, aumentando a solubilidade de solutos presentes, retendo mais moléculas de água na monocamada. RIBEIRO (2016) estudando as isotermas de acerola em pó também observou um incremento nos valores da monocamada com o aumento da temperatura. Para o parâmetro K os valores encontrados para as três temperaturas estudadas foram próximos de 1 apresentando valores variando de 0,96 a 0,99. De acordo com SYAMALADEVI et al. (2009) o parâmetro k pode variar de 0,7 a 1. FEITOSA (2014) também observou comportamento semelhante para o parâmetro k. O parâmetro C não apresentou tendência definida em relação à temperatura. COSTA (2003) determinou a isoterma de adsorção para a beterraba em pó na temperatura de 25°C obtido pelo processo de secagem em leito de jorro e verificou que o modelo de GAB apresentou um R^2 de 0,99 e o valor da constante

de sorção C de 70,50, relativamente próxima a encontrada nesse trabalho na temperatura de 30°C que foi de 82,28.

O modelo de Oswin apresentou um coeficiente de determinação $R^2 > 0,97$ e um desvio percentual $P < 12,04\%$. Observa-se para o modelo de Oswin que o parâmetro b cresceu com o aumento da temperatura e variou de 0,74 a 0,79. De acordo com BLAHOVEC (2004) o modelo de Oswin deve apresentar $a > 0$ e $1 \geq b > 0$, portanto os parâmetros encontrados nesse trabalho estão dentro das faixas citadas. RIBEIRO (2016) estudando as isotermas do pó de acerola nas temperaturas 25,35 e 45°C observou um coeficiente de determinação $R^2 > 0,964$ e desvio percentual de $P < 19,59\%$ para o modelo de Oswin e também observou que o parâmetro b apresentou comportamento indefinido para a temperatura. SANTOS (2014) estudando as isotermas da goiaba em pó, obtida por secagem por atomização, nas temperaturas 25, 30, 35 e 40°C, verificou que o parâmetro b do modelo de Oswin, cresceu com o aumento da temperatura, conforme encontrado nesse trabalho.

No apêndice A (Figuras A1 e A2) são apresentadas as isotermas de adsorção da beterraba em pó, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas aos modelos de Oswin e GAB.

Na Figura 4.23 são apresentadas as isotermas de adsorção da beterraba em pó, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, com o modelo de Peleg ajustado aos dados experimentais. Observa-se que em todas as temperaturas, com o aumento do teor de umidade de equilíbrio, ocorreu o aumento da atividade de água, confirmando a influência do ambiente sobre a umidade das amostras.

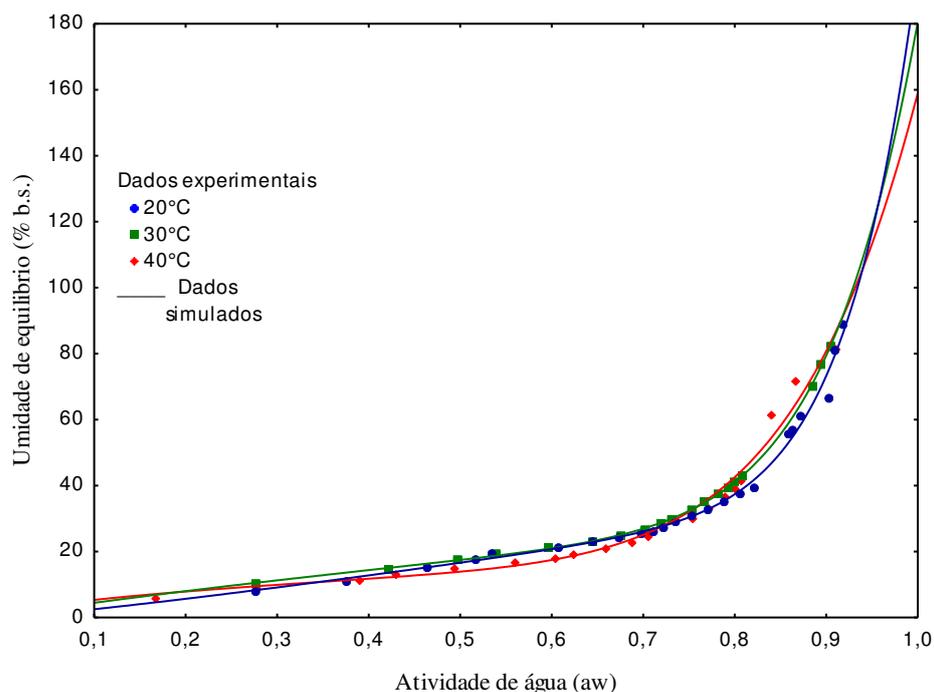


Figura 4.23 - Isotermas de adsorção de água da beterraba em pó ajustadas pelo modelo de Peleg

Vários autores observaram o mesmo comportamento das isotermas de adsorção de água em seus trabalhos: FEITOSA (2014) estudando as isotermas de adsorção de murta em pó a 25°C; MELO (2012) pesquisando as isotermas de atemóia em pó nas temperaturas de 20, 30 e 40°C; GALDINO (2010) avaliando as isotermas de adsorção de figo-da-india a 25°C; RIBEIRO et al. (2016) estudando o comportamento higroscópico do pó da polpa de acerola liofilizada nas temperaturas de 25, 35 e 45°C.

As isotermas de adsorção para a beterraba em pó encontradas nesse trabalho tiveram comportamento do tipo exponencial, observa-se na Figura 4.23 que as curvas obtidas foram do tipo III (formato de J). Segundo BLAHOVEC e YANNIOTS (2009) as isotermas do tipo III são muito raras e são típicas nos produtos em que o teor de água cresce com aumento da atividade de água, essa é uma característica de produtos que possuem sólidos solúveis em água, como por exemplo, os açúcares. HÉRBRARD et al. (2003) de acordo com a classificação da IUPAC também afirmaram que as isotermas são característica de alimentos com alto teor de açúcar. Essa classificação se adequa perfeitamente ao produto estudado nesse trabalho, uma vez que, a beterraba é rica em açúcares.

5 - CONCLUSÕES

- As betalaínas foram os pigmentos que predominaram na polpa de beterraba e os compostos fenólicos foram os compostos bioativos que apresentaram maiores teores.
- O planejamento experimental para as respostas avaliadas (compostos fenólicos e atividade de água) não foi estatisticamente significativo, nem preditivo.
- A concentração de 5% de maltodextrina resultou em uma boa produção de pó e o produto manteve sua cor próxima ao produto in natura.
- A beterraba em pó apresentou elevada solubilidade e porosidade e, além disso, se mostrou como não higroscópica.
- Ocorreu um aumento do teor de água, dos açúcares redutores, da intensidade de vermelho a^* e do parametro de cor b^* na direção do amarelo e redução do ácido ascórbico e da luminosidade e tendência de estabilidade da acidez, sólidos totais, açúcares totais e da atividade de água durante os 180 dias de armazenamento.
- Os compostos bioativos analisados decresceram durante os 90 dias de armazenamento, provavelmente as condições de armazenagem como temperatura, intensidade luminosa e a embalagem foram fatores que contribuíram para esse comportamento dos compostos bioativos.
- As isotermas de adsorção para a beterraba em pó tiveram comportamento do tipo exponencial e foram classificadas como tipo III e o modelo que melhor ajustou os dados experimentais foi o de Peleg, apresentando coeficiente de determinação ($R^2 > 0,99$) e desvios percentuais médios ($P < 7\%$).
- O processo de secagem por atomização utilizado nesse trabalho foi adequado para a obtenção da beterraba em pó.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALBUQUERQUE, J. R. T.; FORMIGA, A. S. F.; ROCHA, T. C. ; COSTA, F. B.; GONDIN, A. R. O. Qualidade pós-colheita de beterraba submetida à adubação com biofertilizante fermentado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v.10, n.3, p.41-46, 2015.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. A. Armazenamento de pitanga em pó. **Comunicata Scientiae**. v. 5, n. 1, p. 83-91, 2014.

ANDRADE, E. C. B.; TEODORO, A. J.; TAKASE, I. Determinação dos teores de zinco em diferentes extratos de hortaliças dos tipos A e B. *Ciênc. Tecnol. Alim., Campinas*, v. 25, p. 265-270, 2005.

ANSELMO, G. C. S.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; ARRUDA, P. C.; SOUSA, M. C. Determinação da higroscopicidade do cajá em pó por meio da secagem por atomização. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p. 58-65, 2006.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, 2007.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**, Williams, S. (Ed) 14. Ed. Arlington, 1997.1141p.

ARAÚJO FILHO, D. G.; EDAIN, T.; BORSATO, A.V.; RAUPP, D. S . Processamento de produto farináceo a partir de beterrabas submetidas à secagem estacionária. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 207-214, 2011.

ARBOS, A.; FREITAS, R. J. S.; STERTZ, S. C.; DORNAS, M. F. Atividade antioxidante e teor de fenólicos totais em hortaliças orgânicas e convencionais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. v.30, n.2, p. 501- 505, 2010.

ARLINDO, D. M.; QUEIROZ, A. J. M ; FIGUEIREDO, R. M. F. Armazenamento de pimentão em pó em embalagem de polietileno. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v.9 , n.2,p.111-118, 2007.

SILVA, F.A.S. ASSISTAT: Versão 7.7 beta. DEAG-CTRN-UFCG – Atualizado em 01 de Março de 2016. Disponível em< <http://www.assistat.com/>> . Acessado em: 10 de Abril de 2016.

ATTIA, G. Y.; MOUSSA, M. E. M.; SHEASHEA, E. R. Characterization of Red Pigments extracted from red beet (*Beta vulgaris*, L.) and its potential uses as antioxidant and natural food colorants. **Food Technology Research Institute**, ARC, Giza, Egypt, 2013.

AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. 2. Ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 195 p.

AZEREDO, H. M. C. Betalains: properties, sources, applications, and stability – A review. **International Journal of Food Science and Technology**, v.44, p.2365-2376, 2009.

AZEREDO, H. M. C.; SANTOS, A. N. ; SOUZA, C. R.; MENDES, K. C. B.; ANDRADE, M. I. R. Betacyanin Stability During processing and storage of a microencapsulated red beetroot extract. **American Journal of Food Technology**. v.2, n.4, p. 307-312, 2007.

BARROS, E. C. M.; COSTA, G. N.S.; RIBEIRO, L. O.; MENDES, F. M.; PEREIRA, C. S. S. Efeitos da pasteurização sobre características físico-químicas, microbiológicas e teor de antocianina da polpa de juçai, (*Euterpe edulis Martius*). **Revista Teccen**, Jan/Jun, 2015.

BASSETO, R. Z.; SAMULAK, R.; MISUGI, C.; BARANA, A.; ROSSO, N. Produção de biscoitos com resíduo do processamento de beterraba (*Beta vulgaris L.*) **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentavel**, v.8, n.1, p.139-145, 2013.

BAZARIA, B.; KUMAR, P. Effect of whey protein concentrate as drying aid and drying parameters on physicochemical and functional properties of spray dried beetroot juice concentrate. **Food Bioscience**, v. 14, p. 21-27, 2015.

BEHLING, E.B. SENDÃO, M. C.; FRANCESCATO, H. D. C. ; ANTUNES , L. M. G.;BIANCHI, M.L.P. Flavonóide quercetina: aspectos gerais e ações biológicas. **Alimentos e Nutrição**. v. 15, n. 3, p. 285-292, 2004.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 31, n. 4, p. 507–503, 1998.

BEZERRA, T. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A.; MAIA, A. 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.

BLAHOVEC, J.; YANNIOTS, S. Modified classification of sorption isotherms. **Journal of Food Engineering**. v. 91, n.1,p. 72-77, 2009.

BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journaul of Food Engineering**.v.65,n.4, p. 489-495,2004.

BORGES, L. L; LUCIO, T. C.; GIL, E. S.; BARBOSA, E. F. Uma abordagem sobre metodos analiticos para determinacao da atividade antioxidante em produtos naturais. **Enciclopedia Biosfera**, Centro Cientifico Conhecer - Goiania, v.7, n.12, 2011.

BORGES, S. V.; REIS,A.L.S.H.; JORGE, E. C.; PINTO, P. R.; OLIVEIRA, V.M. Jugo de frutas tropicales deshidratados por spray drying. **Alimentaria**, v. 334, p. 125-130, 2002.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v.28, p.25-30. 1995.

BRASIL. Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 8, 03 jun. 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília.

CAI, Y. Z.; SUN, M.; CORKE, H. Characterization and application of betalain pigments from plants of the *Amaranthaceae*. **Trends Food Science Technology**, n.16, p.370-376, 2005.

CAI, Y.; SUN, M.; CORKE, H. Antioxidant Activity of Betalains from Plants of the *Amaranthaceae*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 8, p. 2288-2294, 2003.

CAMPOS, F, M.; MARTINO, H.S.D.; SABARENSE, C.M.; SANT'ANA, H. M.P. Estabilidade de compostos antioxidantes em hortaliças processadas: uma revisão. Alimentos e Nutrição. **Brazilian Journal of food and Nutrition**. Araraquara v.19, n.4, p. 481-490, 2008.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Oxford, v. 5, n. 4, p. 420-428, 2005.

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

CARNEIRO, A. P. G. Estudo da estabilidade do pó de açaí orgânico 2011.105f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

CELESTINO, S. M. C. Princípios de secagem. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010.

CÉSAR, J.; PAOLI, M. A.; ANDRADE, J. C.; A determinação da densidade de sólidos e líquidos. **Chemkyes**, Univesidade Estadual de Campinas, instituto de quimica, 2004.

CHEN, Z.; BERTIN, R.; FROLDI, G. EC50 estimation of antioxidant activity in DPPH assay using several statistical programs. *Food Chemistry*, v. 138, n. 1, p. 414-420, 2013.

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

CONSTANT, P. B. L.; STRINGHETA, P. C.; SANDI, D. Corantes alimentícios. **B. CEEPA**, v.20, n.2, p.203-220, 2002.

COSTA, A. P. D. **Aproveitamento de resíduos de cenoura e beterraba da indústria de minimamente processados para elaboração de ingredientes funcionais.** Dissertação (mestrado) Porto Alegre, 2015. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

COSTA, L. M.; RESENDE, O.; OLIVEIRA, D.E. C.; Isotermas de dessorção e calor isostérico dos frutos de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.4, p.412–418, Campina Grande, PB, 2013.

COSTA, J. N. Estudo da estabilidade de maracujá (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener) em pó, proveniente de cultivo orgânico. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de alimentos). Fortaleza, 2012. Universidade Federal do Ceará.

COSTA, T.S.; WONDRACEK, D.C.; LOPES, R.M.; VIEIRA, R.F.; FERREIRA, F.R. Composição de carotenoides em canistel (*Pouteria campechiana* (Kunth) Baehni) **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 903-6, 2010.

COSTA, J. M.; MEDEIROS, M. F. D. ; MATA, A. L. M. L. Isotermas de adsorção de pós de beterraba (*Beta vulgaris* L.), abóbora (*Cucurbita moschata*) e cenoura (*Daucus carota*) obtidos pelo processo de secagem em leito de jorro: estudo comparativo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 34, n.1, 2003.

COUTO, M, A, L; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 30(Supl.1): 15-19, maio 2010.

DENG, J.; CHENG, W.; YANG, G. A novel antioxidant activity index (AAU) for natural products using the DPPH assay. **Food Chemistry**, v. 125, n. 4, p. 1430-1435, 2011.

DIAS, M. A.; AQUINO, L. A.; DIAS, C. F. S.; ALVARENGA, E. M. Qualidade fisiológica de Sementes de Beterraba (*Beta vulgaris* L.) sob condicionamento osmótico e tratamentos fungicidas **Revista Brasileira de Sementes** , Londrina, v. 31, n. 2, de 2009.

DOYMAZ, I.; PALA, M. The thin-layer characteristics of corn. **Journal of Food Engineering**, v. 60, p. 125-130, 2007.

EASTMAN, J. E.; MOORE, C. O. Cold Water Soluble Granular Starch for Gelled Food Composition. U.S. Patent 4465702, 14 ago. 1984.

ENGEL, B.; MARQUARDT, L.; OLIVEIRA, M. S. R.; BACCAR, N.M.;ROHFELS, A. L. B. Processamento de farinha de beterraba através do emprego comparativo dos métodos de spray dryer e secagem por desidratação. Seminário de iniciação científica. Conhecimento: Uma aventura interdisciplinar. Universidade de Santa Cruz do Sul. 2015.

ENGEL, B.; BACCAR, N.M.;MARQUARDT, L.; OLIVEIRA, M.S.R.; ROHLFES, A. L.B. Tecnologias de atomização e desidratação: alternativas para a produção de farinhas a partir de vegetais. **Revista Jovens Pesquisadores**. v.6 ,n.1, p.31-44, 2016.

ERSUS, S.; YURDAGEL, U. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucuscarota L.*) by spray drier. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 3, p. 805-812, 2007.

FALLER, A. L. K. ; FIALHO, E. Disponibilidade de polifenóis em frutas e hortaliças consumidas no Brasil. **Revista Saúde Pública**, Rio de Janeiro, Brasil, 2009.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C. Caracterização da manga orgânica cultivar ubá. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.1, p.9-14, 2009.

FEITOSA, R. M. Secagem por aspersão e camada de espuma da polpa de murta. Tese (Doutorado em Engenharia agrícola) 2014, Universidade Federal de Campina Grande

FERREIRA, N. A. **Aproveitamento de resíduos do processamento mínimo de beterraba: elaboração de produtos tecnológico, avaliação sensorial, físico-química e de compostos funcionais**. 2010. Dissertação (Mestrado em nutrição humana) Faculdade de Ciências da Saúde. Universidade de Brasília.

FERREIRA, A. P. R.; COTA, J.P.; SOUSA, S.L.;RIBEIRO, J. M.;COSTA, C. Comportamento higroscópico de polpa de seriguela atomizada utilizando diferentes

agentes carreadores de secagem. Congresso Brasileiro de Engenharia Química – COBEQ- Universidade Federal do Ceará, 2014.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. **Brazilian Journal Food Technology**, vol.15, n. 2, 2012.

FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, p.251-255, 2003.

FIGUEIREZ, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. João Pessoa: Editora Universitária, 2004.

FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; MARTUCCI, E. T. Alterações de cor da acerola em pó sob condições controladas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v.7,n.1, p. 49-57, 2005.

FONTANA, B.L.; CASSINI, A.S. Estudo da utilização de talos de beterraba como fonte de pigmento natural. XXVII Salão de Iniciação Científica – SIC, 19 a 23 de Outubro de 2015. Campus do Vale – UFRGS.

FOUST, A.S.; WENZEL, L.A.; CLUMP, C.W.; MAUS, L.; ANDERSEN, L.B. Princípios das operações unitárias. Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1982.

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

GALDINO, P. O. **Secagem por aspersão da polpa de figo-da-india**. 2011. 113.f. Dissertação (Mestrado em Engenharia agrícola) Universidade Federal de Campina Grande.

GARCIA, L.; SILVA, L. H.; COLLETO, R. M.; PASSOS, C. A.; MACHADO, T. A. R. Efeito do processo de desidratação osmótica na elaboração de chips de beterraba (*Beta vulgaris L.*) Anais do salão internacional de ensino, pesquisa e extensão. v. 5, n.2. 2013.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of secagem por spray in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, v.40, n.9, p.1107-1121, 2007.

GIMENEZ, J.; KAJDA, P.; MARGOMENOU, L.; PIGGOTT, J.R.; ZABETAKIS, I.A. Study on the colour and sensory attributes of high-hydrostatic-pressure jams as compared with traditional jams. **Jornal of the Science of Food and Agriculture**, v.81, p.1228-1234, 2001.

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

GONÇALVES, L. C. P.; TRASSI, M. A. D.; LOPES, N. B.; DORR, F. A.; SANTOS, M. T.; BAADER, W. J.; OLIVEIRA, V. X.; BASTOS, E. L. A. Comparative study of the purification of betanin. **Food Chemistry**, p. 131-231, 2012.

GURGEL, C. E. M. R. **Secagem da polpa de graviola (*Annona muricata* L.) em camada de espuma - desempenho do processo e características do produto**. Natal, 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

HALL, C. W. *Drying and storage of agricultural crops*. Westport: AVI, p.381, 1980.

HÉRBRARD, A.; OULAHNA, D.; GALET, L.; CUQ, B.; ABECASSIS, J.; FAGES, J. Hydration properties of durum wheat semolina: influence of particle size. *Powder Technology*, v. 130, n. 1/3, p. 211-218, 2003.

HERNANDES, N. K. Aplicação de baixas doses de radiação gama para extensão da vida útil de beterraba vermelha (*Beta vulgaris* ssp. *vulgaris* L.), cv. Early Wonder, Minimamente Processada. Tese (Doutorado em fitotecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia. Rio de Janeiro, 2006.

HERNANDES, N. K.; CONEGLIAN, R. C. C.; GODOY, R. L. O.; VITAL, H. C.; FREIRE JUNIOR, M. Testes Sensoriais de Aceitação da Beterraba Vermelha (*Beta vulgaris* ssp. *Vulgaris* L.), cv. Early Wonder, minimamente processada e irradiada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 64-68, 2007.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. CENSO AGROPECUÁRIO 1995/96 e 2006 - Brasil. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IUPAC - International Union of Pure and Applied Chemistry. Reporting Physisorption data for gas solid. Systems with Special Reference to the Determination of Surface Area and Porosity. *Pure and Applied Chemistry*, v.57, p.603-619, 1985.

JANISZEWSKA, E. Microencapsulated beetroot juice as a potential source of betalain. **Powder Technology**. v.264 p. 190-196, 2014.

JANISZEWSKA, E; WLODARCZYK, J. Influence of spray drying conditions on beetroot pigments retention after microencapsulation process. **Acta Agrophysica**. v.20, n.2, p.343-356, 2013.

KANNER, J.; HAREL, S.; GRANIT, R. Betalains: a new class of dietary cationized antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, n.11, p.5178-5185, 2001.

KAUR, C. KAPOOR, H.C. Anti- oxidant activity and total phenolic content some Asian vegetables. **International Journal of food Science and Tcnhnology**. v. 37, p.153-151,2002.

KIRCHHOF, S. C.; CRIZEL, G. R.; MENDONÇA, C. R. B. A influencia da água na conservação dos alimentos XVII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA X CONGRESSO DE PÓS GRADUAÇÃO novembro de 2008.

KLUGE, R. A.; COSTA, C. A.;VITTI, M.C.D.; ONGARELLI, M.G.; JACOMINO, A.P.; MORETTI, C.L. Armazenamento refrigerado de beterraba minimamente processada em diferentes tipos de corte. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n.1, p.263 - 270, 2006.

KOHAYAKAWA, M. N. Secagem de manga Haden utilizando secador de leito fixo e secador acoplado a bomba de calor. Campinas, SP: UNICAMP, 2004. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, 2004.

LABUZA, T. P. Sorption phenomena in foods. **Food Technology**, 22 (3): 15-24, 1968.

LACERDA, Y. E. R. **Produção e qualidade de cenouras e beterrabas com aplicação de fertilizantes orgânicos**. 2014. 4 p. Dissertação (Mestrado em ciencias agrarias) Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.

LANNA, P. P.; PORTES, A. R.; VIANA, E.S.M.;ZATTI, R.A.;SILVEIRA, D.S. A. Caracterização bioquímica da farinha da casca do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) Anais VI SIMPAC , 2014, Viçosa-MG. v. 6 - n. 1 , p. 215-220,

LANGE, W.; BRANDENBURG, W. A.; DE BOCK, T. S. M. Taxonomy and cultonomy of beet (*Beta vulgaris* L.). *Botanical Journal of the Linnean Society*, v. 130, p. 81-96, 1999.

LARRAURI, J.A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, p.1390-1393, 1997.

LEE, S.K.; KADER, A.A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biol. Technol.* v.20, p.207-220, 2000.

LICODIEDOFF, S. **Influência do teor de pectinas comerciais nas características físicoquímicas e sensoriais da geléia de abacaxi** (*Ananas comosus* (L) Merrill). Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigment photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, New York v.148, p.362-385, 1987.

LIMA, D. C. N. **Suco de banana em pó probiótico**. Dissertação (mestrado) Campinas, 2013 .Universidade Estadual de Campinas

LIN, J. Y.; TANG, C. Y. Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 10, p. 140-147, 2007.

LISBOA, C. G. C.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento de figo-da-india em pó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, n.2, p.216-221, 2012.

MACHADO, G.V. **Obtenção de tomate em pó por atomização: Influência da variáveis de processo na qualidade do produto.** 2010. Dissertação (Mestrado em engenharia de alimentos) Universidade estadual de Campinas.

MACHADO, W. M.; PEREIRA, A. D.; MARCON, M.V. Efeito do processamento e armazenamento em compostos fenólicos presentes em frutas e hortaliças. Publ. UEPG **Ciências Exatas e da Terra, Ciência Agrárias e Engenharia.** v.19, n.1,p.17-30, 2013. Disponível em < [http:// www .revistas2.uepg.br/index.php/exatas](http://www.revistas2.uepg.br/index.php/exatas)>

MANJUNATHA,S.S.; RAJU, P.S.Rheological characteristics of reconstituted spray dried beetroot (*Beta vulgaris* L.) juice powder at different solid content, temperatures and carrier materials. **International Food Research Journal.** v. 22,n 6,p.2333-2345, 2015.

MARTIN, L. G. P. **Estudo da secagem de polpa de cupuaçu por atomização.** Dissertação (mestrado) Campinas, 2013 Universidade Estadual de Campinas.

MELO, C. M. T.; FARIA, J. V. Composição centesimal, compostos fenólicos e atividade antioxidante em partes comestíveis não convencionais de seis olerícolas. **Bioscience Journal,** Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 93-100, Jan./Feb. 2014.

MELO, K. S. **Secagem por aspersão da polpa de atemóia,** 2012. Tese (Doutorado em engenharia agrícola) Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S., LIMA, V. L. A. G.; SANTANA, A. P. M. Capacidade antioxidante de hortaliças submetidas a tratamento térmico, **Journal Brazilian Society Food Nutrition,** São Paulo, SP, v. 34, n. 1, p. 85-95, abr, 2009.

MENEZES, M. A. G.; OLIVEIRA NETO, F. B.; BERTINI, L. M.; ALVES, L. A.; SILVA, F. F. M. Quantificação de antocianinas de embiratanha(*Pseudobombax marginatum*). **Revista Holos,** Ano 31, v.1, p.30-35. 2015.

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. Dissertação (Mestrado em engenharia química). Natal, 2014.Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MOREIRA, T. B.; ROCHA, E. M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. V.17, n. 10, p. 1093-1098,2013.

MORETTO, E. Introdução à ciência de alimentos. 2.ed. Ampliada e revisada. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008.

MOSER, P. **Secagem por atomização do suco de uva: microencapsulação das antocianinas.** 2016.145f.TESE (Doutorado em engenharia e ciências de alimentos). Universidade Estadual Paulista.

MOURA, S. M. **Estabilidade de acerola em pó oriunda de cultivo orgânico.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia)- Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2010.

NEPA-UNICAMP. Tabela brasileira de composições de alimentos. 4^a ed. P.32 Campinas-SP, 2011.

NILSON, T. The pigment content in beetroot with regard to cultivar, growth, development and growing conditions. **Swedish Journal agricultural Research**, v. 3, n. 4, p. 187-200, 1973.

NILSON, T. Studies into the Pigments in Beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. vulgaris var. rubra L.). *Lantbrukshogskolans Annaler*, v. 36, p. 179-219, 1970.

OLIVEIRA, A. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; BRITOS, J. G.; Estabilidade da polpa do *Cereus jamacaru* em pó durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 19, n.2. p. 147-153, 2015.

OLIVEIRA, G. S.; COSTA, J. M. C. 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, Campina Grande, PB, 2014.

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

OLIVEIRA, L. P.; CESCINETTO, G.;SCHVEITZER.; FOPPA, T. Avaliação e composição nutricional da farinha de beterraba e sua utilização no preparo de sobremesas. **Revista Interdisciplinar de Estudos e Saúde**. v.2, n.1, p.13-19,2013.

OLIVEIRA, W.P.; SOUZA, C.R.F.; KUROSOWA, L.E.; PARK, K.L. Spray drying of food and herbal products. v.1, Ed. Woo, M.W., Mujumdar, A.S. and Daud, W.R.W. pp. p.113-156, Singapore, 2010.

OLIVEIRA, V. S., COSTA, J. M. C., AFONSO, M. R. A., MOURA N. L. G. (Setembro 2010). Isotermas de adsorção de sapoti liofilizado: Determinação experimental e avaliação de modelos matemáticos. In V CONNEPI-2010.

OLIVEIRA, F. C. Estudos tecnológicos e de engenharia para o armazenamento e processamento do pinhão. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

OLIVEIRA, A. R. G.; BORGES, S. V.; FARIA, R. K.; ENDO, E.; GREGORIO, S. R. Influência das condições de secagem por atomização sobre as características sensoriais de sucos maracujá (*passiflora edullis*) e abacaxi (*ananas comosus*) desidratados. **Revista Ciência Agronomica**, v.38, n.3, p.251-256, 2007.

PALACIN, J. J. F.; FILHO, A. F. L. CECON, P.R.; MONTES, E. J. M. Determinações das curvas de secagem de milho nas espigas (*Zea mays* L.). **Engenharia na agricultura**,Viçosa, v. 13, p. 300-313, 2005.

PASCHOALINO, J. E. Hortalicas acidificadas em conserva: riscos e cuidados. **Informativo Fruthotec**, Campinas, v. 3, n. 2, 1997.

PEREIRA, T.; CARLOS, L. A.; MONTEIRO, A. R. Influência das condições de armazenamento nas características físicas e químicas de goiba (*Psidium Guajava*), cv cortibel de polpa branca. **Revista Ceres**, v.53. p. 276-284, 2006.

PEREIRA, I. E.;QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M..F. Características físico-química do tomate em pó durante o armazenamento. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v.6, n.1,2006.

PEREIRA, A. Avaliação microestrutural de pós de suco de maracujá obtidos por spray drying. Lavras: UFLA, 2000; 66p. l Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos).

POLICARPO, V. M. N.; BORGES, S. V. B.; ENDO, E.; CASTRO, F. T.; DAMICO, A. A.; CAVALCANTI, N. B. Estabilidade da cor de doces em massa de polpa de umbu (*Spondias Tuberosa* Arr. Cam.) no estágio de maturação verde. **Revista ciências e agrotecnologia**. v.31, n.4, p.11-2-1107, 2007.

PUIATTI, M.; FINGER, F. L. Cultura da beterraba. In.: FONTES, P. C. R. Olericultura: teoria e prática. Viçosa: Editora Suprema, p.486, 2005.

QUEIROZ, M. J. G. Evolução das antocianinas, atividade antioxidante e parâmetros de cor no vinho do porto ao longo do seu envelhecimento. Dissertação (Controlo da Qualidade – Ramo de Especialização Água e Alimento) Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto, 2015.

QUEK, S.Y.; CHOK, N.K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powder. **Chemical Engineering and Processing**, v.46, n.5, p.386-392, 2007.

RAMOS, J. A. **Aceitabilidade e qualidade nutricional de beterrabas in natura e pré-processadas submetidas a diferentes métodos de cocção**. Botucatu. 2015. 34 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista.

RAUPP, D. S.; RODRIGUES, E.; ROCKENBACH, I. I.; CARBONAR, A.; CAMPOS, P. F.; BORSATO, A.V.; FETT, R. Effect of processing on antioxidant potential and total phenolics content in beet (*Beta vulgaris* L.) **Ciência e Tecnologia Alimentos**. v. 31, n.3, p.688-693, 2011.

RESENDE, G.M.; CORDEIRO, G.G. Uso da Água Salina e Condicionador de Solo na Produtividade de Beterraba e Cenoura no Semi-Árido do Submédio São Francisco, **Comunicado técnico on line**, Petrolina, Maio, 2007.

RIBEIRO, L.C.; COSTA, J.M.C.; AFONSO, M.R.A. Hygroscopic behavior of lyophilized acerola pulp powder. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.20, n.3, p.269-274, 2016.

- RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. Química de alimentos, 2^a ed. São Paulo, 2008.
- RIBEIRO, L. C. **Produção de acerola em pó: Métodos de secagem e avaliação da estabilidade.** Dissertação (mestrado) Fortaleza, 2014. Universidade Federal Do Ceará.
- ROESLER, R.; MALTA, L. G.; CARRASCO, L. C.; HOLANDA, R. B.; SOUSA, C. A. S.; PASTORE, G. M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** v.27,n.1, p. 53-60,2007.
- ROCHA, E. M. F. F.; SOUSA, S. L.; COSTA, S. R.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. R. Obtenção de suco de caju atomizado através do controle das condições de secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v.18, n.6, p.646–651, Campina Grande, PB, 2014.
- ROCHA, S. A. S. **Obtenção de suco em pó pre-biótico de tangerina utilizando processo de secagem em leito de jorro.** Fortaleza, 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Ceará.
- ROCHA, M. S.; FIGUEIREDO, R. W.; ARAUJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Caracterização físico-química e atividade antioxidante(in vitro) de frutos do cerrado Piauiense. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Jaboticabal –SP, v.35, n.4, p. 933-941, 2013.
- ROCHA, W.S. LOPES, R.M.; SILVA,D. B.; VIEIRA, R. F.;SILVA, J.P.; AGOSTINI-COSTA, T.S. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura,** Jaboticabal, v.33, n.4, p.1215- 1221,2011.
- RODRIGUES, M. I.; IEMMA A. F. Planejamento de experimentos e otimização de processos. Campinas: Casa do Pão Editora, 2.ed., 2009.
- 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.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; JIMENEZ, J. P.; CALIXTO, F. D. S. **Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH.** Comunicado Técnico Embrapa, 127: 1- 4, 2007.

SÁNCHEZ-MORENO, C. Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. **Food Science and Technology International**, v.8, p.121-137, 2002.

SANTOS, D.C.; LISBOA, J.F.; FEITOSA, R.M.; SANTOS, Y.M.G.; ROCHA, A.P.T. Processamento e caracterização física e físico-química de blends de polpa de caju e beterraba. CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA - CONTECC' 2015. Fortaleza, 2015

SANTOS, F. S. S.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Q.; SANTIAGO, V. M. S. Concentração de betalaínas na casca de pitaya vermelha. CONGRESSO TECNICO CIENTIFICO DE ENGENHARIA E AGRONOMIA - CONTECC 2015.

SANTOS, A. C. C. A.; MARQUES, M. M. P.; SOARES, A. K. O.; FARIAS, L. M.; FERREIRA, A. K. A.; CARVALHO, M. L. Potencial antioxidante de antocianinas em fontes alimentares: revisão sistemática. **Revista interdisciplinar**, v.7, n.3, p. 149-156, jul. ago. set. 2014.

SANTOS, A. A. C.; FLORENCIO, A. K. G. D.; ROCHA, E. M. F. F.; COSTA, J. M. C. Physicochemical evaluation and hygroscopic behavior of powdered guava obtained by spray drying. **Revista Ciência agronomica**. v.45, n.3, p.508-514,. 2014.

SANTOS, B. S.; BARETO, L.C.O.; SANTOS, J.A.B.; SILVA, G.F. Obtenção, liofilização e caracterização de extrato de capimlimão (*cymbopogon citratus* d.c.) e hibisco (*hibiscus sabdariffa* l.) **Revista Geintec – Gestão, Inovação e Tecnologias**. v.3, n.5, p.90-99, 2013.

SANTOS, C. M.; ABREU, CELESTE, M. P.; FREIRE, J. M.; CORRÊA, A. D. Atividade antioxidante de frutos de quatro cultivares de pessegueiro. **Revista Brasileira de fruticultura**. v.35, n.2, p.339-344, 2013.

SANTOS, A.O. **Produção de olerícolas (alface, beterraba e cenoura) sob manejo orgânico nos sistemas Mandalla e Convencional**. 2010. 93p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2010.

SANTOS, G. M. dos; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M. de; COSTA, J. M. C. da C.; FIGUEIREDO, R. W. de; PRADO, G. M. do. Correlação entre atividade antioxidante e compostos bioativos de polpas comerciais de açaí (*Euterpe oleracea* Mart). **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 58, n. 2, p. 187-192, 2008.

SILVA, G. J. F.; CONSTANT, P. B. L.; FIGUEIREDO, R. W.; MOURA, S. M. Formulação e estabilidade de corantes de antocianinas extraídas das cascas de jaboticaba. **Alimentos e nutrição**. v.21, n.3, p.429-436, 2010.

SILVA, R. N. G.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J.M.; FEITOSA, R.M. Isotermas de adsorção de umidade do umbu- cajá em pó. **Revista de educação agrícola superior**. V.30, n.1, p.33-36, 2015.

SILVA, P. I.; STRINGHETA, P. C.; TEOFILLO, R.F.; OLIVEIRA, I.R.N.O. Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. **Journal of Food Engineering** (2013) <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.08.039>

SILVA, M. L. C.; CODTA, R. S.; SANTANA, A. S.; KOBLITZ, M. G. B. Phenolic compounds, carotenoids and antioxidante activity in plant products. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n3, p. 669-682, jul./set. 2010.

SILVA, F. de. A. S. e. & 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, J. M.; ONGARELLI, M. G.; DELAGUILA, J. S.; SASAKI, F. F.; KLUGE, R. A. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 8, p.53-59, México, 2007.

SILVA, J. B.; VIEIRA, R. D. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de beterraba. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.2, p. 128-134, 2006.

SILVA, R.N.G.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J.M.; GALDINO, P.O. Armazenamento de Umbu - caja em pó. **Ciência Rural**.v.35, n.5, p.1179-1184,2005

SOUSA, A.S.D. et al. Spray dried tomato powder: reconstitution properties and colour. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.51, n.4, p.807-817, 2008.

SOUSA, C. M. M; SILVA, H. R.; VIEIRA-JR, G. M.; AYRES, M. C; COSTA, L. S. C.; ARAUJO, D. S.; CAVALCANTE, L.C.D.; BARROS, P.B.M.; BRANDÃO, M.S.; CHAVES, M.H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v.30, n.2, p.351-355, 2007.

SOUZA, K.S.M.; FIGUEIREDO, R. M.F.; QUEIROZ, A. J.; FERNANDES, T. K. S. Produção e caracterização da polpa de atemoia em pó. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 37, n.3, p. 718-128, 2015.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; SILVA, T. L. T.; LIMA, C.O.L.; PIO,R.; QUEIROZ, F. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. **Food Chemistry**, v. 156, p. 362–368, 2014.

SOUZA, A.S.; BORGES, S.V.; MAGALHÃES, N.F.; RICARDO, H.V.; CEREDA, M.P.; DAIUTO, E.R. Influence of spray drying conditions on the physical properties of dried pulp tomato. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 29, n.2, p. 291-294, 2009

SCHIEBER, A.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. By-products of plant food processing as source of functional compounds- recent developments. **Trends in Food Science & Technology**, n.12, p. 401-413, 2001.

SCHIOZER, A. L.; BARATA, L. E. S. Estabilidade de Corantes e Pigmentos de Origem Vegetal-Uma revisão. **Revista Fitos**. V. 3, n. 2, Campinas, 2007.

SUCUPIRA, N. R.; SILVA, A. B.; PEREIRA, G.; COSTA, J. N. Métodos Para Determinação da Atividade Antioxidante de Frutos. **Científica. Ciências Biológicas e da Saúde**. v. 14, n.4. p.263-269, 2012.

STINTZING, F. C.; CARLE, R. Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. **Trends Food Sci. Technol.**, v.5, p.19-38, 2004.

STINTZING, F.C.; CARLE, R. In Food colorants. Chemical and function proprieties; Ed.CRC PRESS. Boca Ration, , p.277, 2008.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W; HECKTHEUER, L. H. H. As clorofilas. **Revista ciencia natural**.v.35, n.3, p 748- 755, 2005.

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. 99, n. 460–467, 2009.

TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos/NEPA. UNICAMP: 4. ed. rev. e amp. Campinas. 2011. 32p.

TIVELLI, S. W.;TRANI, P. E. **Hortaliças: Beterrabas (*Beta vulgaris* L.)** 2008. Artigo em hipertexto.Dispónível em:<http://www.infobibos.com/Artigos/2008_3/beterraba/Index.htm> Acesso em 10/04/2016.

TONON, R.V. **Secagem por atomização do suco de açaí: influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 242f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

TONON, R.V.; BRABET, C.; HUBINGER, M.D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açaí (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal Food Eng.** v.88, p. 411-418, 2008.

VALDUGA, E.; LIMA, L.; PRADO,R.;PADILHA. F.F.; TREICHEL,H. A extração ,secagem, por atomização e micorencapsulamento de antocianinas do bagaço da uva “ Isabel” (*Vitis labrusca*). **Revista Ciência e agrotecnologia**. v. 32, n. 5, p. 1568-1574, 2008.

VITTI, M.C.D.; KLUGE, R.A.; GALLO, C.R.; MORETTI, C.L.; JACOMINO, A.P. Efeito do momento de sanitização sobre atributos físico-químicos e microbiológicos de beterrabas minimamente processadas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.4, p.718-721, 2004.

VITTI, M. C. D.; KLUGE, R. A.; YAMAMOTTO, L. K.; JACOMINO, A. P. Comportamento de beterrabas minimamente processadas em diferentes espessuras de corte. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasilia,v.21, n.4, p 623-626, outubro-dezembro 2003.

VON ELBE, J. H.; Colorantes. In: FENNEMA, O.W. química de los alimentos. Zaragoza: Wisconsin. 2º edição. cap. 10, p. 782 - 799, 2000.

VOLP, P. C.A.; RENHE, T. R. I.; BARRA, K.; STRINGUETA, C. P. Flavonoides antocianinas características e propriedades na nutrição e saúde. **Revista Brasileira de Nutrição**. Minas Gerais, 2008.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; STRINGUETA, P. C. Natural bioactives pigments. **Alimentos e Nutrição** Araraquara, v. 20, n.1, p. 157-166, jan./mar. 2009.

YAHIA, E. M. The Contribution of Fruit and Vegetable Consumption to Human Health. In: ROSA, L.A.; ALVAREZ-PARRILLA, E.; GONZALEZAGUILARA; G.A. Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value and stability. Hoboken: Wiley-Blackwell, p.3-51, 2010.

ZABOTTI, C.; GENENA, A.K. Avaliação do potencial antioxidante do extrato obtido a partir da beterraba vermelha (*Beta vulgaris* L.) por meio do uso da água como solvente de extração. **Revista Cultivando o Saber**. Cascavel, v. 6, n. 4, p. 195 - 200, 2013.

ZAKHAROVA, N.S. and T. A. PETROVA . Investigation of betalain and betalain oxide of leaf beet. *Applied Biochem. And Microbiology*, v.33, n. 5, p.481- 484, 1997.

ZANATTA, C. L.; SCHLABITZ, C.; ETHUR, E. M. Avaliação físico – química e microbiológica de farinhas obtidas a partir de vegetais não conformes á comercialização. **Alimentos e Nutrição** v. 21, n. 3, p. 459-468, jul./set. 2010.

ZILLO, R. R.; SILVA, P. P. M.; CARMO, L. F.; SPOTO, M. H. F. Qualidade físico-química da fruta in natura e da polpa de uvaia congelada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.15, n.3, p.293-298, 2013.

ZORATELLI, M. F. **Produção e caracterização de manga desidratada em pó por diferentes processos de secagem**. Florianópolis, 2014. 118 f. TESE (Doutorado) Universidade Federal de Santa Catarina

ZUANON, L. A. C.; TELIS, V. R. N. Influência da concentração de carreadores nas propriedades físicas de extrato de beterraba microencapsulado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS ARTICULADOS, São Carlos, 2015.

APÊNDICE A

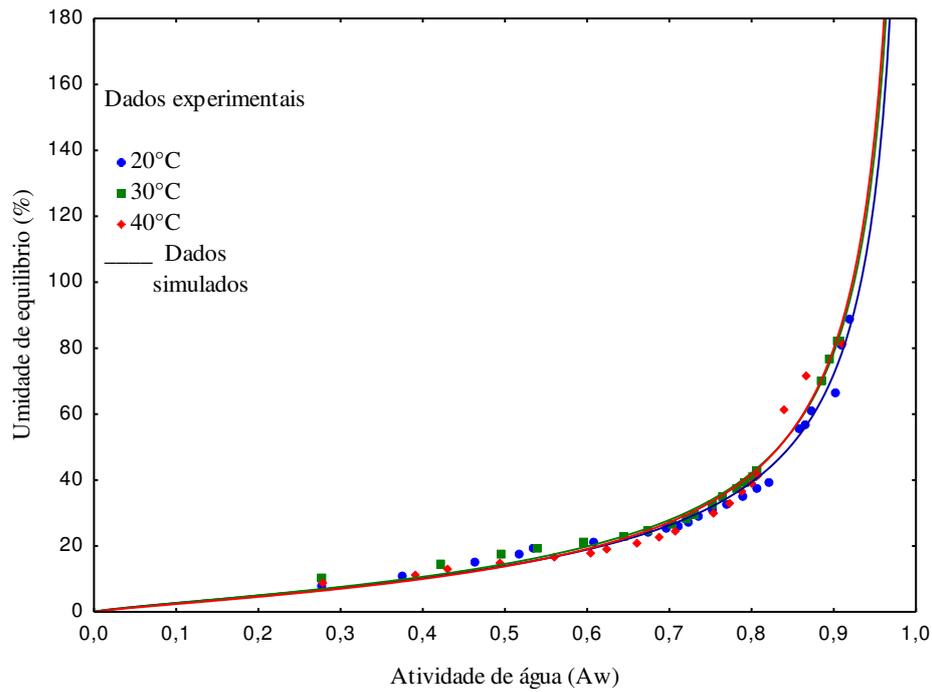


Figura A.1 - Isotermas de adsorção de água da beterraba em pó ajustadas pelo modelo de Oswin

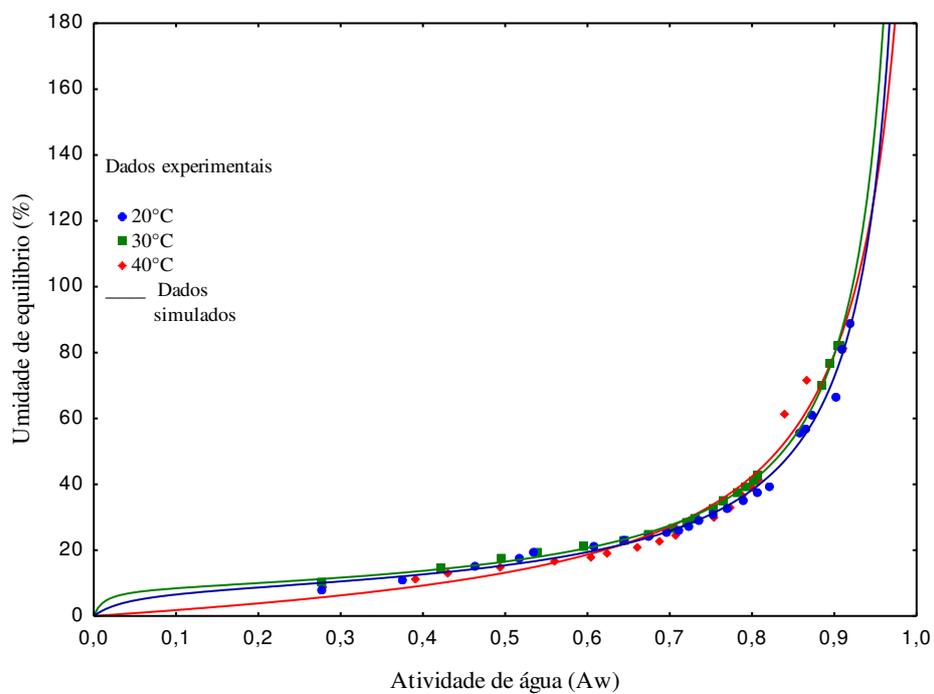


Figura A.2 - Isotermas de adsorção de água da beterraba em pó ajustadas pelo modelo de GAB

