



Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Centro de Tecnologia
Departamento de Engenharia Química
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química



TESE DE DOUTORADO

ESTUDO DA FUNCIONALIDADE DE ESPÉCIES COMESTÍVEIS DO SEMIÁRIDO NORDESTINO E ESTRATÉGIAS PARA SUA UTILIZAÇÃO COMO INGREDIENTES PARA FINS ALIMENTÍCIOS

Rosane Liége Alves de Souza

Orientadora: Profa. Dra. Roberta Targino Pinto Correia

Natal / RN

Agosto / 2014

ROSANE LIÉGE ALVES DE SOUZA

ESTUDO DA FUNCIONALIDADE DE ESPÉCIES
COMESTÍVEIS DO SEMIÁRIDO NORDESTINO E
ESTRATÉGIAS PARA SUA UTILIZAÇÃO COMO
INGREDIENTES PARA FINS ALIMENTÍCIOS

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química – PPGEQ, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Química, sob a orientação da Profa. Dra. Roberta Tartgino Pinto Correia.

Natal / RN
Agosto / 2014

Catálogo da Publicação na Fonte.
UFRN / CT / DEQ
Biblioteca Setorial "Professor Horácio Nicolás Sólino".

Souza, Rosane Liége Alves de.

Estudo da funcionalidade de espécies comestíveis do semiárido nordestino e estratégias para sua utilização como ingredientes para fins alimentícios / Rosane Liége Alves de Souza. - Natal, 2014.

127 f.: il.

Orientador: Roberta Targino Pinto Correia.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Química. Programa de Pós-graduação em Engenharia Química.

1. Alimentos vegetais - Tese. 2. Caatinga - Brasil - Tese. 3. Algaroba - Tese. 4. Alimentos funcionais - Compostos bioativos - Tese. I. Correia, Roberta Targino Pinto. II. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. III. Título.

RN/UF

CDU 613.26(043.2)

SOUZA, Rosane Liége Alves de - Estudo da funcionalidade de espécies comestíveis do semiárido nordestino e estratégias para sua utilização como ingredientes para fins alimentícios. Defesa de Doutorado, UFRN, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Área de Concentração: Engenharia Química.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Roberta Targino Pinto Correia – PPGEQ/UFRN.

RESUMO: O semiárido brasileiro configura-se por condições climáticas e de solo desfavoráveis e vegetação resistente a longos períodos de estiagem. As espécies de cactáceas nativas ou adaptadas à região, como o figo da índia (*Opuntia ficus indica*) e facheiro (*Philosocereus pachycladus* Ritter), têm frutos comestíveis pouco conhecidas. Além destas espécies, a leguminosa algaroba é uma matéria-prima com características ainda pouco investigadas do ponto de vista tecnológico e teor de substâncias bioativas. Desta forma, este trabalho objetivou realizar a caracterização físico-química, bioativa e funcional da polpa das cactáceas figo da índia e facheiro e da farinha de algaroba. O estudo incluiu a determinação do teor de compostos fenólicos, identificação e quantificação das betalaínas por HPLC-DAD-ESI-MS, além da investigação da atividade antioxidante e inibição das enzimas alfa-amilase e alfa-glicosidase, utilizando extratos aquosos e etanólicos obtidos a partir das espécies avaliadas. Como estratégias de aproveitamento, elaborou-se suco misto do figo da índia, biofilmes a partir do facheiro e barra de cereal a partir da farinha de algaroba. A caracterização do figo da índia revelou baixa acidez e elevada doçura, quando comparada ao facheiro. O fruto do *Philosocereus pachycladus* Ritter, por sua vez, apresentou maior conteúdo protéico e de cinzas. No entanto, a maior fração proteica e açúcares está contida na farinha de algaroba. O conteúdo de fibra alimentar total (FAT) revelou a potencialidade da farinha de *Prosopis juliflora* para atuar como reguladora da função intestinal. O teor de fenólico total para extratos aquosos e etanólicos variaram de 3,87 a 16,21 mg GAE/100g para a farinha de algaroba, 79,24 a 110,20 mg GAE/100g para o figo da índia e facheiro 412,23 a 539,14 mg GAE/100g. O extrato etanólico a 70% do figo da índia apresentou elevada atividade antioxidante, porém o melhor percentual fenólico foi observado no facheiro. Em relação à inibição enzimática, o melhor desempenho foi observado em extratos do figo da índia, os quais exibiram inibição moderada para as duas enzimas estudadas, enquanto que não foi identificada inibição glicolítica para o extrato aquoso de facheiro. O presente trabalho mostra, pela primeira vez na literatura, resultados inéditos sobre a funcionalidade do facheiro, que incluem a presença das betalaínas betacianina e isobetanina na polpa desse fruto. No que diz respeito aos produtos desenvolvidos, as características sensoriais que melhor descreveram

o suco misto de figo da Índia e cajá foram doçura, acidez, cor amarela-alaranjada, corpo, turbidez e aroma de cajá. A análise discriminativa da barrinha de cereal elaborada com e sem farinha de algaroba mostrou que apenas o atributo textura foi diferente estatisticamente ($p < 0,05$) para as formulações testadas. Os resultados também indicam que a adição do extrato do facheiro não modificou visualmente as características dos biofilmes. De maneira geral, o presente estudo revela as características físico-químicas e bioativas desses vegetais abundantemente encontrados na caatinga brasileira, mas ainda pouco explorados sob pontos de vista tecnológico e comercial, bem como sugere alternativas de aproveitamento para tais espécies.

Palavras-chave: Semiárido, cactáceas, algaroba, compostos bioativos, funcionalidade, avaliação sensorial

Rosane Liége Alves de Souza

Estudo da funcionalidade de espécies comestíveis do semiárido nordestino e estratégias para sua utilização como ingredientes para fins alimentícios

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - PPGEQ, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Química.

Aprovada em 01 de agosto de 2014



Profª Drª Roberta Targino Pinto Correia
Orientadora - DEQ - UFRN



Profª Drª Kátia Nicolau Matsui
Membro Interno - DEQ - UFRN



Profª Drª Renata Alexandra Moreira das
Neves
Membro Interno - DN - UFRN



Profª Drª Maria Inês Sucupira Maciel
Membro Externo - UFRPE



Profª Drª Maristela de Fátima S. de Santana
Membro Externo - MCTI

ABSTRACT

The Brazilian *caatinga* is characterized by low annual rainfall and arid soils. Several *cactaceae*, either native or adapted species, grow in this semi-arid region, including the prickly pear (*Opuntia ficus indica*) and *facheiro* (*Philosocereus pachycladus* Ritter) which produce underexploited edible fruits. In addition to these species, the algaroba is a leguminous with little studied technological applications and bioactive potential so far. Therefore, this research aims to investigate the physicochemical, bioactive and functional attributes of the prickly pear and *facheiro* fruit pulps and the algaroba flour. Specifically, this study approaches the physicochemical characterization, total phenolic compounds (TPC) and the betalain identification and quantification by HPLC-DAD-ESI-MS. It is also investigated the DPPH antioxidant capacity and the antienzymatic activities against alpha-amylase and alpha-glucosidase of water and ethanolic extracts of these food material. In order to address their potential to be used as food ingredients, juice blends prepared with mixtures of *caj* and prickly pear, biofilms with *facheiro* and cereal bars with algaroba flour were elaborated and analyzed. The prickly pear fruits presented low acidity and high sugar content when compared to *facheiro*. The *Philosocereus pachycladus* Ritter fruits had higher protein and ash content, but the algaroba flour was the species with higher protein and sugar content among all. The algaroba flour also presented outstanding food fiber content, which reveals its potentiality to be used as a natural intestinal regulator. The TPC of water and ethanol extracts ranged from 3.87 to 16.21 mg GAE/100g for algaroba flour, 79.24 to 110.20 GAE/ 100g for prickly pear and 412.23 to 539.14 mg GAE/100g for *facheiro*. The 70% (w/v) ethanol extract reached the highest DPPH antioxidant activity, which was linearly correlated to its high TPC content. In regard to the enzymatic inhibitory activities, the best performance was observed for the prickly pear extracts which presented a moderate inhibition for both investigated enzymes, but interestingly, no alpha-glucosidase inhibition was observed for *facheiro* extracts. This work shows, for the first time in the literature, the functional attributes of *facheiro* fruits, as well as the presence of betacyanins and isobetanin in the pulp of this exotic fruit. When it comes to the food products developed here, the sensory attributes that better described the juice blend *caj*-prickly pear were sweetness, acidity, color yellow-orange, body, turbidity and *caj* flavor. The discriminative test applied for cereal bars produced with and without algaroba revealed that the texture was the only sensory attribute that differed ($p < 0.05$) between these two samples. It was also observed that the addition of *facheiro* extracts did not influence the visual characteristics of the biofilms. Overall, this work unveils the physicochemical and bioactive attributes of these commercial and technologically underexploited species widely found in the Brazilian *caatinga* and presents alternatives for their rational use.

Keywords: semiarid, *cactaceae*, algaroba, bioactive compounds, food functionality, sensory evaluation.

Dedicatória

Aos meus pais, José Franklin (*in memorian*) e Salete, os quais serei grata pelo apoio, dedicação, incentivo, por acreditar que a educação é o melhor caminho para os filhos e pela motivação de me superar cada vez mais.

Agradecimentos

A Deus, pela saúde e sabedoria para conclusão desse trabalho.

A minha orientadora, Dra. Roberta Targino, pela competência, profissionalismo, disponibilidade e dedicação que fizeram das críticas, correções e sugestões incentivo para desenvolvimento e aprimoramento do meu conhecimento científico.

Minha gratidão aos meus pais, irmãos, sobrinhos e em especial ao meu esposo, Bruce, pelo carinho e dedicação durante todo o tempo.

Não poderia esquecer dos amigos que me acompanharam diariamente no laboratório: Fátima, Ana Luiza, Patrícia, Graciana, Juliana, Rogéria, Edilene, Evellin Priscila, Kátia, Suelane e Erly.

Aos funcionários e professores do PPGEQ pela colaboração e aprendizado.

A professora Kátia Nicolau Matsui pela colaboração na realização nos experimentos com os biofilmes.

Agradeço ao pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Edy Sousa de Brito, na contribuição com os dados de betaláínas.

As pessoas que contribuíram na avaliação do trabalho, Maria Inês Sucupira Maciel, Maristela Santana, Kátia Nicolau Matsui e Renata Alexandra Moreira.

A Capes pelo apoio financeiro.

Obrigada!

A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original
(Albert Einstein)

SUMÁRIO

Folha de rosto

Resumo

Abstract

Dedicatória

Agradecimentos

Lista de figuras

Lista de tabelas

Siglas e abreviaturas

1.	Introdução.....	2
2.	Revisão bibliográfica.....	6
2.1	Caatinga Brasileira.....	6
2.1.1	Figo da índia (<i>Opuntia ficus indica</i>).....	7
2.1.2	Facheiro (<i>Philosocereus pachycladus</i> Ritter).....	11
2.1.3	Algaroba (<i>Prosopis juliflora</i> SW DC).....	13
2.2	Alimentos funcionais e compostos bioativos.....	16
2.2.1	Fibra alimentar.....	17
2.2.2	Ácido ascórbico.....	18
2.2.3	Carotenóides.....	19
2.2.4	Betalainas.....	21
2.2.5	Compostos fenólicos.....	23
2.3	Fatores de influência sobre a variabilidade dos compostos bioativos.....	24
2.3.1	Fatores bióticos e abióticos.....	24
2.3.2	Extração de compostos bioativos.....	26
2.4	Funcionalidade dos compostos bioativos.....	29
2.4.1	Atividade antioxidante.....	29
2.4.2	Inibição enzimática.....	32
2.5	Desenvolvimento de novos produtos a partir das espécies estudadas.....	34
2.5.1	Elaboração de sucos mistos (<i>blends</i>).....	34
2.5.2	Biofilmes.....	36
2.5.3	Barras de cereal.....	37
2.6	Análise sensorial.....	38
2.6.1	Análise Descritiva Quantitativa.....	39

2.6.2	Testes discriminativos	39
2.6.3	Testes afetivos	40
3.	Metodologia.....	43
3.1	Material	43
3.1.1	Preparação das polpas de figo da índia e facheiro.....	43
3.1.2	Preparação da farinha da vagem de algaroba	45
3.2	Composição físico-química das polpas de figo da índia e facheiro e da farinha da vagem de algaroba	45
3.2.1	Sólidos totais	45
3.2.2	Resíduo mineral.....	45
3.2.3	Proteína.....	46
3.2.4	Açúcares redutores totais.....	46
3.2.5	Fibra alimentar total	46
3.2.6	pH	47
3.2.7	Acidez titulável.....	47
3.2.8	Atividade de água	47
3.3	Compostos bioativos	48
3.3.1	Ácido ascórbico	48
3.3.2	Carotenóides	48
3.3.3	Betalainas	49
3.3.3.1.	Determinação por método espectrofotométrico	49
3.3.4	Preparação dos extratos	51
3.3.5	Teor de compostos fenólicos totais	51
3.4	Atividades antioxidante e antienzimática.....	52
3.4.1	Atividade antioxidante pelo método DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil).....	52
3.4.2	Inibição da enzima alfa-amilase (EC 3.2.1.1)	52
3.4.3	Inibição da enzima alfa-glicosidase (EC 3.2.1.20).....	53
3.5	Desenvolvimento dos produtos para fins alimentícios.....	53
3.5.1	Elaboração de sucos mistos (<i>blends</i>) a partir da polpa de figo da india (FI).....	53
3.5.2	Desenvolvimento dos biofilmes de fécula de mandioca e extrato do facheiro ..	54
3.5.2.1	Espessura.....	55
3.5.2.2	Absorção de água	55
3.5.3	Preparação de barras de cereais utilizando farinha da vagem de algaroba (FG)	56

3.6	Avaliação sensorial do suco misto	57
3.6.1	Análise quantitativa descritiva para os sucos mistos (<i>blends</i>).....	58
3.6.2	Recrutamento, treinamento dos julgadores e realização da análise sensorial	58
3.7	Avaliação das barras de cereais	61
3.7.1	Teste discriminativo de comparação múltipla	61
3.7.2	Análise de aceitação	61
3.8	Análise estatística	62
4.	Resultados e discussão	64
4.1	Caracterização físico-química	64
4.2	Compostos bioativos	67
4.2.1	Ácido ascórbico e carotenoides	67
4.2.2	Betalaínas	68
4.2.3	Compostos fenólicos totais.....	73
4.3	Atividades antioxidante e antienzimática.....	75
4.3.1	Capacidade antioxidante.....	75
4.3.2	Atividade antienzimática	77
4.4	Influência do estágio de maturação no teor de compostos fenólicos, atividade antioxidante e atividade antienzimática do figo da índia	80
4.5	Estratégias de utilização das espécies estudadas	84
4.5.1	Avaliação descritiva quantitativa do suco misto de figo da índia e cajá.....	84
4.5.2	Elaboração de biofilmes de extratos de facheiro e fécula de mandioca	86
4.5.3	Avaliação discriminativa e de aceitação das barrinhas de cereais de algaroba ..	90
5.	Conclusão	95
	Referências bibliográficas	98

Lista de figuras

Figura 2. 1. Plantação de palma forrageira. Fonte: El-Samahy et al. (2009).....	8
Figura 2. 2. Aspectos externo (a) e interno (b) do figo da índia.....	9
Figura 2. 3. (a) Fruto do facheiro preso à planta; (b) Acompanhamento das diversas fases do amadurecimento do facheiro. Fonte: Arquivo pessoal de Dra. Maristela Santana.	12
Figura 2. 4. Vagem da algaroba. Fonte: Silva (2009).....	14
Figura 2. 5. Oxidação do ácido ascórbico ao ácido dehidroascórbico. Fonte: Adaptado de Ribeiro & Seravalli (2007).	19
Figura 2. 6. Estrutura do beta-caroteno com destaque para a unidade isoprenóide característica dos carotenoides. Fonte: Delgado-Vargas & Paredez-Lopez (2002).	20
Figura 2. 7. Estrutura ácido betalâmico (a), Becianinas (b) e betaxantinas (c).	21
Figura 2. 8. Provável esquema do metabolismo de flavonoides em Caryophyllales. DFR - 4-dihidroflavonol-redutase; ANS - antocianidina sintase, FLS – Flavonol sintase; UFGT – Glicose:flavonoide 3 orto-glicosiltransferase.	23
Figura 2. 9. Estrutura química de um fenol simples. Fonte: Taiz e Zeiger (2004).....	23
Figura 3.1 Processo de obtenção da polpa do figo da índia. (a) Lavagem preliminar; (b) Sanitização; (c) Corte transversal; (d) Retirada da casca; (e) Separação sementes em despoldadeira.	44
Figura 3. 2 Corte transversal do fruto do facheiro para retirada da polpa.	44
Figura 3. 3. Secagem dos biofilmes de extrato de facheiro e fécula de mandioca em placas de polipropileno.....	55
Figura 3. 4. Ingredientes: (a) aveia; (b) xarope de glucose; (c) farinha de biscoito tipo “maisena”; (d) flocos de arroz; (e) farinha da vagem da algaroba utilizados na elaboração das barrinhas.	56
Figura 3. 5. Referências utilizadas no treinamento dos julgadores para os atributos: aroma característico de cajá (a), cor amarela-alaranjada (b), turbidez (c), sabor doce (d) e ácido (e), respectivamente.	59
Figura 3. 6. Ficha dos julgadores na análise descritiva quantitativa.	60
Figura 3. 7. Ficha para avaliação sensorial no teste de escala hedônica da barrinha de cereal de farinha da vagem de algaroba.	62

Figura 4. 1. Aspecto das polpas de figo da índia (a), facheiro (b) e farinha da vagem de algaroba (c).....	64
Figura 4. 2 Linha Espectral do pico com m/z 551,5 referente a betanina (tr 9.451 min) do figo da índia.	71
Figura 4. 3. Linha Espectral do pico com m/z 551,5 referente as betalainas - betanina (tr 10.571 min) e isobetanina (tr 12.810 min) do facheiro.	71
Figura 4. 4. Cromatograma mostrando os picos e estrutura das betalaínas identificadas em maior quantidade (betanina e 4'-malonil-betanina) em extratos de facheiro.....	73
Figura 4. 5. Figo da índia nos dois estádios de maturação estudados: (a) semi-maduros; (b) maduros.	80
Figura 4. 6. Perfil sensorial dos sucos mistos elaborados. (▲) Formulação A: 50 % de polpa de FI e 50% de polpa de cajá e (X) Formulação B: 75% de polpa de FI e 25 % de polpa de cajá.....	85
Figura 4. 7. Aspecto visual dos biofilmes do grupo experimental E610% elaborados com o extrato de maior percentual da polpa (6g) e substituindo-se 10% da água pertencente à formulação pelo extrato.	88
Figura 4. 8. Barrinhas de cereais elaboradas com farinha da vagem de algaroba. (a) Padrão, sem FG (b) Formulação contendo 5% de FG; (c) Formulação contendo 10% de FG; (d) Formulação contendo 15% de FG.	91

Lista de Tabelas

Tabela 3. 1. Formulação dos biofilmes do extrato do facheiro e fécula de mandioca.	54
Tabela 3.2. Formulações das barrinhas de cereais produzida com e sem farinha da vagem de algaroba (FG).....	57
Tabela 3. 3. Descrição e definição dos descritores do suco misto figo da índia e cajá.	59
Tabela 4. 1. Caracterização físico-química da polpa do figo da índia e facheiro, farinha da vagem da algaroba.	65
Tabela 4. 2. Concentração de ácido ascórbico e carotenóides do figo da índia.	68
Tabela 4. 3. Conteúdo de betalaínas (betacianinas e betaxantinas) para o figo da índia e facheiro determinados pelo método espectrofotométrico.	69
Tabela 4. 4. Identificação e quantificação de betalaínas no figo da índia e facheiro por HPLC-DAD-ESI-MS	72
Tabela 4. 5. Fenólicos totais dos extratos aquosos e alcoolicos obtidos do figo da índia, facheiro e farinha da vagem de algaroba.	74
Tabela 4. 6. Atividade antioxidante para o figo da índia, facheiro e farinha da vagem de algaroba pelo método DPPH com resultados expressos em massa seca.	76
Tabela 4. 7. Atividade anti-amilase do figo da índia, facheiro e farinha da vagem de algaroba.	78
Tabela 4. 8. Atividade glicosídica do figo da índia, facheiro e farinha da vagem de algaroba frente a enzima alfa-glicosidase.	79
Tabela 4. 9. Açúcares totais, acidez titulável e percentual de polpa, casca e sementes para o figo da índia nos estádios de maturação semi-maduro (SM) e maduro (M).	81
Tabela 4. 10. Compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante dos extratos aquosos e etanólicos de figo da índia semi-maduro (SM) e maduro (M).	82
Tabela 4. 11. Atividade anti-enzimática do figo da índia, facheiro e farinha da vagem de algaroba frente a enzima alfa-amilase e alfa-glicosidase, para o figo da índia semi-maduro (SM) e maduro (M).	83
Tabela 4. 12 Avaliação dos atributos sensoriais que caracterizaram as amostras de suco misto de figo da índia e cajá no teste de ADQ.	85
Tabela 4. 13. Avaliação qualitativa dos biofilmes elaborados com extrato da polpa de facheiro e fécula de mandioca.	87

Tabela 4. 14. Espessura média e absorção de água dos biofilmes elaborados.	89
Tabela 4. 15. Resultados do teste de comparação múltipla para as barrinhas de cereais contendo farinha da vagem de algaroba.	91
Tabela 4. 16. Resultados do teste de aceitação por escala hedônica (1 – desgostei muitíssimo, 9 – gostei muitíssimo) para as barrinhas de cereais contendo farinha da vagem de algaroba..	92

Siglas e abreviaturas

AA – Ácido ascórbico

ABTS – 2,20-azino-bis (ácido 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfônico)

ANS – Antocianidina sintase

ANVISA – Agência de Vigilância Sanitária

ART – Açúcares redutores totais

AT – Atividade antioxidante

CFT – compostos fenólicos totais

DCV – Doença cardiovascular

DFR – 4 -dihidroflavonol-redutase

DPPH – 1,1-difenil-2-picrilidrazil

FA – Fibra alimentar

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

FAT – Fibra alimentar total

FG – Farinha da vagem da algaroba

FI – Figo da índia

FLS – Flavonol sintase

FRAP – Ferric reducing antioxidant power

HPLC-DAD-ESI-MS – Cromatografia líquida (HPLC) e espectroscopia de massa (MS) por electrospray (ESI) acoplado ao detector de arranjo de diodos (DAD)

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

OFI – *Opuntia ficus indica*

M – Madura

MS – Massa seca

MU – Massa úmida

RONs – Espécies reativas de oxigênio e nitrogênio

SM – Semi-maduro

UFGT – Glicose:flavonoide 3 orto-glicosiltransferase

WHO – World Health Organization

Capítulo 1
INTRODUÇÃO

1. Introdução

A região Nordeste equivale a aproximadamente 18% do território brasileiro. Abrange ecossistemas importantes, tais como manguezais, cerrado, restingas e a caatinga, essa última marcada por exemplares da biodiversidade brasileira adaptados às condições de temperatura elevada e baixa incidência pluviométrica. A caatinga constitui o principal bioma do Nordeste, sendo o único exclusivamente brasileiro, ou seja, grande parte da sua riqueza biológica não pode ser encontrada em outro lugar do mundo (Schober, 2002).

Este cenário vem despertando cada vez mais o interesse de pesquisadores, principalmente por esta área abrigar espécies com propriedades fitoquímicas ainda pouco estudadas ou até mesmo desconhecidas (Monteiro et al., 2006, Cartaxo et al., 2010). Em virtude da falta de maiores investigações ou desconhecimento de tecnologias de aproveitamento racional dessas riquezas vegetais, a palma forrageira (*Opuntia ficus indica*), o facheiro (*Philosocereus pachycladus* Ritter) e a algaroba (*Prosopis juliflora* (SW DC)), permanecem subexploradas e destinadas somente ao uso para alimentação animal.

Devido à habilidade de produzir sob condições de recursos hídricos limitados, a palma forrageira pode ter a sua importância incrementada, uma vez que foi evidenciado o uso desta cactácea na medicina popular contra inflamações vaginais e uterinas, infecção urinária, reumatismo, desinteria entre outras aplicações (Albuquerque et al., 2007). A *Opuntia ficus indica* é uma planta originária do México, mas que cresce em regiões áridas e semiáridas em todo o mundo. Os frutos, também conhecidos como figo da índia, são comestíveis, doces e suculentos (Scheinvar, 2001). Piga (2004) afirma que pode ser muito atraente para o crescente mercado de alimentos nutracêuticos, com aplicações em sorvetes (El-Samahy et al., 2009), sucos (Saénz & Sepúlveda, 2001) e marmeladas (Saénz, 2006). A composição química revela carotenoides, vitamina C, compostos fenólicos e principalmente betalaínas, que justificam as pesquisas e as atividades terapêuticas cientificamente correlacionadas: efeitos neuroprotetores (Dok-Go et al., 2003), citotóxicos contra células cancerígenas (Chavez-Santoscoy et al., 2009), atividade antiulcerogênica (Galati et al., 2003) e anticarcinogênica (Zou et al., 2005).

As informações sobre o facheiro são escassas, mas esta cactácea é referenciada por aplicações medicinais para o tratamento da anemia, como combustíveis e em ornamentação. Normalmente o fruto é consumido *in natura* ou utilizado na fabricação de doces e o caule possui propriedades terapêuticas (Lucena et al., 2013).

Por sua vez, a algaroba chegou ao Nordeste Brasileiro no início da década de 40 com a proposta de alimentar animais na forma de forragem e para ser utilizada em reflorestamento. No entanto, seu leque de utilizações cresceu e hoje em dia tem surgido como alternativa para consumo humano, em pães, biscoitos, *muffins* e bebidas (Lima & Lima, 1985; Galán 2009; Silva, 2009).

As plantas que se desenvolvem no semiárido são expostas a condições ambientais extremas. Pesquisas revelam que as espécies submetidas à intensa exposição solar e baixa incidência pluviométrica, típicas do semiárido nordestino, apresentam tendência a modificações na concentração de metabólitos secundários. Pode-se inferir que esses fatores são capazes de influenciar positivamente o acúmulo das substâncias bioativas (Dixon & Paiva, 1995; Pavarini et al., 2012).

Entre os fitoquímicos, os compostos fenólicos são os mais investigados. Apresentam diversidade de estruturas químicas, além de exibir várias funções nos vegetais. Muitos agem como defesa contra herbívoros e patógenos, atrativos de polinizadores (Taiz & Zeiger, 2004) e resultados *in vitro* apontam os fenólicos encontrados em plantas e alimentos como potentes antioxidantes naturais (Almeida et al., 2011; Silva et al., 2014). No caso específico da diabetes tipo 2, pesquisas têm revelado a potencialidade dos fenólicos para serem utilizados na convivência dessa enfermidade, atuando como inibidores de enzimas digestivas - alfa-amilase e alfa-glucosidase – consideradas enzimas-chave do seu tratamento (Kwon et al., 2006; Cheplick et al., 2010).

Tendo em vista o exposto, o presente trabalho pretende investigar a funcionalidade da polpa do figo da índia, facheiro e farinha algaroba e de forma complementar, propor estratégias para sua incorporação em formulações para fins alimentícios. Para isso, os substratos inicialmente foram caracterizados quanto a sua composição físico-química, compostos bioativos, atividade antioxidante, atividade inibitória contra as enzimas alfa-

amilase e alfa-glicosidase. Com base nesses resultados, foram propostas alternativas de aproveitamento dos mesmos, a saber, suco misto produzido a partir do figo da índia e cajá, biofilmes do facheiro e barrinha de farinha de algaroba, de forma a criar fontes alternativas de alimentos com características sensoriais adequadas. Objetivou-se dessa forma, aproveitar as propriedades intrínsecas desses vegetais de importância sócio-econômica para a região de modo a evitar o desperdício e agregando valor a matérias-primas disponíveis no Nordeste.

Capítulo 2
REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA

2. Revisão bibliográfica

2.1 Caatinga Brasileira

O semiárido ocupa uma área aproximada de 970 mil km² concentrada na região Nordeste e parte de Minas Gerais. Essa região se caracteriza pelo balanço hídrico negativo, resultante das precipitações médias anuais inferiores a 800 mm, insolação média de 2800 h/ano, temperaturas médias anuais de 23° a 27° C, evaporação de 2.000 mm/ano e umidade relativa do ar média em torno de 50%. O clima do semiárido brasileiro é pouco diversificado, apesar da sua grande extensão territorial. Mesmo assim, existe um importante gradiente pluviométrico, já que as precipitações diminuem a medida que se adentra o continente, alcançando valores médios inferiores a 500 mm anuais em determinadas regiões (Moura et al., 2007).

A caatinga se constitui um ecossistema extremamente adaptado às condições de aridez. No estado da Paraíba, este bioma aparece entre as condições climáticas do agreste, cariri e sertão. O cariri é considerado uma das regiões mais secas do Brasil, tendo um tipo de vegetação composta principalmente de xerófitas. As espécies são heterogêneas e pouco conhecidas, constituindo-se de cactáceas, bromélias, muitas com nomes populares influenciados pela cultura indígena, como “jurema” e “jurubeba” (Agra et al., 2007). Algumas permanecem subexploradas, as quais poderiam possuir interesse potencial para a agroindústria.

A caatinga Brasileira é considerada uma das regiões semiáridas mais biologicamente diversas do mundo, sendo que 1.133 cidades estão situadas dentro desse ecossistema único (Cartaxo et al., 2010; IBGE, 2010). Sobre a diversidade de espécies da caatinga, a preocupação de Alves (2009) e outros autores citados em seu trabalho reside nas consequências dos impactos ambientais negativos das atividades humanas como fogo, pecuária extensiva, sistema agrícola e extrativismo vegetal que poderiam modificar e destruir esta paisagem. Com isso, parte do conhecimento sobre as plantas, inclusive àquelas com propriedades terapêuticas, corre o risco de perder-se com o tempo, seja por falta de estudos, ou uso inadequado dos recursos vegetais. Algumas espécies sofrem ameaça de desaparecer da

flora nativa devido à ausência de técnicas de conservação e manejo sustentável (Silva et al., 2005).

O maior conhecimento e exploração racional desses vegetais podem levar ao desenvolvimento de um nicho de mercado de consumidores que apreciam suas características únicas e alimentos ricos em compostos bioativos. Albuquerque et al. (2007) documentaram a importância medicinal de várias plantas, entre elas os exemplares neste trabalho, relatando as várias aplicações empíricas derivadas das informações passadas entre gerações e fruto do conhecimento popular.

2.1.1 Figo da índia (*Opuntia ficus indica*)

No mundo, já foram descritas cerca de 300 espécies de cactáceas pertencentes ao gênero *Opuntia*, distribuídas desde o Canadá até a Argentina (Scheinvar, 2001). No Brasil, esse tipo de cactácea, incluindo a palma forrageira, representa importante fonte de forragem nos estados nordestinos da Paraíba, Pernambuco e Alagoas.

A razão do maior interesse nas *Opuntias* e, em particular, na *Opuntia ficus indica* (OFI) é sua importante função no sucesso dos sistemas de agricultura sustentável e em zonas áridas e semiáridas. Isto se deve a seu alto grau de resistência a seca e as altas temperaturas, a sua adaptabilidade a solos pouco férteis e de sua alta produtividade decorrente da alta eficiência no uso da água. Essas características tornam possível sua exploração tanto em regiões que sofram de problemas ambientais e de falta recursos, quanto em áreas desenvolvidas interessadas em sistemas de produção intensiva com reduzido impacto ambiental (Barbera, 2001).

A palma vegeta perfeitamente no clima semiárido brasileiro e produz, assim, forragem e frutos, mesmo em anos com menores índices pluviométricos. Essa cultura é produzida na região para exploração dos cladódios ou “raquetes”, como ração animal (Grangeiro et al., 2007).

Opuntia ficus indica possui coroa larga, caule com 60-150 cm de largura, cladódios obovalados com 30-60 cm de comprimento, 20-40 cm de largura e 19-28 cm de espessura, verde escuro, cobertos por camada de cera (Figura 2.1) (Scheinvar, 2001).

A palma forrageira foi ignorada pelo mundo científico até o início de 1980, quando houve a multiplicação de pesquisas e simpósios, resultando em grande número de publicações, incluindo livros e capítulos de livros. Este interesse renovado deve ser atribuído em parte à multifuncionalidade das frutas. Dados revelam alto teor de alguns componentes químicos, por exemplo, altos níveis de cálcio, magnésio e antioxidantes. Além disso, alguns dos componentes apresentam características promissoras em termos de funcionalidade (Piga, 2004).



Figura 2. 1. Plantação de palma forrageira. Fonte: El-Samahy et al. (2009).

A fruta, também conhecida como figo da Índia (Figura 2.2), recebeu essa denominação devido ao fato de que as primeiras plantas foram observadas em Sevilha, última parada para a viagem até as Índias (Sàenz, 2006). Na língua inglesa denomina-se *cactus pear* (Livrea & Tesoriere, 2006) em substituição a *prickly pear* (Medina et al., 2007), já que alguns autores consideram este último termo como pejorativo, por “*pricly*” significar espinhoso (Sàenz, 2006). É doce, suculenta, comestível, com 5 a 10 cm de comprimento e 4 a 8 cm de largura, piriforme, amarela, laranja, vermelha ou púrpura com muita polpa e casca fina (Scheinvar, 2001).

O figo da Índia é um fruto não-climatérico. Alguns autores consideram o ponto ótimo de colheita com 50% de coloração amarela-alaranjada na casca, semelhante a polpa. Este estado

ideal é confirmado pelo teor de sólidos solúveis e firmeza. Apesar disso, quando a casca está completamente verde, a polpa apresenta significativa coloração amarela-alaranjada. Cantwell (2001) considera o estágio maduro com 75% da casca nesse tom (Figura 2.2).



Figura 2. 2. Aspectos externo (a) e interno (b) do figo da Índia

Atualmente, o espécime *Opuntia ficus indica* é considerado uma espécie frutífera que constitui alternativa econômica para o semiárido brasileiro e que pode contribuir para o desenvolvimento da região, já que é excepcionalmente adaptada às condições edafoclimáticas locais (Grangeiro et. al., 2007). No entanto, ainda não conquistou espaço no mercado brasileiro, talvez pela presença de pequenos espinhos ou por conta do desconhecimento da fruta. O cultivo comercial está concentrado em Valinhos (SP), por obra dos colonos italianos, que trouxeram da terra natal o gosto pelo figo e as técnicas de manejo e também no Rio Grande do Sul (Jornal Correio Rio Grandense, 2006). Também é possível encontrar a fruta sendo cultivada de maneira casual no interior do Nordeste brasileiro.

A fruta apresenta baixa acidez (0,02%), alto conteúdo de açúcar, principalmente frutose e glicose (11-12%) e considerável conteúdo (31-38 mg 100 g⁻¹) de vitamina C (Gurrieri et al., 2000). Existem várias maneiras de processar e consumir o fruto. Em países como o Chile, o suco do figo da Índia é consumido de forma caseira, em restaurantes vegetarianos ou em lojas de produtos naturais, mas ainda não são produzidos a nível industrial (Saénz & Sepúlveda, 2001).

Como exemplo de seu potencial tecnológico, Saéñz et al. (1998) testaram a produção de adoçante natural a partir do figo da Índia. Ao compará-lo com outros tipos tradicionais de adoçantes, a atividade de água de 0,83 foi similar ao do mel e da geleia, apresentando maior estabilidade ao ataque de bactérias durante o período de estocagem. Em relação à avaliação sensorial, os julgadores treinados detectaram doçura maior que o xarope de glicose, porém leve amargor.

No Chile, pesquisadores estudaram a utilização de mucilagem preparada a partir de figo da Índia como revestimento comestível para estender a vida útil de morangos. Na análise da textura, o filme produzido promoveu aumento da firmeza durante a estocagem, reduzindo as perdas por danos mecânicos no manuseio e transporte. Além disso, a cor das amostras não foi prejudicada pelo filme e na avaliação sensorial os julgadores não perceberam mudança no sabor das amostras com o revestimento (Del Valle et al., 2005). A técnica de microencapsulação por *spray dryer* de compostos bioativos desta fruta exótica foi sugerida por Saéñz et al. (2009). A análise do pó encapsulado nas condições ótimas de 140°C e usando maltodextrina como coadjuvante, registrou recuperação de polifenóis maior que 100%, possivelmente como consequência da hidrólise de polifenóis conjugados durante a preparação das amostras e/ou durante o processo de secagem.

Algumas pesquisas relatam o potencial dos frutos de *Opuntia* como fonte de antioxidantes naturais, levando a crer que seu consumo ou de seus produtos pode contribuir com quantidades significativas de antioxidantes na dieta. Saéñz et al. (2009) averiguaram esta informação reportando 3,30 mmol TEAC (*Trolox-Equivalent Antioxidant Capacity*)/g na polpa do figo da Índia, enquanto Stintzing et al. (2005) reportaram 2,32 mmol TEAC/g de polpa.

Segundo Kuti (2004), a capacidade antioxidante dos frutos pode ser atribuída aos flavonoides, ácido ascórbico e carotenoides presentes. A quercetina foi o flavonóide mais abundante encontrado na espécie *Opuntia ficus indica*, assim como o caempferol. O perfil de flavonóides obtido por Galati et al. (2003) indica teor de 652,5 µg/g de flavonol-glicosídeo, sendo que isorametina e seus derivados foram os flavonóides predominantes. Medina et al. (2007) apontam em seu estudo que a fruta desta espécie possui 45,2 mg/100g de compostos fenólicos. O conteúdo de fenólicos totais determinado na polpa do fruto de mesma espécie por

Saénz et al. (2009) chegou a 99 mg/100g, valor maior ao encontrado por Stintzing et al. (2005) que foi de 66 mg/100g.

Diversos estudos correlacionam positivamente o figo da Índia com efeitos bioquímicos e farmacológicos, que incluem propriedades anticarcinogênicas, antiulcerogênicas e efeitos neuroprotetores. Por exemplo, Galati et al. (2002) demonstraram a atividade protetora do suco de *Opuntia ficus indica* contra úlcera induzida por etanol em ratos. O etanol produz injúria na mucosa gástrica, provavelmente devido ao acúmulo de radicais livres tóxicos, e o pré-tratamento com o suco preserva a integridade da mucosa. Os autores concluíram que o efeito protetor depende da atividade antioxidante dos fitoquímicos do suco, entre eles flavonóides, os quais são efetivos sequestradores de radicais prejudiciais à mucosa. Dok-Go et al. (2003) conduziram experimentos com células neurais injuriadas de ratos, provocadas pela exposição ao peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e acreditam que os flavonóides quercetina e 3-metil-éter-quercetina isoladas de *O. ficus indica* foram os responsáveis pelos efeitos neuroprotetores observados.

A viabilidade *in vitro* de células cancerosas da mama (MCF-7), próstata (PC3), colón (Caco2) e hepáticas (HepG2) diminuíram após passar pelo tratamento com o suco obtido de nove variedades de figo da Índia cultivadas no México. Os fitoquímicos determinados no estudo foram flavonóides e betalaínas, que em cada cultivar encontraram-se em quantidades diferentes, fato apontado como responsável pelas diferenças nos mecanismos de bloqueio das funções celulares (Chavez-Santoscoy et al., 2009).

Pesquisas *in vitro* mostram que a polpa do fruto é capaz de induzir a morte por apoptose de células com leucemia mielóide crônica K562. Os resultados foram atribuídos às betaninas purificadas nas concentrações de 10-80 µM (Sreekanth et al., 2007). Estes estudos evidenciam que o figo da Índia tem potencial nutracêutico, em razão dos benefícios que podem ser atribuídos ao consumo regular desta fruta, como ocorre em países como o Chile.

2.1.2 Facheiro (*Philosocereus pachycladus* Ritter)

O facheiro (*Philosocereus pachycladus* Ritter), exemplo de cactácea nativa (Lucena et al., 2013), presente no semiárido (Figura 2.3), possui frutos de epicarpo vermelho arroxeado

após atingir maturação fisiológica, do tipo baga, medindo aproximadamente 3 cm, polpa carnosa e suculenta, além de inúmeras sementes obovado-oblíquo de coloração preta (Abud et al., 2010).



(a)



Figura 2. 3. (a) Fruto do facheiro preso à planta; (b) Acompanhamento das diversas fases do amadurecimento do facheiro. Fonte: Arquivo pessoal de Dra. Maristela Santana.

As informações sobre esta espécie são escassas, todavia sabe-se que é utilizada pelos agricultores para alimentação dos animais na seca e também há registro de consumo pela população local (Nascimento et al., 2011). Entre as espécies de catáceas que tem sido alvo de pesquisas no semiárido, o facheiro foi a mais citada em uma comunidade de Cabaceiras – PB. Recebeu 273 notificações, superior até a OFI. É aproveitada pelos moradores sob a forma de planta inteira, caule e frutos, como planta medicinal, ração animal e produção de doces, respectivamente. A polpa do caule pode ser consumida cozida ou assada e o fruto, preferivelmente, *in natura* (Lucena et al., 2013).

2.1.3 Algaroba (*Prosopis juliflora* SW DC)

Entre as numerosas espécies de *Prosopis* existentes, no Brasil cultiva-se principalmente a algarobeira (*Prosopis juliflora* SW DC) (Mendes, 1987; Galán et al., 2008), embora a espécie *Prosopis pallida* também seja mais comumente dissipada (Bravo et al., 1998). Trata-se de uma planta da família Fabaceae (*leguminosae*), subfamília Mimosodae. Originária dos Andes no Peru, a planta se espalhou pelo México, sudoeste dos Estados Unidos, Índia, África do Sul e Austrália, Jamaica e Havaí (Mendes, 1987). Apresenta as denominações na língua inglesa de *mesquite*, *algarrobo* em espanhol e algarobeira em português.

No Nordeste Brasileiro, essa xerófita foi introduzida nos anos 40, com a finalidade de ocupar as terras áridas e secas dessa região, devido sua notável resistência à seca e solos pobres (Mendes, 1987). Apresenta a importante característica de frutificar na época mais seca do ano, quando os estoques de forragens naturais atingem estágio crítico. Dessa forma, é capaz de propiciar alimento de elevado valor nutricional, principalmente para a criação de caprinos e bovinos (Silva et al., 2003).

A árvore produz vagem (Figura 2.4) com casca amarela e composta por três partes: mesocarpo (polpa), endocarpo (casca fibrosa) e sementes (Pasicznik et al., 2001). Tem 10 a 40 cm de comprimento, 15 a 20 mm de largura e 4 a 5 mm de espessura contendo, em média, 17 sementes (Mendes, 1987).



Figura 2. 4. Vagem da algaroba. Fonte: Silva (2009).

Silva et al. (1996) verificaram que a vagem de algaroba apresenta conteúdo de proteína similar a do milho, porém apresenta valor mais elevado de fibras. Os autores relataram ainda que a polpa da vagem (56% do fruto) possui 1,6% de fibra solúvel associada a 0,88% de tanino solúvel e 31% de fibra insolúvel associada a 0,33% de taninos condensados. A vagem também foi estudada por Galán et al. (2008), os quais observaram 0,79% de extrato etéreo, 8,84% de proteína bruta, 40,15% de fibra e 52,51% de açúcares redutores. O teor de polifenóis totais foi de 0,49 mg de ácido tânico/100g de matéria seca, ao passo que Pizzani et al. (2006) constataram na matéria seca 0,78% de fenólicos totais e 0,08% de taninos condensados.

A maior aplicação para as vagens de algaroba é como ração animal. Contudo, no interior do Estado do Rio Grande do Norte já foram relatados casos de intoxicação e morte de bovinos alimentados com vagens de *Prosopis juliflora*. Casos menos frequentes são observados em caprinos (Silva et al. 2006). Segundo Tabosa et al. (2006), este fato pode derivar de dieta alimentar desbalanceada e por período prolongado, já que em seu trabalho, o gado apresentou intoxicação somente após ingestão de dietas com 50% e 75% das vagens durante 45 a 75 dias.

Em relação ao homem, existem relatos que os índios do Peru, Chile e Argentina já utilizavam a vagem de algaroba em sua alimentação (Mendes, 1987). Sua inocuidade já

comprovada faz o Ministério da Saúde sugerir a farinha dessa leguminosa como substituição parcial da tradicional farinha de trigo na receita de bolo caseiro (Brasil, 2002).

Em outros produtos alimentares, Lima & Lima (1985), testaram a algaroba na fabricação de pães e biscoitos. Para o pão francês, a incorporação de 5 a 10% de farinha de algaroba mostrou-se viável. Quanto à elaboração de biscoito, o resultado da avaliação sensorial mostrou que os tratamentos utilizando farinha de algaroba apresentaram melhor aceitação quando comparados à formulação padrão, constituída apenas de farinha de trigo e semolina.

Do ponto de vista fisiológico, a farinha de algaroba não contém glúten (Sauders et al., 2004), mas quantidade de energia e proteína aproximadamente iguais a farinha de trigo (Felker et al., 2003), podendo deste modo, ser utilizada como ingrediente em produtos direcionados para pessoas que tem intolerância a este componente. Os Estados Unidos importam a farinha do mesocarpo das vagens de algaroba *Prosopis pallida* do Peru e *Prosopis alba* da Argentina com o objetivo de melhorar o *flavour* e aroma de alimentos sem glúten, característica causada pela presença do componente volátil 5,6-dihidro-6-propil-2H-pirano-2 (Takeoka et al., 2009).

Apesar da farinha de algaroba não fornecer características de extensibilidade aos produtos, como acontece com a utilização da farinha de trigo, pode ter outras aplicações tecnológicas, por exemplo, melhorar o aroma (Felker et al., 2003). Além disso, Galán (2009), preocupado em formular alimentos com maior teor de fibras, menor adição de açúcares e presença de antioxidantes, incorporou farinha da vagem de algaroba (*Prosopis alba*) na formulação de bolinhos (*muffins*). Foram preparados *muffins* com 0%, 10%, 20%, 30%, 40% e 50% de farinha da algaroba e os resultados indicaram que a substituição de farinha de trigo em até 50%, produz produto com reduzido teor calórico e elevado teor de fibras. Outra estratégia de aproveitamento para a algaroba foi testada por Silva et al. (2003), onde o alto teor de açúcar presente nas vagens foi explorado para produção de aguardente.

Galán et al. (2008) verificaram boa digestibilidade *in vitro* através de um sistema composto por enzimas digestivas pepsina/pancreatina que forneceram 66,45% para *Prosopis juliflora* e 45,57% para a espécie *Prosopis nigra*.

2.2 Alimentos funcionais e compostos bioativos

A escolha de um determinado tipo de alimento pelo consumidor é influenciada por uma complexa interação de fatores, incluindo aspectos eminentemente culturais (Pettinger et al., 2005). Atualmente os consumidores estão preocupados em satisfazer muito mais do que suas necessidades básicas, desejando encontrar alimentos benéficos para manter a saúde e promover bem estar. Esse conceito é uma nova tendência que deve estar sempre associado à praticidade e sabor (Guthman, 2003).

A procura por novas matérias-primas para a elaboração de alimentos fundamenta-se nas características físico-químicas, adequação tecnológica e, agora mais recentemente, também no conteúdo de compostos bioativos. A investigação destes parâmetros é importante para conhecer o valor nutricional das matérias-primas e aumentar a qualidade e valor comercial do produto final a ser elaborado (Souza et al., 2012). Por conseguinte, as empresas de alimentos reconheceram essa oportunidade e lançam no mercado produtos com propriedades fisiológicas ou funcionais comprovadas.

No Japão, os alimentos que além de satisfazerem às necessidades nutricionais básicas desempenham efeitos funcionais que vêm sendo estudados e desenvolvidos desde o início da década de 80. Em 1984, o Governo do Japão utilizou pela primeira vez o termo “alimento funcional”, seguido em 1991, da denominação de *Foshu*, do inglês *foods for specified health use* (Sgarbieri & Pacheco, 1999). Hoje, o Japão possui sistema de regulamentação bem-definido e estabelecido. O mercado tem mais de 600 produtos tipo “*FOSHU*”. Seguindo o exemplo japonês, outros países da Ásia conseguiram desenvolver regulamentos para a produção e utilização de alimentos funcionais (Zawistowski, 2008).

Na Europa, um alimento pode ser considerado como funcional se for demonstrado benefícios a uma ou mais funções alvo no corpo, além dos efeitos nutricionais, de forma a contribuir para melhor estado de saúde, bem-estar e/ou redução do risco de doenças (Gulati & Ottaway, 2008).

Na América Latina, a legislação brasileira é a única que inclui alegações funcionais e de saúde para componentes nutrientes ou não-nutrientes. Embora não exista nenhuma definição oficial de alimentos funcionais no Brasil, as normas estão baseadas no conceito de que são

alimentos e não drogas, e como tais fazem parte de uma dieta normal com efeitos benéficos à saúde. Apenas alegações de manutenção da saúde e redução do risco da doença são permitidas, sendo proibidas alegações de prevenção e cura. Neste último caso, o produto é considerado como sendo droga e classificado como tal. Nesse ponto, existe uma distinção clara entre alimentos e drogas, tanto pela forma de utilização e apresentação, bem como a população alvo. A Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) regulamentou por meio da Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999 (*Regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos*) a definição de propriedades funcionais (BRASIL, 1999). O termo diz respeito ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano (Toledo & Lajolo, 2008).

A legislação também reconhece a nomenclatura de compostos bioativos. Desde 2002, a RDC nº2 está em vigor com as diretrizes a serem adotadas para avaliação de segurança, registro e comercialização de substâncias bioativas e probióticos isolados com alegações de propriedade funcional e/ou saúde. Os produtos, entre outros, incluem carotenoides, flavonóides e polifenóis (Brasil, 2002). Às vezes, os autores utilizam termos como fitoquímicos, quando estes compostos não são nutritivos e são provenientes de frutas e vegetais (Rodriguez et al., 2006) e ainda nutracêuticos para compostos específicos presentes e/ou isolados dos alimentos.

Nesta seção, serão enfatizadas as características e importância dos elementos bioativos relevantes para este trabalho, sejam eles contemplados na legislação brasileira ou descritos na literatura internacional.

2.2.1 Fibra alimentar

As definições a respeito das fibras alimentares (FA) iniciaram-se na década de 50, no entanto atualmente ainda permaneçam controvérsias sobre o conceito exato. Cho (2001) afirmam que fibra alimentar consiste nos remanescentes de células vegetais comestíveis, polissacarídeos, lignina e substâncias associadas resistentes à digestão pelas enzimas

alimentares humanas. Órgãos internacionais (FAO/WHO) permitem definições mais abrangentes envolvendo carboidratos sintéticos que apresentem efeitos fisiológicos benéficos à saúde e aceitos pelas evidências científicas. Essas funções fisiológicas seriam a capacidade de serem fermentadas pela microflora do cólon, capacidade de reduzir o nível de colesterol no sangue e ainda diminuir o nível de glicemia pós-prandial (Philips et al., 2013). No Brasil, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), é definida como “qualquer material comestível que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano” (Brasil, 2003).

Típicos componentes das fibras alimentares são celulose, hemicelulose, ligninas, pectinas, gomas e mucilagens, que podem vir de cereais, hortaliças e frutas. Cereais são boas fontes de celulose, ao passo que o teor de lignina é maior em frutas ou em hortaliças imaturas. Além disso, as fibras podem ser divididas baseadas na solubilidade em água. Fibras insolúveis consistem na celulose, lignina e hemicelulose conhecidas por afetar o funcionamento do intestino grosso. Por sua vez, as fibras solúveis compreendem pectinas, gomas e mucilagens das frutas e legumes, as quais tem a propriedade de reduzir o colesterol sérico e absorção da glicose. As propriedades funcionais das fibras podem ser encontradas detalhadamente no Cho (2001).

De acordo com a legislação brasileira, a RDC nº54 de 2012 da ANVISA considera para termos de rotulagem e alegação de auxiliar no funcionamento do intestino, que os alimentos com teores iguais ou superiores a 3 g/100g, podem ser considerados como alimentos-fonte deste componente (Brasil,2012). Além das origens convencionais, sabe-se que o teor significativo de FA pode ser encontrado em alimentos e produtos que vem sendo pesquisados, nem sempre convencionais ou em resíduos industriais. Apresentam importância do ponto de vista nutricional e ainda podem ser melhor explorados, por exemplo, para aplicações no enriquecimento de alimentos (Giuntini et al., 2003).

2.2.2 Ácido ascórbico

O ácido ascórbico (AA) (Figura 2.5) é a principal forma biologicamente ativa da vitamina C, micronutriente envolvido em funções biológicas e bioquímicas do organismo

humano. Necessita ser adquirido pela dieta, tendo em vista que o corpo humano é incapaz de sintetizá-lo. A acerola (Yamashita et al., 2003), além de hortaliças como tomate, brócolis, pimenta verde e vermelha, couve-flor e repolho (Naidu, 2003; Hernández et al., 2006) são fontes deste componente. Sua concentração varia com as condições de crescimento, maturação e tratamento pós-colheita. Geralmente, o ácido ascórbico em frutas é mais estável que em hortaliças, em razão de sua maior acidez (Ribeiro & Seravalli, 2007).

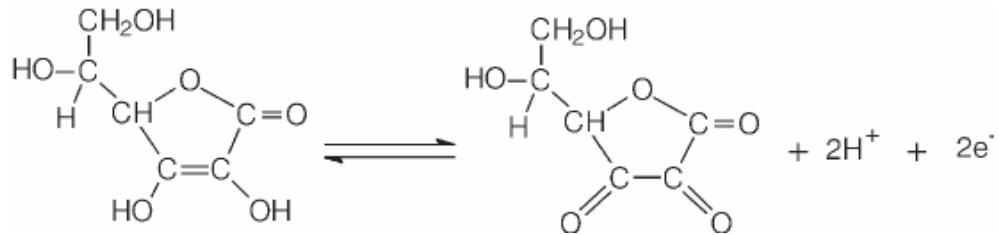


Figura 2. 5. Oxidação do ácido ascórbico ao ácido dehidroascórbico. Fonte: Adaptado de Ribeiro & Seravalli (2007).

Mélo et al. (2006) determinaram os teores de ácido ascórbico em frutas e hortaliças usualmente consumidas pelos brasileiros. Entre as frutas analisadas, o caju dispõe de maior nível de ácido ascórbico, seguido da goiaba. O repolho roxo apresentou os melhores resultados entre as hortaliças, enquanto que o abacaxi mostrou teor de 24,98 mg de ácido ascórbico por 100 g de peso fresco.

Em se tratando das matérias-primas alvo deste estudo, a maioria das informações dizem respeito ao figo da índia. O conteúdo pode variar, por exemplo, de 2,09 a 5,33 mg/100g dependendo da variedade, cor da polpa e localização geográfica (Sumaya-Matínez et al., 2011). Além disso, a forma de obtenção da amostra também pode influenciar, a centrifugação como forma de refinamento da polpa pode diminuir a concentração de AA (Jiménez-Aguillar et al., 2011).

2.2.3 Carotenóides

Carotenóides representam um grupo de pigmentos encontrados em espécies vegetais, estando associados ao desenvolvimento das cores vermelha, amarela e laranja de frutas e hortaliças (Sass-Kiss, 2005).

Mais de 600 carotenóides naturais já foram identificados (Britton, 1995; Rao & Rao, 2007), sendo que alfa-caroteno, beta-caroteno (Figura 2.6), licopeno, luteína e criptoxantina são os mais abundantes (Sass-Kiss, 2005). Segundo o relato de pesquisadores, exercem efeito na prevenção de doenças do coração e câncer (Johson, 2002; Rao & Rao, 2007). Aproximadamente 50 carotenóides são precursores da vitamina A, com destaque para o beta-caroteno que apresenta a maior atividade de vitamina A (Ambrósio et al., 2006).

O damasco é excelente fonte de β -caroteno, representando de 60-70% do conteúdo total de carotenoides (Sass-Kiss, 2005). Luteína e β -caroteno foram detectados em variedades de nabo, repolho, beterraba e couve oriundas de Portugal (Dias et al., 2009), e em frutas (melancia, maçã, uva, tangerina, ameixa) e hortaliças (alface, batata doce e pimenta) da Coreia, enquanto que alfa-caroteno foi identificado apenas em tangerina e pimenta (Kim et al., 2007). Setiawan et al. (2001) conseguiram detectar criptoxantina (89 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ de peso fresco), licopeno (399 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ de peso fresco) e beta-caroteno (230 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ de peso fresco) em abacaxi produzido na Indonésia. Entre as frutas e hortaliças brasileiras analisada por Mélo et al. (2006) a concentração dos carotenoides totais foi maior no mamão papaya (46,38 $\mu\text{g}/\text{g}$) e em cenouras (95,08 $\mu\text{g}/\text{g}$).

Já foram mencionados carotenóides em várias espécies de *Opuntia* por Kuti (2004). *O. ficus indica* 2,9 $\mu\text{g}/\text{g}$ amostra fresca; *O. streptacantha* 14,6 $\mu\text{g}/\text{g}$ amostra fresca; *O. stricta* 23,7 $\mu\text{g}/\text{g}$ amostra fresca. Mais recentemente Yahia & Mondragon-Jacobo (2011) confirmaram beta-caroteno em variedades de *O. megacantha*.

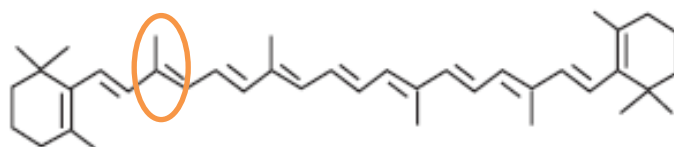


Figura 2. 6. Estrutura do beta-caroteno com destaque para a unidade isoprenóide característica dos carotenoides. Fonte: Delgado-Vargas & Paredez-Lopez (2002).

2.2.4 Betalaínas

Quimicamente, as betalaínas (Figura 2.7) são definidas por uma estrutura que engloba todos os componentes derivados do ácido betalâmico (mais de 50 estruturas já foram descritas). São classificadas em dois grupos: betacianinas e betaxantinas, de coloração vermelho-púrpura e amarelo, respectivamente. Cada grupo de pigmentos é caracterizada por radicais R1-N-R2 específicos, que podem ser hidrogênio, grupos aromáticos ou outro substituinte, mas com a mesma estrutura básica. A cor é atribuída à ressonância das ligações duplas. Quando na estrutura básica ocorre a substituição por anel aromático, observa-se alteração na absorção máxima de 540 nm (vermelho-púrpura betacianinas) a 480 nm (amarelo-betaxantinas). As estruturas dos pigmentos podem ser visualizadas na Figura 2.7 (b) e (c). (Delgado-Vargas & Paredes-López, 2002).

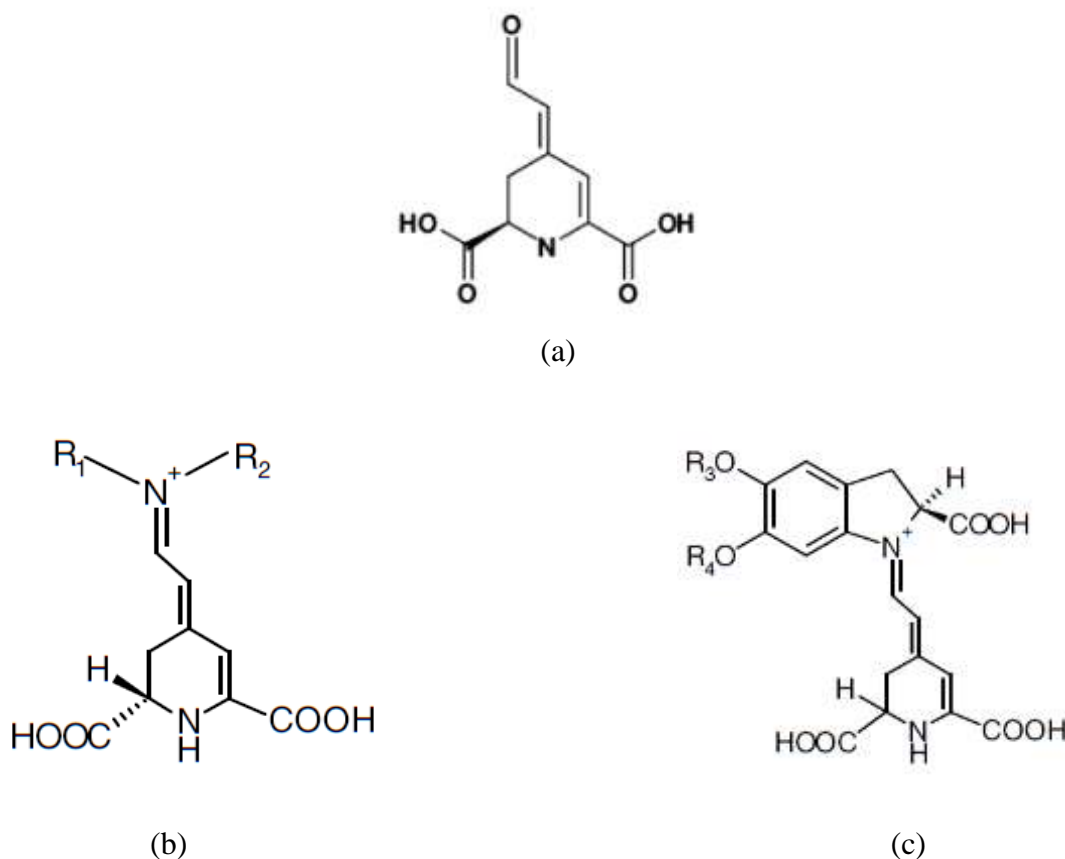


Figura 2. 7. Estrutura ácido betalâmico (a), Becianinas (b) e betaxantinas (c).

As betalaínas já foram identificadas em espécies de 10 famílias Aizoacea, Amaranthaceae, Basellaceae, Cactaceae, Chenopodiaceae, Didieraceae, Holophytaceae, Nyctaginaceae, Phytolaccaceae, and Portulacaceae (Mabry et al., 1963). Representantes de *Chenopodiaceae*, beterraba vermelha (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris*) (Vitti et al., 2005) e *Cactaceae* (Yahia & Mondragon-Jacobo, 2011) são as mais conhecidas. Entre as cactáceas podemos destacar pesquisas envolvendo o gênero *Opuntia*, com destaque para *Opuntia stricta* (Castellar et al., 2012), *Opuntia ficus-indica* (Stintzing et al., 2005; Moßhammer et al., 2005). *O. stricta* pode ser considerada boa fonte deste pigmento, principalmente na coloração vermelha (betanina e isobetanina), o mesmo encontrado na beterraba e são facilmente extraídas em solvente aquoso (Castellar et al., 2003).

A literatura científica relata correlação entre a atividade antioxidante e a presença de betacianina e betaxantina em clones de *Opuntia*, assim como ocorrência de fenólicos e ácido ascórbico (Stintzing et al., 2005).

As betalaínas encontram-se substituindo as antocianinas em plantas da ordem Caryophyllales, exceto na família das Caryophyllaceae e Molluginaceae. Betalaínas e antocianinas são excludentes, ou seja, não co-existem na mesma planta. A razão desta exclusão mútua ainda é desconhecida (Staford, 1994; Shimada et al., 2004). No entanto, o fenômeno tem sido examinado de perspectivas genéticas e evolucionárias, partindo desde a biossíntese dos flavonóides. Os compostos dihidroflavonois são a chave da síntese de flavonols e antocininas, mas ao que tudo indica este último pigmento é bloqueado em Caryophyllales (Figura 2.8) (Shimada et al., 2005).

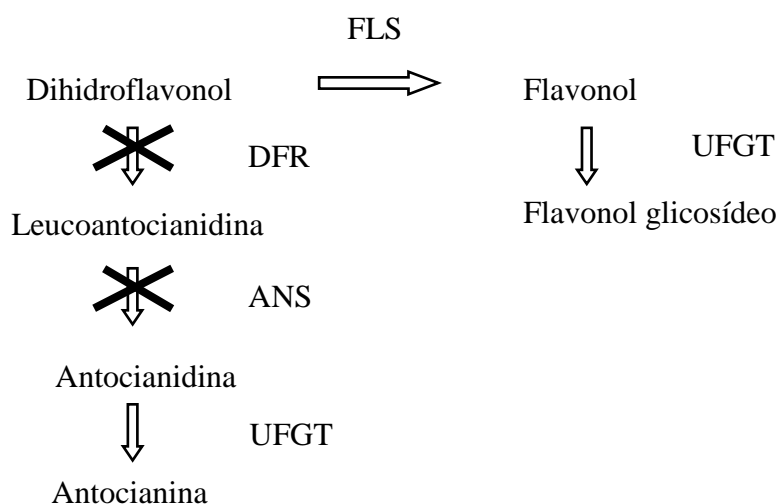


Figura 2. 8. Provável esquema do metabolismo de flavonoides em Caryophyllales. DFR - 4-dihidroflavonol-redutase; ANS - antocianidina sintase, FLS – Flavonol sintase; UFGT – Glicose:flavonoide 3 orto-glicosiltransferase.

O conhecimento das enzimas 4-dihidroflavonol-redutase (DFR) e antocianidina sintase (ANS) envolvidas na rota de dihidroflavonol a antocianina também pode ajudar no entendimento desse processo. Shimada et al. (2004) afirmam que o gene de DFR em espinafre (vegetal da ordem Caryophyllales, mas não sintetizador de antocianina) possui alto grau de identidade comparada a plantas produtoras de compostos antociânicos, mesmo assim o metabolismo das antocianinas parece ser inibido.

2.2.5 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos constituem um dos grupos de substâncias mais numerosos e amplamente distribuídos no reino vegetal, com mais de 10.000 estruturas quimicamente heterogêneas, a estrutura básica e mais simples está representada na Figura 2.9, um anel aromático ligado ao radical hidroxila (OH).

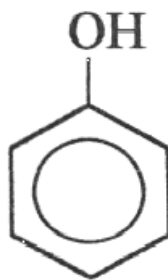


Figura 2. 9. Estrutura química de um fenol simples. Fonte: Taiz e Zeiger (2004).

Ocorrem principalmente na forma conjugada, com um ou mais resíduos de açúcar ligados a grupos hidroxila, embora também existam as ligações diretas do açúcar com um átomo de carbono do anel aromático. As associações com açúcares podem estar presentes com monossacarídeos, dissacarídeos, ou mesmo com oligossacarídeos. A glicose é o resíduo

de açúcar mais comum, apesar de galactose, ramnose, xilose e arabinose também serem encontrados, bem como ácidos glucurônico e galacturônico e muitos outros. Associações com outros compostos, tais como ácidos carboxílicos e orgânicos, aminas e lipídios, e as ligações com outros fenóis são também comuns (Bravo, 1998).

Atualmente sabe-se que esses elementos contribuem para as qualidades organolépticas e nutricionais das frutas e hortaliças, além de exercerem importantes funções como antioxidantes (Vattem & Shetty, 2003; Almeida et al., 2011; Fu et al., 2011).

Fenólicos naturais podem variar desde moléculas simples, tais como ácidos fenólicos, até compostos altamente polimerizados, como taninos. Os ácidos fenólicos, os flavonóides e os taninos podem ser considerados como sendo os principais grupos de compostos fenólicos (King & Young, 1999). Dentre as polpas de frutas tropicais brasileiras estudadas por Silva et al. (2014), a acerola foi selecionada como a de mais alta concentração de fenólicos (> 500 mg GAE/100 g de massa seca), seguida por caju, pitanga e graviola. Almeida et al. (2011) reportaram 445,6 para mamão, 298,6 para abacaxi e 122,2 para tamarindo, todos resultados expressos em mg GAE/100 g de massa seca. Sabendo da importância farmacológica que as espécies nativas e exóticas podem oferecer, Pereira et al. (2013) avaliaram a concentração fenólica de araticu-do-mato, butiazeiro e mandacaru-de-três-quinhas. Este último mereceu destaque com 1337,3 mg GAE/100 g. Estudos assim, propiciam a população a possibilidade de variar sua dieta ao saber que plantas nativas ainda economicamente, subexploradas são capazes de oferecer nutrientes. Além disso, ampliam as alternativas de utilização como em sucos, doces e sorvetes.

2.3 Fatores de influência sobre a variabilidade dos compostos bioativos

2.3.1 Fatores bióticos e abióticos

O metabolismo secundário de plantas pode se alterar consideravelmente devido à influência de fatores bióticos, relacionados às interações do sistema de defesa das plantas contra ataque de patógenos, insetos e também aspectos fisiológicos (fenologia e ontogenia). Outra possível interferência refere-se a fatores abióticos, tais como radiação ultravioleta,

disponibilidade de água, temperatura e composição do solo. Acredita-se que o conhecimento sobre as condições de desenvolvimento das plantas podem dar indícios da quantidade e tipos de seus compostos bioativos (Dixon & Paiva, 1995; Pavarini et al., 2012).

Tendo como base o mostrado por Dixon & Paiva (1995), pode-se inferir que o semiárido apresenta condições de estresse hídrico e altas temperaturas (Marengo, 2008), fatores capazes de influenciar positivamente o acúmulo das substâncias bioativas. Com efeito, essa região possui flora diversa com propriedades fitoquímicas e farmacológicas já identificadas (Cartaxo et al., 2010). Apesar disso, muito ainda precisa ser explorado, de modo que o potencial bioativo e tecnológico do patrimônio genético desse bioma exclusivamente brasileiro seja esclarecido.

Conhecer os fatores que induzem variações no conteúdo de metabólitos secundários motiva estudos para definir as condições e períodos em que o cultivo e/ou colheita devem ser realizados a fim de se alcançar as concentrações mais elevadas de compostos bioativos. É sugerido que a análise desses dados possam ampliar o conhecimento das interações ecológicas de plantas com o meio ambiente e permitir estratégias para aumentar a produtividade de plantas utilizadas na agricultura (Pavarini et al., 2012).

Nesse contexto, os compostos fenólicos têm sido os mais estudados. Rivero et al. (2001) trazem a análise da resposta metabólica de fenóis em culturas de tomate e melancia submetidas à situação de estresse térmico. Os dados mostram que quando tomates com temperatura ótima de crescimento entre 15° C a 22° C são semeados a 35° C, ocorre aumento na atividade de fenilalanina amônia-liase (PAL), enzima associada à síntese de fenilpropanóides em plantas superiores, assim como aumento no conteúdo fenólico. Os autores mostraram que existe relação significativa entre a atividade de PAL e concentração de fenóis solúveis, sugerindo que as plantas podem direcionar seu metabolismo para acúmulo de compostos fenólicos causada pela ativação da enzima PAL, em resposta à situação de estresse ocasionada pelo cultivo em temperaturas de crescimento diferentes da temperatura ótima.

Quanto ao estresse hídrico, Hernández et al. (2004) apontam elevação do conteúdo de flavonóides em *Cistus clusii*, planta típica do Mediterrâneo e que cresce em condições climáticas extremas. Os flavanóis epicatequina e epicatequina galato foram encontradas no

vegetal, sendo que o segundo composto alcançou máxima concentração após 30 dias sob condições de seca, quando o conteúdo de água da folha chegou a 75%.

Pesquisas recentes realizadas com rúcula demonstraram que esse vegetal quando germinado com maior intensidade de luz, apresenta níveis elevados (até 15 vezes maior) de todos os tipos de flavonóides investigados. Foi verificado também o aumento no conteúdo de fenólicos e antioxidantes totais quando as amostras das folhas foram mantidas sob atmosfera controlada a 4 °C (Jin et al., 2009).

Assunção & Mercadante (2003) conduziram um estudo sobre o efeito da variedade e da localização geográfica sobre o teor de compostos bioativos presentes em caju provenientes das regiões Nordeste e Sudeste do Brasil. As autoras observaram que tanto para os caju vermelhos quanto para os amarelos, foi observado teor de carotenóides totais e vitamina A superior ($p < 0,0001$) nos caju do Nordeste quando comparados aos caju do Sudeste. Além disso, o teor de vitamina C também apresentou a mesma tendência ($P < 0,0148$), dessa vez somente para os caju amarelos. O estudo sugere que a alta incidência solar do Nordeste seria a justificativa para as diferenças observadas. Dias et al. (2009) confirmam as hipóteses dos autores anteriores e reiteram que a quantidade de carotenóides nos alimentos varia com a espécie, variedade e fatores como solo, luminosidade e estágio de maturação.

Da mesma maneira, o teor de ácido ascórbico de vegetais está relacionado às características genéticas, época de colheita, além do tempo de estocagem e processamento do alimento a ser analisado (Franke et al., 2004). Hernández et al. (2006) avaliaram o teor de vitamina C de frutas tropicais em diferentes estágios de maturação por dois métodos de determinação (titulométrico e cromatografia líquida). Nas análises de laranja (verdes, semi-maduras e maduras), mamão e abacaxi maduros e manga (verdes e semi-maduras), não houve diferença significativa entre os resultados dos dois métodos. Entre estas frutas, o maior teor quantificado desta vitamina foi no mamão em completo estágio de maturação.

2.3.2 Extração de compostos bioativos

Extrair os compostos bioativos preservando a sua funcionalidade constitui um desafio para as pesquisas. Quanto aos compostos fenólicos, Shahdi e Naczk (2003) observaram que a

quantificação pode ser afetada diretamente pela sua natureza química (simples ou altamente polimerizada), tamanho da partícula, sucessivas extrações, por retirar açúcares e ácidos orgânicos, interferentes do popular método de Folin-Ciocalteu e ainda o tipo e concentração do solvente. Diversos solventes - metanol, etanol, propanol, acetona, acetato e suas combinações - são frequentemente utilizados para a extração de bioativos. Por conseguinte, é improvável se adotar um único procedimento de extração para todos os compostos fenólicos das plantas. É importante selecionar o solvente levando-se em conta a seletividade, baixa volatilidade, inflamabilidade, toxicidade e custos (Meireles, 2009).

Estudos semelhantes em cítricos, Li et al. (2006) relataram que o conteúdo de CFT foi afetado pelo método de preparação das amostras, temperatura de extração, tipo de solvente e sua concentração. Relativo ao solvente, o etanol apresentou-se mais eficiente até a concentração de 85% e foi preferível ao metanol, por conferir mais segurança para emprego na indústria de alimentos. O leve aumento na temperatura foi importante para enfraquecer a parede celular e liberar compostos que antes não haviam sido quantificados. Rockenbach et al. (2008) também estudaram o efeito do solvente, comparando etanol e acetona a diferentes concentrações sobre a quantificação de CFT. A relação água:acetona 50:50 e 30:70 demonstraram os melhores resultados. Segundo os autores, as características físico-químicas dos extratores assemelham-se as características presentes no bagaço de uva das variedades estudadas.

Em contrapartida, geralmente os estudos mostrando a determinação de betalaínas utiliza água como solvente (Stintizing et al., 2005). Castellar et al. (2003) extraíram betacianina utilizando água, etanol:água (80:20) e tampão citrato fosfato pH 5,5 de cactáceas *O. stricta*, *O. undulata* e *O. ficus-indica*. Constataram que em todos os casos, a água apresentou melhores níveis de extração. Também se tem sugerido, além de avaliar o extrator, verificar a influência do pH e presença de luz na estabilidade das betalaínas. Sabe-se a estabilidade da cor da betanina em solução é fortemente influenciada pelo pH e aquecimento. A degradação pode ser percebida pela exposição à luz e oxigênio. Estes efeitos são cumulativos, mas certa proteção pode ser oferecida por agentes antioxidantes como ácidos ascórbicos e isoascórbicos (Ribeiro & Seravalli, 2007). Gandia-Herrero et al. (2010) mostraram que a taxa de degradação foi menor em pH 4,5 e 8. A presença de luz diminuiu a estabilidade de betaxantinas. O

pigmento permaneceu estável em pH 6 e 7, na ausência e presença de luz, enquanto que indicaxantina não resistiu a presença de luz durante 240 h.

Na análise de betalaínas podem ser utilizadas diferentes metodologias desde métodos espectrofotométricos a métodos separativos como a cromatografia líquida. A partir da reação de colorimetria, o teor de betalaínas pode ser determinado espectrofotometricamente, seguido da aplicação de equações (Nilson, 1970; Stintzing et al., 2005). No entanto, este método fornece estimativa da concentração total de pigmentos (betacianina e betaxantina), carecendo de especificidade, além de necessitar de dados como absorvidade e massa molar dos componentes a serem estimados. Mesmo assim, esta metodologia encontra espaço na literatura (Catellar et al., 2003; Sumaya-Martinez et al. 2011; Castellar et al. 2012).

A cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) é o método escolhido para análise destes compostos, devido à sua versatilidade e precisão. Nesta técnica, para o estudo de compostos com alguma polaridade é comum o uso de colunas de fase reversa do tipo C18, e um sistema binário de solventes, como o ácido fosfórico ou fórmico e um solvente orgânico como o acetonitrilo ou metanol. A detecção das betalaínas pode ser feita em comprimentos de onda compreendidos em 480 nm (betaxantinas) e 538 nm (betacianinas) (Stintzing et al., 2002). A espectrometria de massa (MS) é uma técnica que permite a identificação e quantificação em amostras complexas através da detecção do íon molecular e respetivos fragmentos. Esta técnica é comumente associada à cromatografia líquida ou ionização por eletrospray (ESI) e revela-se uma técnica essencial para a caracterização de amostras. A utilização de uma fonte ESI separa os íons de acordo com a sua razão massa/carga (m/z) (Mendham & Mendham, 2011)

Estes estudos são importantes ao considerar a possibilidade de uso do pigmento em sistemas alimentares, principalmente onde se pode observar mudanças do pH do meio, como no caso de iogurtes, ou para avaliar a estabilidade deste durante o armazenamento. Ainda sobre esse assunto, Moßhammer et al. (2007) realizaram experimentação com o objetivo de melhorar a viabilidade de betaxantina e betacianinas de *cactus pear* como corante alimentício, investigando o efeito da adição de ácido ascórbico, isoascórbico e ácido cítrico na polpa dos frutos antes do tratamento térmico. De todos os ensaios, as betaxantinas foram mais estáveis após aquecimento a pH 6 sem adição do ácido ascórbico. Após o tratamento térmico, a betacianina apresentou maior retenção em pH 4, com adição do ácido ascórbico.

2.4 Funcionalidade dos compostos bioativos

2.4.1 Atividade antioxidante

O oxigênio é vital para a maioria dos organismos, mas, paradoxalmente pode ser fonte de moléculas capazes de danificar moléculas biológicas, já que parte do que é consumido não é completamente reduzido. Espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (RONs), por exemplo, hidroxila (HO•) e óxido nítrico (NO•) respectivamente, são continuamente produzidas no organismo como subprodutos do metabolismo do oxigênio. Existem tanto fontes endógenas de RONs *in vivo* – por exemplo sistemas enzimáticos como a xantina oxidase – quanto fontes exógenas, representadas por cigarro, poluição etc. Níveis fisiológicos de RONs são cruciais para o adequado funcionamento celular, mas problemas surgem quando os níveis de RONs excedem largamente a sua concentração fisiológica. Essa situação leva ao estresse oxidativo, o qual pode danificar as moléculas biológicas alterando a função das células e levando à morte celular. Antioxidantes, os quais podem ser definidos como moléculas que inibem ou previnem a oxidação de substratos, protegem os sistemas biológicos contra os danos induzidos por RONs (Serafini, 2006). Os substratos susceptíveis a oxidação são os elementos encontrados em alimentos e em tecidos vivos, incluindo as proteínas, lipídios, carboidratos e DNA (Halliwell et al., 1995).

Os compostos fenólicos e betalaínas exibem importante papel na defesa de vegetais contra os danos oxidativos e têm sido extensivamente estudados como antioxidantes (Taiz & Zeiger, 2004; Delgado-Vargas & Paredes-López, 2002). No que concerne a produtos alimentares, os antioxidantes são substâncias que prolongam a vida útil, protegendo-os contra a deterioração causada por oxidação, tal como a rancidez, mudanças de cor e a perda do valor nutritivo. Centenas de compostos, tanto naturais e sintetizados, foram relatados por possuírem propriedades antioxidantes, mas o uso de antioxidantes sintéticos em alimentos é limitado por questões de segurança.

Assim, cada vez mais, antioxidantes naturais tem atraído a atenção da indústria, como resultado da necessidade de produzir alimentos saudáveis, sem declaração e especificação de

uso. A procura por um bom antioxidante natural deve obedecer aos seguintes requisitos: possuir fácil incorporação ao alimento, ser eficaz a baixas concentrações, ser estável ao calor, suportar as etapas do processamento e conservar o produto por longo período (Yanishlieva et al., 2001). As betalaínas, ao mesmo tempo que representam nova classe de antioxidantes, podem ser usados como corantes em sorvetes e iogurtes, ao passo que derivados de antocianinas são limitados pela instabilidade a mudanças de pH (Stintzing & Carle, 2005).

A atividade antioxidante (AT) parece ser responsável pelas atividades biológicas exibidas pelos compostos bioativos em alimentos (Wootton-Beard & Ryan, 2011; Zamora-Ros et al., 2010, inibindo ou prevenindo a oxidação de substratos, protegendo os sistemas biológicos contra os danos induzidos por espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (RONs) (Almeida et al., 2011; Fu et al., 2011; Serafini, 2006).

A literatura é mais extensa sobre a correlação entre atividade antioxidante e concentração de compostos fenólicos. Zheng e Wang (2001), por exemplo, trabalharam com vários tipos de ervas (medicinais e utilizadas na culinária) e descrevem uma correlação linear positiva entre o conteúdo fenólico e a capacidade antioxidante. Recentemente, pesquisadores investigaram a relação entre o teor de compostos fenólicos com as propriedades antioxidantes de diversas infusões de ervas e plantas medicinais consumidas tradicionalmente na Argentina. Os compostos fenólicos, em especial a fração de flavonóides, foram os principais contribuintes para a capacidade antioxidante (Vaquero et al., 2010). A catequina, um tipo de flavonóide presente no chá, também apresenta propriedades biológicas, como atividade antioxidante sequestradora de radicais livres (Asolini et al., 2006). Na determinação da atividade antioxidante em espécies de frutas tropicais não tradicionais brasileiras Rufino et al. (2010) encontraram puçá-preto, jussara, jambolão como ótimas fontes de flavonóides, antocianinas e vitamina C, mas apenas observaram correlação positiva com o conteúdo de fenólicos totais e atividade antioxidante pelo método FRAP (Ferric reducing antioxidant power).

Contudo, além dos fenólicos, outros compostos bioativos podem atuar como sequestradores de radicais livres. Para Ismail et al. (2004) a atividade antioxidante de vegetais está associada a diferentes componentes, como alfa-tocoferol, beta-caroteno, vitamina C, selênio como também, compostos fenólicos. Butera et al. (2002) reconhecem o valor das

betalaínas como antioxidantes naturais, a partir de dados positivos da atuação de extratos aquosos de *Opuntia ficus indica* no sequestro de radicais ABTS (2,20-azino-bis (ácido 3-ethylbenzthiazoline-6-sulfônico), interação com íons Cu^{2+} e proteção de hemácias contra a atuação de radicais hidroperóxidos. As pesquisas *in vitro* servem como base para os ensaios *in vivo*, como o conduzido por Tesoriere et al. (2004), que observaram que 500g da polpa do figo da índia por duas semanas foram suficientes para melhorar o balanço redox no organismo de indivíduos saudáveis e diminuir o dano oxidativo de lipídeos. Além disso, foi realizada comparação com pessoas que receberam a suplementação equivalente por dosagem de vitamina C. Apesar das características antioxidantes da vitamina C, os dados sugerem que o fruto possui outros componentes que foram mais efetivos na oxidação lipídica, provavelmente as betalaínas. Normalmente, as pesquisas não comentam sobre a dose necessária para se perceber os efeitos funcionais desejáveis, no entanto o trabalho de Wootton-Beard & Ryan (2011) mostra que os antioxidantes do suco da beterraba tornaram-se mais disponíveis após a simulação da digestão, com a enzima pepsina, que o de outros vegetais.

Assim como acontece com outros compostos bioativos, a função das betalaínas como antioxidante não pode ser analisada isoladamente. Castellar et al. (2012) em seu estudo, verificaram que para *O. stricta* a AT está correlacionada a presença de betacianina (81 mg/100 g), fenóis (135 mg GAE/100 g) e ácido ascórbico (35mg/ 100g). Moussa-Ayoub et al. (2011) também perceberam a importante contribuição de betacianina e compostos fenólicos para a atividade antioxante em *O. macrorhiza*. Vale ressaltar que devido a diferenças na sua estrutura molecular, os vários antioxidantes apresentam diferenças significativas na eficácia, quando utilizado com diferentes tipos de alimentos e, submetidos a diferente processamentos (Yanishlieva et al., 2001).

Shahidi e Naczk (2003) acreditam que o mecanismo dos antioxidantes naturais depende das características do alimento, incluindo os componentes presentes em pequenas quantidades. Segundo Mamede e Pastore (2004), a atividade dos antioxidantes depende da estrutura química, podendo ser determinada pela ação da molécula como agente redutor (velocidade de inativação do radical livre, reatividade com outros antioxidantes e potencial de quelação de metais). Sroka & Cisowski (2003) demonstram que em fenólicos, o número e a posição de hidroxilas ligadas ao anel aromático estão associados à eficiência da capacidade

anti-radical, capacidade de sequestrar radicais peróxido de hidrogênio nos ácidos fenólicos e são provavelmente os mais importantes, mas não os únicos fatores que influenciam. Por exemplo, na posição orto (como nos compostos 3,5-di-hidroxibenzóico e 2,4-di-hidroxibenzóico) observa-se melhor atividade anti-radical.

2.4.2 Inibição enzimática

No que diz respeito especificamente aos compostos fenólicos, além dos efeitos já comentados, sua capacidade de reagir com enzimas-chave do processo digestivo, incluindo alfa-amilase (E.C.3.2.1.1) e alfa-glicosidase (E.C.3.2.1.20), tem sido investigada como ferramenta de gerenciamento dos estágios iniciais da diabetes tipo 2 (Tadera et al., 2006). A doença pode se manifestar de duas formas. De maneira geral, a diabetes do tipo 1 afeta pessoas capazes de produzir pouca ou nenhuma insulina e as pessoas acometidas pela diabetes tipo 2 são incapazes de utilizar a insulina de forma eficaz. Para aqueles acometidos do diabetes tipo 2, sua condição pode ser restabelecida através de mudanças no estilo de vida, mas as drogas orais são muitas vezes necessárias, e, menos freqüentemente a insulina, a fim de alcançar um bom controle metabólico (WHO, 2007).

Estima-se que cerca de 170 milhões de pessoas no mundo sofrem de diabetes, e que esses valores provavelmente serão mais que o dobro em 2030. Cerca de 3,2 milhões de mortes todos os anos estão ligados às complicações do diabetes, o que significa seis mortes a cada minuto. Os 10 países com maior número de doentes são a Índia, China, Estados Unidos, Indonésia, Japão, Paquistão, Rússia, Brasil, Itália e Bangladesh. A diabetes se tornou uma das principais doenças e causas de morte prematuras em muitos países, principalmente através do aumento do risco de doença cardiovascular (DCV) (WHO, 2007).

A alfa-amilase e alfa-glicosidase são enzimas-chave do metabolismo de açúcares. A alfa-amilase (EC 3.2.1.1) está envolvida na digestão do amido, por hidrolisar as ligações glicosídicas alfa-1,4 entre moléculas adjacentes de glicose, tanto na amilose como na cadeia reta da amilopectina. A redução na digestão do amido irá reduzir a quantidade de glicose absorvida no intestino, diminuindo, portanto, a magnitude da hiperglicemia pós-prandial (Melby et al., 2009). No entanto, alguns autores como Kim et al. (2000) acreditam que a

inibição muito forte da alfa-amilase pancreática pode resultar em fermentação bacteriana incomum de carboidratos não-digeridos no cólon. A inibição total ou parcial da alfa-glicosidase, por sua vez, reduz a taxa de digestão da sacarose e amido, diminuindo também a absorção das moléculas de glicose e frutose formadas (Lefèbvre & Scheen, 1999). Os principais componentes dos hidratos de carbono são o amido e sacarose. O amido ingerido nas refeições é primeiro decomposto em oligossacarídeos pela enzima alfa-amilase da saliva e suco pancreático. A alfa-glicosidase (EC 3.2.1.20) é uma enzima ligada à membrana localizada no epitélio do intestino delgado, e catalisa a clivagem da glicose a partir de dissacarídeos e oligossacarídeos (Abesundara et al., 2004).

Inibidores vegetais têm demonstrado diferentes níveis de inibição tanto contra a atividade de alfa-amilase quanto da alfa-glucosidase e, portanto, podem ser utilizados como terapia eficaz para a hiperglicemia pós-prandial com poucos efeitos colaterais (Kwon et al., 2006). Kim et al. (2000) mostraram que o flavonóide luteolina apresentou maior poder de inibição contra a atividade da enzima alfa-glucosidase do que acarbose, droga clínica já utilizada no tratamento de pacientes com diabetes tipo 2.

Vários são os relatos na literatura nesse sentido. Os resultados experimentais de Cheplick et al. (2010) demonstraram o potencial de cultivares de morango para inibir alfa-glicosidase, bem como, inibir moderadamente alfa-amilase. A suave inibição amilolítica foi ligada a estrutura específica dos fenólicos. Em resíduo de abacaxi bioprocessado, Correia et al. (2004) sugere que inibição da alfa-amilase é resultado de alterações na estrutura dos compostos, mais do que ao conteúdo de fenólicos totais ou ainda a atividade antioxidante. Rohn et al. (2002) concordam com a colocação dos autores anteriores. Ao estudar a ação inibitória de determinados compostos fenólicos (ácido caféico, ácido clorogênico, ácido ferúlico, ácido gálico, *m*-, *o*- e *p*-diidrodioxibenzenos, ácido quínico e *p*-benzoquinona) sobre as enzimas alfa-amilase, tripsina e lisozima, perceberam que a força reativa sobre a enzima alfa-amilase mostrou-se dependente da estrutura dos compostos estudados, como também apresentou correlação positiva à concentração. Para a atividade enzimática, aconteceu redução significativa após a reação com os diferentes fenólicos. Cheplick et al. (2007) também demonstram a mesma linha de pensamento ao mencionar a correlação entre a antienzimática e estrutura dos compostos. Em seu estudo, espécies de framboesas do tipo Jewel, foram menos

eficazes em inibir alfa-amilase, sendo que possuíam maior conteúdo de fenólicos e atividade antioxidante do que os outros cultivares.

Para a atividade antienzimática da alfa-glucosidase, algumas evidências apontam ligação com a atividade antioxidante. Kwon et al. (2008) observaram o efeito do chá preto e de alguns vinhos tintos sobre a atividade da enzima. A atividade inibitória mostrou-se correlacionada com a concentração de compostos fenólicos e sua capacidade antioxidante.

Entretanto, divergências também são encontradas. Zhang et al. (2010) concluem que a capacidade antioxidante não mostrou-se ligada a inibição da glicosidase em cultivares de framboesas. A inibição desta enzima por alguns extratos de framboesa parece ser um fenômeno específico, já que outras enzimas digestivas não foram inibidas, como alfa-amilase e lipase. O ácido elágico e catequina foram identificados como os componentes inibitórios da alfa-glucosidase nas framboesas.

Tadera et al. (2006) mostraram que os flavonóides quercetina, miricetina, epigallocatequina galato e cianida são bons inibidores de alfa-amilase pancreática. Por sua vez, a alfa-glicosidase de fungos pode ser inibida por caempferol, quercetina e antocianina

Os relatos sobre a atividade inibitória de enzimas em cactáceas são limitados. Extratos elaborados a partir dos cladódios e cascas do fruto de *O. ficus indica* foram investigados como agentes hiperglicêmicos (Butterweck et al., 2010). Além disso, a espécie *O. streptacantha* Lem. avaliada sobre a inibição da enzima alfa-glicosidase, teve seu desempenho comparável a acarbose. Quanto ao mecanismo de atuação do extrato sobre a enzima, sabe-se que não ocorre sequestro do substrato, pois não há alteração na hidrólise dos dissacarídeos (Becerra-Jiménez & Andrade-Cetto, 2012).

2.5 Desenvolvimento de novos produtos a partir das espécies estudadas

2.5.1 Elaboração de sucos mistos (*blends*)

Uma das tecnologias mais utilizadas para conservar frutas e vegetais é a obtenção de sucos. Valorizados por seu valor nutritivo (fontes de açúcares, vitaminas e minerais) e por assemelharem-se as matérias-primas de origem, encaixam-se na tendência atual de consumir

alimentos saudáveis, capazes de desempenhar função importante na saúde humana (Sáenz, 2006). Quando comparada a bebidas como refrigerantes e leite, os sucos de frutas vêm se destacando principalmente entre adolescentes brasileiros. O consumo é equivalente entre as regiões do país e aumenta proporcionalmente com a renda (IBGE, 2009). Este segmento ganha força devido o Brasil ser destaque mundial como produtor de frutas (Fao, 2011).

A designação “suco” segundo a legislação vigente equivale a bebida não fermentada, não concentrada e não diluída, destinada ao consumo, obtida da fruta madura e sã, ou parte do vegetal de origem, por processamento tecnológico adequado, submetida a tratamento que assegure a sua apresentação e conservação até o momento do consumo (Brasil, 1997). Outras denominações estão presentes no Decreto nº 2.314 de 04 de setembro de 1997 do Ministério da Agricultura. O que diferencia uma grande parte das bebidas preparadas com frutas é a quantidade de polpa de frutas que é adicionada à formulação, ou no caso do suco misto, a mistura de duas ou mais frutas e das partes comestíveis de dois ou mais vegetais.

O suco misto ou *blend* surge como um produto diferenciado, unindo aromas, balanceando sabores demasiadamente fortes e exóticos, suprimindo escassez e disponibilidade sazonal, combinando propriedades funcionais particulares das matérias-primas, além disso, é interessante observar as características tecnológicas, de modo que a mistura contribua para melhorar o “corpo” dos produtos e equilibre a razão entre o teor de sólidos solúveis e o percentual de acidez, para obter produto mais estável microbiologicamente (Bates et al., 2001).

A elaboração de *blends* é uma alternativa de utilização para o figo da Índia. Segundo Saénz & Sepúlveda (2001) a diluição do suco pode ser vantajosa, por diminuir sua viscosidade e a mistura com o suco de abacaxi, por exemplo, resultaria em produtos com pH mais baixo, reduzindo o risco de crescimento microbiano, já que o suco do figo da Índia apresenta elevado teor de sólidos solúveis e baixa acidez, características atrativas para o crescimento de micro-organismos. Cassano et al. (2010) acreditam na crescente demanda do mercado para esta fruta, e por isso propuseram avaliar o processo de clarificação em suco como forma de aumentar a vida de prateleira, melhorar cor, aroma e valor nutricional. As etapas de microfiltração e ultrafiltração sugeridas pelos autores proporcionaram permeado com baixo conteúdo protéico, mas enriquecido com polifenóis, vitamina C, açúcares,

aminoácidos e minerais. Por outro lado, o material retido constituído de fibras, açúcares e betalaínas após pasteurização pode ser adicionados a *mousses*, sorvetes e geleias. A maior preocupação para pesquisadores interessados em propor tecnologias de aproveitamento para o figo da Índia é manter o conteúdo de betalaínas. Moßhammer et al. (2006) usando técnicas para obter o pó por meio do suco (*spray drier* e liofilização) e suco concentrado (roto evaporador em escala de laboratório e coluna de evaporação em escala piloto) chegaram a reter de 71-83 % do pigmento, concluindo a viabilidade destes processos.

2.5.2 Biofilmes

Biofilmes e revestimentos comestíveis têm sido usados durante séculos para evitar a perda de umidade e deixar as frutas com aspecto brilhante, esteticamente mais bonitas. Essa prática foi aceita mesmo antes de seu mecanismo ser compreendido, no entanto, o conhecimento para fins alimentícios, apenas foi aplicado nos últimos 50 anos. Os biofilmes apresentam características de embalagens, enquanto que os revestimentos, formam camadas bem finas aderidas a superfície do alimento (Pavlath et al., 2009).

Quando aplicadas as frutas, biofilmes ou revestimentos podem funcionar ainda como camada seletiva para a troca controlada de gases, tal como oxigênio e gás carbônico (Chiumarelli & Hubinger, 2012) envolvidos no processo de respiração. Outros autores enfatizam a formação de barreiras, evitando perdas por umidade (Moritz et al., 2009), componentes nutricionais e aromáticos (Dang et al., 2008). Os biofilmes ou revestimentos também podem atuar com propriedades antimicrobianas (Ribeiro et al., 2007). Diversos são os polímeros utilizados na formulação e a mecânica e propriedades de barreira estão intrinsecamente ligados às características físicas e químicas dos seus constituintes. Os polímeros mais comumente utilizados para a preparação de biofilmes e revestimentos são proteínas (gelatina, caseína, glúten de trigo e de zeína), polissacáridos (amido, pectina, celulose, alginato e carragenana) e lípideos (ácido esteárico, ceras e ésteres de ácidos graxos), empregados isolados ou em combinações (Pavlath et al., 2009).

Particularmente em relação às cactáceas, estudos envolvendo a mucilagem presente nos cladódios foram desenvolvidos por Del-Valle et al. (2005). O que merece ser destacado é o baixo custo da matéria-prima do revestimento, já que pode vir das partes podadas da planta. As principais conclusões dos autores referem-se a maior firmeza das amostras de morango revestidas pela mucilagem e nenhuma interferência nos parâmetros cor e sabor das frutas.

2.5.3 Barras de cereal

Historicamente, as barrinhas de cereais surgiram como uma tentativa de substituir alimentos doces como as barras de chocolate, por alternativas mais saudáveis (Bower & Whitten, 2000). No Brasil, o consumo das barras de cereais foi introduzido inicialmente para praticantes de esportes radicais e, com o tempo ganhou mais adeptos (Freitas & Moretti, 2006). Sua elaboração foi diversificada ao longo dos anos, a qual atualmente conta com vários ingredientes, até mesmo farinha de frutas exóticas e regionais (Torres, 2009; Becker & Krüger, 2010). Freitas & Moretti (2006) visando o aproveitamento de ingredientes cada vez mais usados em alimentos com alegação funcional e o aumento no consumo de barras de cereais, produziram barras de cereais sabor banana a base de proteína de soja texturizada, gérmen de trigo e aveia, suplementada com vitaminas C e E. Além do aproveitamento dos ingredientes, atualmente as barras de cereais são elaboradas para segmentos específicos, como nos produtos para atletas, utilizando ingredientes que atendessem as suas necessidades (Grden et al., 2008).

Apesar do avanço na indústria de alimentos, os procedimentos envolvendo o preparo de barras de cereais consiste em etapas simples de mistura, laminação, resfriamento, corte e embalagem. O procedimento consiste em misturar todos os ingredientes com xarope de açúcar a fim de promover agregação, textura adequada e formato desejado (Ferreira, 2004). Deve-se observar se ocorre cristalização por aquecimento excessivo do xarope e também perda de textura, atributo sensorial mais importante considerado por Kim et al. (2009), devido a absorção de umidade pela barra de cereal ou quantidade de sólidos solúveis muito baixa no xarope (Ferreira, 2004). A glicose de milho ou mel são geralmente utilizados como

ingredientes aglutinantes (Brito et al., 2004) e a aveia é introduzida com o intuito de aumentar o conteúdo de fibras (Gutkoski et al., 2007).

2.6 Análise sensorial

A definição de análise sensorial foi criada pela Divisão de Análise Sensorial do IFT (*Institute of Food Technologists*) em 1975. A avaliação sensorial é a ferramenta científica utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar reações às características de alimentos e outros materiais da forma como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição (Stone & Sidel, 2004).

A análise sensorial é realizada em função das respostas transmitidas pelos indivíduos às várias sensações que se originam de reações fisiológicas resultantes de certos estímulos, gerando a interpretação das propriedades intrínsecas aos produtos. Para isto, é preciso que haja entre indivíduos e produtos, contato e interação. O estímulo é medido por processos físicos e químicos e as sensações por efeitos psicológicos. As sensações produzidas podem dimensionar a intensidade, extensão, duração, qualidade, gosto ou desgosto em relação ao produto avaliada (IAL, 2008).

Do ponto de vista histórico, o interesse pela análise sensorial surgiu nos anos 40 (Cayot, 2007), quando o governo americano apoiou pesquisas na aceitação de alimentos nas Forças Armadas. Como resultado, tornou-se aparente que a nutrição adequada, medida pela análise da dieta ou na preparação de menus elaborados, não garantia a aceitação alimentar pelos militares, reconhecendo-se então, a importância do sabor e do grau de aceitabilidade para um determinado produto. A partir disso, as características sensoriais do alimento passaram a ser mais estudadas e apesar de todos os avanços nessa área, Stone e Sidel (2004) acreditam que continua a haver falta de reconhecimento para a importância da percepção sensorial para a escolha de alimentos.

Os métodos sensoriais podem ser divididos em discriminatórios, descritivos e afetivos. Os métodos discriminatórios são, em geral, de fácil interpretação, requerem pouco tempo, são relativamente baratos e estabelecem a diferença qualitativa e, ou quantitativa entre as amostras. A análise descritiva caracteriza e descreve as propriedades sensoriais de um

produto, empregando linguagem técnica, sendo necessário treinamento prolongado dos julgadores. Por outro lado, os métodos afetivos não requerem treinamento dos julgadores (Della Lucia et al., 2006). Através deles, o julgador expressa seu estado emocional ou reação afetiva ao escolher um produto pelo outro (IAL, 2008).

2.6.1 Análise Descritiva Quantitativa

A técnica da análise descritiva quantitativa (ADQ) foi desenvolvida na década de 70 por Stone et al. (1974). Nela, indivíduos são treinados a identificar e qualificar, em ordem de ocorrência, as propriedades sensoriais de um produto ou ingrediente, que incluem atributos de aparência, odor, textura e sabor (IAL, 2005).

Na análise descritiva, o provador avalia através de uma escala o grau de intensidade com que cada atributo está presente. Os julgadores devem ser treinados a usar a escala de forma consistente em relação à equipe e às amostras, durante todo o período de avaliação. Exige-se cuidado na padronização do preparo e apresentação de amostras e na formação da equipe sensorial. As amostras devem ser codificadas com números de três dígitos aleatórios e apresentadas à equipe treinada e selecionada.

Dutcosky (2007) apresenta cinco etapas do procedimento adotado em ADQ. A primeira constitui seleção de julgadores, de forma a obter 10 a 12 julgadores selecionados e treinados, capazes de verbalizar sensações, trabalhar em grupo e demonstrar reprodutibilidade. A segunda etapa consta do levantamento dos descritores e desenvolvimento da terminologia. Seguindo adiante, a terceira etapa compreende o treinamento com os próprios produtos a serem avaliados e com os materiais de referência. Por fim, a quarta e quinta etapa, engloba o teste sensorial propriamente dito e a análise dos resultados, respectivamente.

2.6.2 Testes discriminativos

Entre os métodos indicados para saber se existe diferença entre as amostras está o de comparação múltipla ou diferença de controle, o qual avalia a um só tempo, se existe diferença significativa entre vários tratamentos e uma referência ou tratamento padrão e

estimar o grau dessa diferença (Dutcosky, 2007). É interessante quando se quer testar a introdução de um novo ingrediente, como por exemplo farinha de casca de frutas em substituição ao ingrediente tradicional (farinha de trigo) em bolos e avaliar sua influencia nos atributos sensoriais, principalmente sabor. Se os julgadores não perceberem diferença entre as amostras e o controle, o novo ingrediente pode ser utilizado sem interferir significativamente nas características do novo produto (Guimarães et al., 2010).

2.6.3 Testes afetivos

São utilizados para mensurar atitudes como aceitação ou preferência de um produto. Nos testes afetivos, a tarefa do provador é indicar a preferência ou aceitação por meio de seleção, ordenação ou pontuação das amostras. Os testes afetivos podem ser qualitativos (grupos de foco, equipes de foco e entrevistas individuais) ou quantitativos. Os últimos incluem os testes de preferência, quando o objetivo é avaliar a preferência do consumidor ao comparar dois ou mais produtos, e aceitação quando o objetivo é avaliar o grau em que os consumidores gostam ou desgostam do produto, buscando uma medida da disposição do consumidor de comprar o produto (Della Lucia et al., 2006). Fatores como personalidade, estilo de vida, nível de conhecimento, entre outros, influenciam os resultados obtidos. Fatores externos, tais como o contexto social e cultural, preço, embalagem e ainda, diferenças de sexo, idade e classe social, também são importantes nesse tipo de teste (Dutcosky, 2007).

Os dois métodos mais frequentemente utilizados para medir diretamente a preferência e aceitação é o teste de comparação pareada e a escala hedônica de nove pontos, respectivamente. Outros métodos são descritos na literatura, mas muitos deles são modificações destes dois métodos (Stone & Sidel, 2004).

Capítulo 3
METODOLOGIA

3. Metodologia

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Compostos Bioativos e Tecnologia Animal (LABTA) do prédio em Engenharia de Alimentos (LEA) na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). As análises de determinação e quantificação das betalaínas por HPLC-DAD-ESI-MS foram desenvolvidas na Embrapa Agroindústria Tropical vinculada a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), localizada em Fortaleza/CE.

3.1 Material

Os frutos de figo da índia (FI) e facheiro (FA) foram gentilmente cedidos pelo Instituto Nacional do Semiárido (INSA) no município de Campina Grande, região agreste do Estado da Paraíba, Brasil, entre os meses de janeiro a março de 2011. Os frutos foram colhidos maduros, utilizando a coloração da casca como critério para avaliação do estágio de maturação.

Para o estudo da influência do estágio de maturação, o figo da índia colhido na cidade de Boqueirão, região do Cariri paraibano, foi selecionado pela cor da casca como semi-maduro (SM) e maduro (M), e submetido ao mesmo processo de despulpamento.

A algaroba foi obtida entre os meses de janeiro a abril de 2011 em Boqueirão – Paraíba, colhidas manualmente ou coletadas as que se encontravam caídas no chão, mas em ambos os casos a vagem deveria ter coloração amarelada.

3.1.1 Preparação das polpas de figo da índia e facheiro

O processo de obtenção da polpa do figo da índia está mostrado na Figura 3.1. Inicialmente, os frutos foram lavados e selecionados. A casca foi retirada manualmente, cortando as extremidades e no comprimento para extração da polpa. O material foi processado em despulpadeira (Itametal, Brasil) e conservada congelada em sacos plásticos de 200 g até o início das análises. A porção de polpa, casca e semente foi pesada separadamente para cálculo do rendimento.

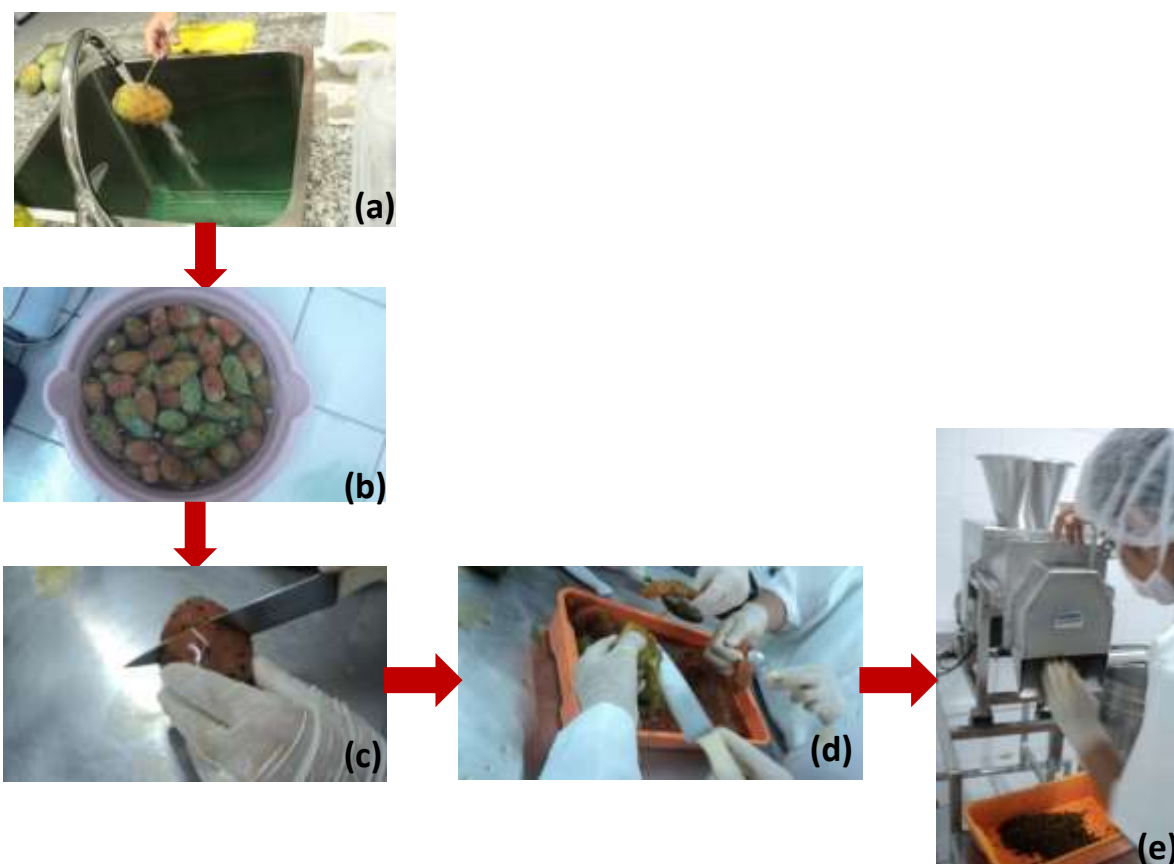


Figura 3.1 Processo de obtenção da polpa do figo da Índia. (a) Lavagem preliminar; (b) Sanitização; (c) Corte transversal; (d) Retirada da casca; (e) Separação sementes em despoldadeira.

Quanto ao facheiro, depois da lavagem e seleção, a polpa foi retirada manualmente com auxílio de utensílios de inox, após corte transversal do fruto, como mostra Figura 3.2.



Figura 3. 2 Corte transversal do fruto do facheiro para retirada da polpa.

3.1.2 Preparação da farinha da vagem de algaroba

O processo de obtenção da farinha da vagem da algaroba (FG) iniciou-se com a retirada das vagens danificadas, atacadas por insetos, fungos, como também remoção de pedras e galhos para garantir a qualidade do produto. Após a secagem em estufa durante sete horas a 70°C, o produto final foi obtido através de processamento em moinho de facas (modelo MA 340, Marconi, Brasil) e peneiras Tyler de 28 mesh, acondicionadas em sacos plástico de 200g e congeladas.

3.2 Composição físico-química das polpas de figo da índia e facheiro e da farinha da vagem de algaroba

3.2.1 Sólidos totais

O teor de sólidos totais foi determinado por secagem direta em estufa a 70°C até peso constante, segundo método 920.151 da AOAC (1998).

3.2.2 Resíduo mineral

A avaliação do teor de cinzas foi executada mediante incineração das amostras em mufla a 600 °C, pelo método 940.26 da AOAC (1998). Após o período de seis horas, os cadinhos foram repesados. O teor de cinzas foi calculado aplicando-se a Equação 1:

$$\text{Cinzas} = \frac{(\text{repeso} - \text{peso do cadinho})}{(\text{peso da amostra})} \cdot 100 \quad (1)$$

3.2.3 Proteína

Para a determinação da fração protéica utilizou-se o método de Kjeldahl, utilizando-se o fator 6,25 para a conversão da porcentagem de nitrogênio em proteínas de acordo com o método 920.152 (AOAC, 1998).

3.2.4 Açúcares redutores totais

O percentual de açúcares redutores totais (ART) foi avaliado pelo método do ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) modificado segundo Correia et al. (2004) e baseado no procedimento descrito por Miller et al. (1959). Para a quantificação foi tomada 1 g de amostra, 20 mL de água destilada e 1 mL de ácido clorídrico (HCl). Transferiu-se a mistura para balão volumétrico de 250 mL e submetendo-o a banho-maria a 65°C – 70°C por 10 minutos e, em seguida, resfriado em banho de gelo. O indicador utilizado foi a fenolftaleína e para neutralização utilizou-se solução de hidróxido de sódio 4N, verificando a mudança de pH por meio de papel indicador. Os resultados foram expressos a partir da curva padrão preparada com concentrações diferentes de glicose e frutose 1%.

3.2.5 Fibra alimentar total

O método gravimétrico não enzimático foi utilizado para determinar a fibra alimentar total (FAT) na farinha da vagem de algaroba, segundo Li & Cardozo (1992). Foram suspensas 500 mg da amostra desidratada em 25 mL de água deionizada e incubadas por 90 min a 37 °C para solubilizar os açúcares e outros componentes solúveis em água. Os componentes da fibra solúvel em água foram então precipitados com etanol. Posteriormente, lavou-se o resíduo (R) sequencialmente com etanol (78% e 95%) e acetona, seguido de desidratação a 105°C.

Uma duplicata foi analisada para proteína bruta e outra para cinzas. Calculou-se a fibra alimentar total aplicando-se a Equação 2:

$$\% \text{ FAT} = \frac{\left\{ R - \left(\frac{\% \text{ ptn} + \% \text{ cinzas}}{100} \right) \times R \right\} \times 100}{\text{Peso da amostra (mg)}} \quad (2)$$

R – peso do resíduo

ptn – proteína

3.2.6 pH

Para as polpas, o pH foi medido diretamente nas amostras. Na algaroba, 10 mL de água destilada foram adicionados a 1g da farinha conforme método 981.12 (AOAC, 1998). Após a completa homogeneização e filtração em papel de filtro qualitativo, a amostra teve seu pH medido em potenciômetro digital (Instrutherm PH 2600, Brasil) previamente calibrado com solução tampão 4,0 e 7,0.

3.2.7 Acidez titulável

A determinação de acidez titulável foi realizada segundo o método 942.15A (AOAC, 1998). Este método é aplicável em soluções claras ou levemente coloridas nos diversos tipos de produtos de frutas, baseando-se na titulação com hidróxido de sódio até o ponto de viragem com o indicador fenolftaleína.

3.2.8 Atividade de água

As amostras tiveram o nível de atividade de água determinado pelo aparelho AquaLab (modelo CX 2 2002, Decagon, EUA). A determinação da umidade relativa de equilíbrio foi efetuada após o tempo necessário para a estabilização do sistema.

3.3 Compostos bioativos

3.3.1 Ácido ascórbico

A metodologia utilizada no presente estudo para o ácido ascórbico (AA) foi proposta por Oliveira et al. (2010). Utilizou-se 0,5g de amostra homogeneizada em 50 mL de ácido metafosfórico 1%. Esta solução foi centrifugada por 5 minutos a 3000 rpm, e o sobrenadante resultante foi usado para titular uma solução de 2 mL de indicador 2,6-diclorofenol-indofenol (DCFI) e 18 mL de água destilada. O ponto final da titulação foi definido no momento em que a solução titulada apresentou coloração idêntica à solução titulante (amostra diluída em ácido metafosfórico e centrifugada), reservando-se um período de 15 segundos para a confirmação do ponto de viragem.

Para o cálculo da quantidade de AA presente na amostra, foi aplicada a Equação 3:

$$C = \left(\frac{p \cdot c \cdot 50}{V \cdot m} \right) \cdot 100 \quad (3)$$

Em que "C" é a quantidade de AA (mg) presente em 100 g de amostra, "p" é o volume (mL) gasto de solução padrão de AA, cuja concentração é "c" ($\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$) na padronização do DCFI. "V" é o volume (mL) de extrato de amostra utilizado durante a titulação e "m" é a quantidade de amostra utilizada na extração.

3.3.2 Carotenóides

A determinação de carotenóides seguiu a metodologia de Lichtenthaler & Buchmann (2001). Para isso, 2 g de polpa foram submetidas à extração com 18 mL de acetona 80% (v/v) durante 2 minutos sob proteção da luz.

Os extratos obtidos foram filtrados e as amostras foram submetidas à leitura em espectrofotômetro, calculando-se a concentração pela Equação 4 a 6:

$$C_a \left(\frac{\text{mg}}{100 \text{ g}} \right) = \left(\frac{12,25 \cdot A_{663,2} - 2,79 \cdot A_{646,8}}{10} \right) \quad (4)$$

$$C_b \left(\frac{\text{mg}}{100 \text{ g}} \right) = \left(\frac{21,50 \cdot A_{652,4} - 5,10 \cdot A_{663,2}}{10} \right) \quad (5)$$

$$C_{(x+c)} \left(\frac{\text{mg}}{100 \text{ g}} \right) = \left(\frac{1000 \cdot A_{470} - 1,82 \cdot C_a - 85,02 \cdot C_b}{1980} \right) \quad (6)$$

Onde C_a – concentração de clorofila a; C_b – concentração de clorofila b; C_{x+c} – concentração de carotenoides; A – absorvância.

3.3.3 Betalainas

3.3.3.1. Determinação por método espectrofotométrico

A determinação de betalainas seguiu o método de Stintzing et al. (2003). Devido ao grande conteúdo de água na polpa, a adição do solvente deixou as amostras muito diluídas e as leituras de absorvância fora da faixa necessária ao método utilizado. Dessa forma, o conteúdo de betacianinas e betaxantinas no figo da índia foi quantificado diretamente na polpa, sem o uso dos solventes. Para o facheiro, utilizou-se os extratos preparados a partir da homogeneização por 30 mim e filtração de 1 g do fruto e 10 mL dos solventes (água, etanol:água nas proporções 70:100, 80:100 e etanol 100%). Quando necessário, fez-se diluição dos extratos em tampão citrato-fosfato 0,05M pH 6,5 para que as leituras de absorvância a 538nm e 480nm, para betacianina e betaxantina, respectivamente, estivessem entre $0,8 < A < 1,0$.

Assim foi aplicada Equação 7:

$$\text{Betalaína (mg/100g)} = \left(A_{480 \text{ ou } 538} \cdot \text{DF} \cdot M \cdot 100 \right) / (\epsilon \cdot L) \quad (7)$$

Onde A é a absorbância, DF fator de diluição, M massa molar e L largura da cubeta (1 cm).

Para determinação de betacianina (Bc) considerou-se absorvidade (ϵ) = 60,000 L/mol cm em H₂O; M=550 g/mol e betaxantina (Bx) ϵ = 48,000 L/mol cm em H₂O; M=308 g/mol. fornecidos em Schwartz & von Elbe (1980) e Trezzini & Zrýd (1991)

3.3.3.2 Determinação por HPLC-DAD-ESI-MS

Reagentes

O reagente ácido fórmico foi obtido de Sigma-Aldrich (Brazil) e acetonitrila e metanol grau HPLC foram adquiridos da Tedia. Água grau HPLC foi preparada a partir de água destilada utilizando sistema Milli-Q system (Millipore Lab, Bedford, MA).

Preparação das amostras

As polpas de figo da índia e facheiro foram homogeneizadas, centrifugadas e filtradas utilizando membrana de nylon 0.45 μm (Millipore, Trasadingen, Switzerland).

Condições HPLC-DAD-ESI-MS

O equipamento utilizado foi Varian 250 HPLC (Varian Inc., CA, USA) acoplado com detector de arranjo de diodos (DAD) e espectrômetro de massa 500-IT MS (Varian, CA, USA). A coluna C18 (Varian Inc., CA, USA - 3 mM, 150 x 2 mm) foi usada com fluxo de 400 $\mu\text{L}/\text{min}$ e temperatura de 30°C. A fase móvel consistiu na combinação de A (0,1% ácido fórmico em água) e B (0,1% ácido fórmico em acetonitrila). O gradiente de concentração variou linearmente entre 10% B a 26% (v/v) em 40 min, 26% B a 100% (v/v) em 50 min e exibindo 100% B em 55 min. Os comprimentos de onda selecionados foram 350, 270 e 520 nm. O espectro de massa foi obtido utilizando ionização por electrospray (ESI) em modo

positivo com tensão de fragmentação de 80 V para uma gama de massa de 100 a 2000 a. A pressão do gás de secagem foi de 35 psi, a pressão do nebulizador 40 psi, a temperatura do gás de secagem de 370 ° C, voltagem de 4000 V para ESI, e o campo de tensão de 600 V. A identificação dos compostos foi baseada no espectro de massa dos íons e íons moleculares derivadas a partir dos dados de MS-MS e após comparação com a literatura (Vicent & Scholz, 1978). O método descrito por Schwartz (1980) foi usado para quantificação de betalaínas, por meio dos dados de absorvância e coeficiente de extinção igual a 1120 cm⁻¹ (Vicent & Scholz, 1978).

3.3.4 Preparação dos extratos

Para as análises de funcionalidade, e compostos fenólicos totais foram preparados quatro grupos experimentais obtidos a partir de diferentes meios-solvente: água (A), etanol-água nas proporções 70:100 (E70), 80:100 (E80) e somente etanol (E100). Os extratos de figo da índia foram preparados pela homogeneização de 30g de polpa para 100 mL de solvente, enquanto que os extratos de facheiro foram preparados pela mistura de 5 g da polpa para 100 mL do solvente. Para a farinha da vagem de algaroba pesou-se 1 g para a mesma quantidade do solvente. O material foi homogeneizado em triturador de aço inoxidável (Waring Blender, EUA). Após vigorosa agitação por um minuto, o material foi filtrado a vácuo usando papel de filtro Whatman n° 1 e centrifugado (Centrifuga refrigerada SH 701, Solab, Brasil) a 1500 rpm por 5 min. O filtrado foi conservado refrigerado em tubos de centrífuga revestidos de papel alumínio até o momento das análises.

3.3.5 Teor de compostos fenólicos totais

A concentração dos compostos fenólicos totais (CFT) foi determinada conforme descrito por Correia et al. (2012). Resumidamente, foi transferida alíquota de 1 mL do extrato filtrado para tubos de ensaio, 1 mL de solução etanol 95%, 5 mL de água destilada e 0,5 mL de reagente Folin-Ciocalteu 1N. De imediato, seguiu-se a homogeneização. Transcorridos cinco minutos, adicionou-se 1 mL de solução carbonato de sódio 5% (p/v), seguindo-se nova

homogeneização. Os tubos de ensaio foram mantidos em câmara escura por 60 minutos. Após esse tempo, prosseguiu-se mais uma homogeneização. As amostras tiveram suas absorbâncias lidas no comprimento de onda 725 nm contra branco, consistindo de solução etanol 95% substituindo os extratos. Os resultados expressos como miligramas equivalente de ácido gálico por 100 g de polpa, foram obtidos a partir de curva padrão de ácido gálico (10 – 200 μM).

3.4 Atividades antioxidante e antienzimática

3.4.1 Atividade antioxidante pelo método DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil)

A atividade antioxidante foi avaliada de acordo com Thaipong et al. (2006). Para tanto, utilizou-se solução 24 mg de DPPH em 100 mL de metanol e estocada a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para as análises, 10 mL dessa solução foram misturados a 45 mL de metanol com leitura de $1,1 \pm 0,02$ a 515 nm. Alíquotas de 150 μL dos extratos foram adicionadas a 2850 μL da solução de DPPH, e deixadas em câmara escura por 24 h. As amostras tiveram suas absorbâncias lidas a 515 nm em espectrofotômetro (Thermo Scientific, Genesys 10S VIS, EUA). Os resultados foram expressos em μmol eq de Trolox/g amostra por meio da construção de curva padrão com diferentes concentrações de Trolox (25 – 800 μM).

3.4.2 Inibição da enzima alfa-amilase (EC 3.2.1.1)

A atividade anti-amilolítica foi determinada pelo método cromogênico descrito por Gonçalves et al. (2010). Em tubos *ependorff*, 40 μL dos extratos foram misturados a 160 μL de água destilada, 400 μL de amido 0,5% (p/v em tampão fosfato de sódio 20 mM pH 6,9) e 200 μL de solução de amilase pancreática suína (Sigma-Aldrich) 4 U/mL em tampão fosfato de sódio 20 mM pH 6,9). Após três minutos a temperatura ambiente, alíquota de 200 μL foi transferida para tubo *ependorff* contendo 100 μL do reagente DNS (96 mM DNS, 5,31 M tartarato duplo de sódio e potássio em NaOH 2M) e colocadas em banho térmico a $85\text{ }^{\circ}\text{C}$. Após 15 min adicionou-se 900 μL de água destilada e em seguida foi determinada a

absorbância no comprimento de onda 540 nm (Thermo Scientific, Genesys 10S VIS, WI, USA). O percentual de maltose gerado (p/v) foi calculado usando curva padrão com concentração variando entre 0-0,1% (p/v). Calculou-se o percentual de inibição por meio da relação $100 - (\% \text{ reação após } 3 \text{ min})$, onde o % de reação é expresso de acordo com a Equação 8, sendo que o controle foi preparado substituindo a amostra pelo solvente utilizado na extração.

$$\% \text{ reação} = \left(\frac{\text{maltose amostra}}{\text{maltose controle}} \right) \times 100 \quad (8)$$

3.4.3 Inibição da enzima alfa-glicosidase (EC 3.2.1.20)

A atividade inibitória da alfa-glicosidase foi determinada segundo Ankolekar et al. (2011). A enzima alfa-glicosidase (type I isolado de levedura, Sigma-Aldrich) foi dissolvida em tampão fosfato de potássio 0,1 M pH 6,9. Para o ensaio foram colocados 50 μL do extrato, 50 μL do tampão e 100 μL da solução enzimática em placas de poliestireno com 96 cavidades. Deixou-se reagir por 10 minutos a 25 °C. Transcorrido o tempo, adicionou-se 50 μL do substrato p-nitrofenil- α -D-glicosídeo também dissolvido em tampão. Foi realizada a leitura da absorbância utilizando leitor de microplaca (BioChrom ASYS UVm340, Cambridge, UK) no comprimento de onda 405 nm no tempo zero (As_{t_0}) e após cinco minutos (As_{t_5}). Nas amostras-controle (C_{t_0} e C_{t_5}), o extrato foi substituído pelo tampão. O percentual de inibição da enzima alfa-glicosidase foi calculado de acordo com a Equação 9:

$$\% \text{ de inibição} = \frac{(Ac_{t_5} - Ac_{t_0}) - (As_{t_5} - As_{t_0})}{Ac_{t_5} - Ac_{t_0}} \cdot 10 \quad (9)$$

3.5 Desenvolvimento dos produtos para fins alimentícios

3.5.1 Elaboração de sucos mistos (*blends*) a partir da polpa de figo da india (FI)

Duas formulações de suco misto (*blends*), denominadas A e B, foram preparadas utilizando polpa do figo da índia (50 e 75%), polpa de cajá (50 e 25% - pH 2,66), respectivamente, e açúcar granulado cristalizado (utilizado na quantidade necessária a correção do teor de sólidos solúveis para 11 °Brix). As bebidas foram submetidas a tratamento térmico tipo *hot fill*, por 60 segundos a 85°C, seguido de envase a quente em garrafas de vidro estéreis de 250 mL e fechadas com tampas plásticas rosqueadas. Após o fechamento, foram resfriadas em água corrente e armazenadas a temperatura ambiente (28 ± 2°C).

3.5.2 Desenvolvimento dos biofilmes de fécula de mandioca e extrato do facheiro

Os biofilmes foram elaborados a partir de fécula de mandioca pelo processo de “casting”, que consiste em concentrações variadas de extrato aquoso de facheiro, mantendo-se o conteúdo de glicerol e fécula de mandioca, conforme Tabela 3.1.

Tabela 3. 1. Formulação dos biofilmes do extrato do facheiro e fécula de mandioca.

Grupos de Biofilmes	Extrato aquoso (g)	Água (g)	Glicerol (g)	Fécula de mandioca (g)
Fécula	-	37,00	0,74	2,20
E3 1%	0,37	36,63	0,74	2,20
E3 5%	1,85	35,15	0,74	2,20
E3 10%	3,70	33,30	0,74	2,20
E6 1%	0,37	36,63	0,74	2,20
E6 5%	1,85	35,15	0,74	2,20
E6 10%	3,70	33,30	0,74	2,20

Os extratos aquosos foram preparados com 3 e 6 g para 100 mL de água, compondo os grupos E3 e E6 respectivamente. Além disso, 1%, 5% e 10 % da água utilizada na formulação dos biofilmes foi substituída pelos extratos. Em seguida, os materiais foram misturados, homogeneizados, e submetidos ao aquecimento a aproximadamente 70°C, agitados manualmente por intervalos de tempo variáveis entre 15s e 30s para ocorrer o processo de gelatinização. Foi depositado 13g da solução filmogênica em placas de polipropileno, de forma a fornecer biofilmes

com espessuras uniformes. Em seguida, as placas permaneceram em estufa a 70°C por 4 horas ou observando o tempo de secagem, para evitar o efeito quebradiço como pode ser visto na Figura 3.3. A avaliação dos biofilmes foi realizada de forma qualitativa como proposto por Monterrey & Sobral (1999), avaliando-se aqueles com melhor aparência visual e superfície mais homogênea. Assim, para a avaliação dos biofilmes, considerou-se ausência de rupturas ou fraturas após secagem e ausência de partículas insolúveis ou bolhas visíveis ao olho nu, ou zonas de opacidade ou de cores diferenciadas, compondo o critério de homogeneidade, além da manuseabilidade, observando a possibilidade de ser manuseado sem riscos de ruptura. Para cada item avaliado como excelente foi atribuído (***), bom e deficiente (**) e (*), respectivamente.



Figura 3. 3. Secagem dos biofilmes de extrato de facheiro e fécula de mandioca em placas de polipropileno.

3.5.2.1 Espessura

A espessura foi determinada por micrômetro (Digimess, modelo: IP54). Para cada corpo de prova foram realizadas 2 medidas em pontos distintos.

3.5.2.2 Absorção de água

O método utilizado para a absorção de água foi baseado no método de Cobb, norma ABNT NBR NM ISO 535 (1999), utilizando-se o intervalo de tempo de 1 min. Consiste em uma análise gravimétrica na qual um corpo de prova com área conhecida é pesado antes e depois de sua imersão em água destilada, por tempo definido. Foram utilizados 5 corpos de prova para cada material analisado.

3.5.3 Preparação de barras de cereais utilizando farinha da vagem de algaroba (FG)

As barras de cereais tiveram três diferentes formulações, como mostra Tabela 3.2, utilizando-se a farinha da vagem de algaroba (FG) nas proporções 5, 10 e 15 % (p/p) e 1 amostra-referência sem FG. Os demais ingredientes usados nas preparações foram adquiridos no comércio local (Figura 3.4).

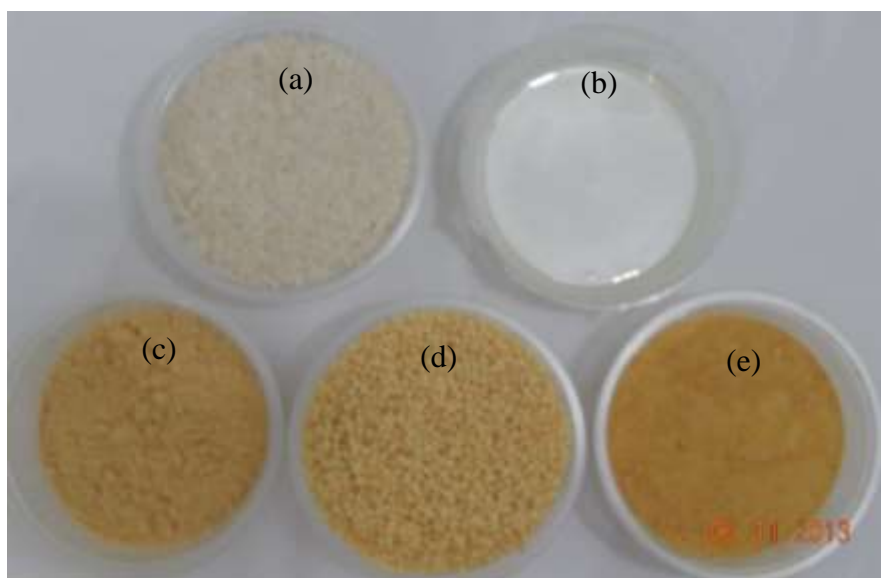


Figura 3. 4. Ingredientes: (a) aveia; (b) xarope de glucose; (c) farinha de biscoito tipo “maisena”; (d) flocos de arroz; (e) farinha da vagem da algaroba utilizados na elaboração das barrinhas.

A composição e modo de preparo foram baseados no trabalho de Torres (2009) com algumas modificações, como a introdução do biscoito tipo “maisena”, triturado em liquidificador doméstico e peneirado para obter a farinha. Os ingredientes aglutinantes (Tabela 3.2) foram aquecidos em temperatura de aproximadamente 95°C por 2 min, em seguida adicionados aos ingredientes secos. As barrinhas foram prensadas, moldadas em tamanho padronizado em 9 cm de altura, 3 cm de largura e 1,5 cm de espessura, resfriadas a 20°C por 20 min, embaladas em papel alumínio e mantidas em lugar seco e arejado até avaliação sensorial.

Tabela 3.2. Formulações das barrinhas de cereais produzida com e sem farinha da vagem de algaroba (FG).

Ingredientes	Quantidades (g/100g)			
	Padrão	5% FG	10% FG	15% FG
Aglutinante				
Glicose de milho	50	50	50	50
Secos				
Aveia (flocos finos)	20	20	20	20
Farinha de biscoito “tipo maisena”	20	15	10	5
Flocos de arroz	10	10	10	10
Farinha de algaroba	-	5	10	15

Legenda: Padrão: formulação sem FG; 5% FG: Formulação com 5% de farinha da vagem de algaroba; 10% FG: Formulação com 10% de farinha da vagem de algaroba; 15% FG: Formulação com 15% de farinha da vagem de algaroba;

3.6 Avaliação sensorial do suco misto

Duas diferentes abordagens analíticas foram escolhidas no presente estudo. Os sucos mistos foram avaliados quanto ao seu perfil sensorial pela Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) segundo Stone & Sidel (2004). Os resultados permitem avaliar de maneira objetiva as

características sensoriais, além de desenvolver terminologia adequada a esse novo produto. E as diferentes formulações de barras de cereal contendo farinha da vagem de algaroba foram comparadas com formulação-padrão sem a farinha da vagem de algaroba, por análise discriminativa, de forma a avaliar a contribuição dessa matéria-prima para a percepção da aparência, aroma, textura e sabor do produto.

3.6.1 Análise quantitativa descritiva para os sucos mistos (*blends*)

3.6.2 Recrutamento, treinamento dos julgadores e realização da análise sensorial

A pré-seleção dos julgadores abrangeu o teste proposto por Meilgaard et al. (1999), sendo selecionadas 12 pessoas, entre homens e mulheres consumidores potenciais de suco.

Para o desenvolvimento da terminologia empregou-se o Método de Rede, descrito em Moskowitz (1983). Duas amostras de suco de cajá foram apresentadas simultaneamente, sendo que uma delas continha 5 % de polpa de figo da índia, solicitando aos provadores que descrevessem as similaridades e as diferenças entre elas. Após a geração dos termos, sob a orientação do mediador, levantaram-se os termos descritores que caracterizavam melhor as amostras quanto a aroma, aparência, textura e sabor. O painel de provadores definiu os atributos escolhidos, apresentados na Tabela 3.3, estabelecendo também as referências (Figura 3.5)

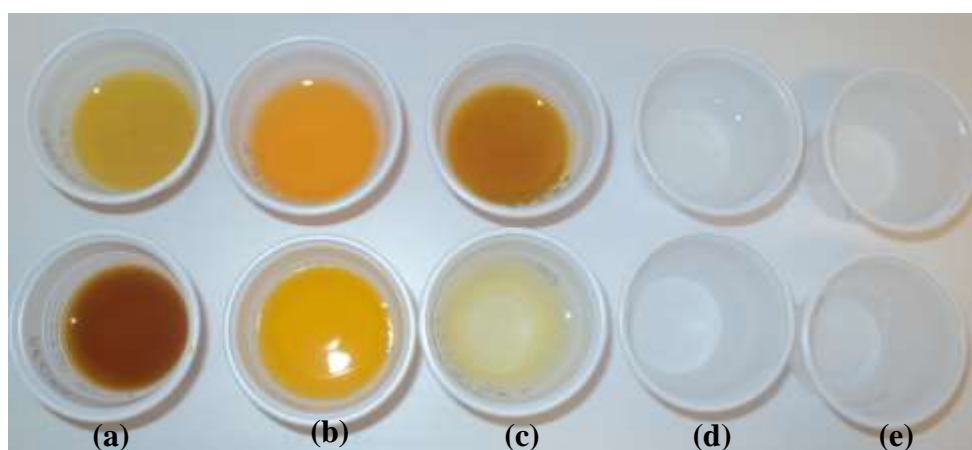


Figura 3. 5. Referências utilizadas no treinamento dos julgadores para os atributos: aroma característico de cajá (a), cor amarela-alaranjada (b), turbidez (c), sabor doce (d) e ácido (e), respectivamente.

Tabela 3. 3. Descrição e definição dos descritores do suco misto figo da índia e cajá.

Termos descritores	Definição
AROMA	
Aroma característico de cajá	Aroma característico da fruta (cajá)
APARÊNCIA	
Cor amarela-alaranjada	Intensidade da tonalidade de cor amarelo e laranja
Turbidez	Turbidez característico de sucos/permite a passagem da luz, mas não permite a distinção de uma imagem distinta
TEXTURA	
Corpo	Associado à densidade (aguado ou encorpado)
SABOR	
Doce	Sabor adocicado associado à sacarose
Ácido	Sabor associado ao ácido cítrico

Com a equipe selecionada e treinada, copos plásticos de 30 mL, codificados com três dígitos foram utilizados para a apresentação das amostras ao longo de quatro sessões realizadas em dias alternados. Os julgadores registraram suas impressões em escala não estruturada de 9 cm para cada descritor (Figura 3.6), ancorada nas suas extremidades em

termos que expressam intensidade, consultando se caso necessário, a ficha contendo a definição deles.

Nome: _____ Data: _____

Prove cuidadosamente os sucos que estão sendo apresentados. Marque com um traço a intensidade percebida do atributo.

AROMA

Aroma característico de cajá

Amostra _____ |-----|
Pouco Muito intenso

Amostra _____ |-----|
Pouco Muito intenso

APARÊNCIA

Cor amarela-alaranjada

Amostra _____ |-----|
Pouco Muito intenso

Amostra _____ |-----|
Pouco Muito intenso

Turbidez

Amostra _____ |-----|
Pouco Muito intenso

Amostra _____ |-----|
Pouco Muito intenso

TEXTURA

Corpo

Amostra _____ |-----|
Pouco Muito intenso

Amostra _____ |-----|
Pouco Muito intenso

SABOR

Sabor doce

Amostra _____ |-----|
Pouco Muito intenso

Amostra _____ |-----|
Pouco Muito intenso

Sabor ácido

Amostra _____ |-----|
Pouco Muito intenso

Amostra _____ |-----|
Pouco Muito intenso

Figura 3. 6. Ficha dos julgadores na análise descritiva quantitativa.

3.7 Avaliação das barras de cereais

3.7.1 Teste discriminativo de comparação múltipla

A análise discriminativa de comparação múltipla foi aplicada a uma equipe não-treinada de 30 provadores (Dutcosky, 2007) para avaliação das barras de cereais. As amostras codificadas com algarismos de três dígitos foram apresentadas de forma casualizada.

O teste avaliou a intensidade da percepção nos atributos aparência, aroma, textura e sabor quando comparados ao controle, que consistia da barra de cereal sem FG, utilizando-se escala de 9 pontos, variando entre 1 (extremamente melhor que o controle) e 9 (extremamente pior que o controle).

3.7.2 Análise de aceitação

A avaliação sensorial das barras de cereais foi realizada utilizando o teste de aceitação com 50 provadores, não treinados - estudantes, professores e funcionários da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Cada provador emitiu nota para os mesmo atributos avaliados na análise discriminativa, aparência, aroma, textura e sabor das amostras de cada formulação usando escala hedônica de nove pontos, conforme Figura 3.7.

Nome: _____ Data: ____/____/____
 Idade: _____ Sexo: () F () M

Você está recebendo três amostras de barrinha de cereal de farinha da vagem de algaroba. Avalie cada amostra usando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou do produto.

1 – Desgostei muitíssimo
 2 – Desgostei muito
 3 – Desgostei regularmente
 4 – Desgostei ligeiramente
 5 – Indiferente
 6 – Gostei ligeiramente
 7 – Gostei regularmente
 8 – Gostei muito
 9 – Gostei muitíssimo

Atributos	Nº da amostra	Nº da amostra	Nº da amostra
Aparência			
Odor			
Textura			
Sabor			

Figura 3. 7. Ficha para avaliação sensorial no teste de escala hedônica da barrinha de cereal de farinha da vagem de algaroba.

3.8 Análise estatística

Os extratos de cada fruto foram preparados em triplicata e analisados também em triplicata (n=9). Resultados foram expressos como média \pm desvio padrão. Dados foram submetidos à análise de variância ANOVA (one-way) e teste de Tukey para comparação das médias.

Os resultados da ADQ e o teste de comparação múltipla também foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) seguida pelo teste de Tukey e teste de Dunnet a 5% de significância, respectivamente.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Statistica 7.0 (Tucsa, OH).

Capítulo 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4. Resultados e discussão

4.1 Caracterização físico-química

A Figura 4.1 mostra o aspecto visual dos materiais utilizados no trabalho. O figo da índia é considerado como “*berry*” por conter pequenas e inúmeras sementes (Barbera et al., 1992). No entanto, esta sofreu aqui processo de refinamento para melhorar sua aparência e diminuir seu aspecto fibroso, importantes na posterior utilização de elaboração do suco misto. Por sua vez, a polpa do facheiro caracteriza-se pela coloração roxa, sementes pretas, pequenas e mais abundantes do que no figo da índia. Quanto a farinha da vagem da algaroba demonstrou certa aglomeração, provável consequência do conteúdo de açúcares (Tabela 4.1) redutores presente, que fornecem esta característica pegajosa.

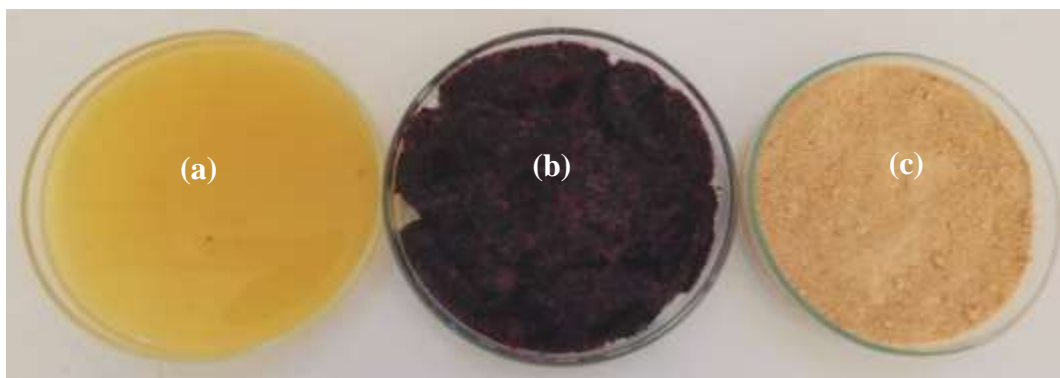


Figura 4. 1. Aspecto das polpas de figo da índia (a), facheiro (b) e farinha da vagem de algaroba (c).

A Tabela 4.1 apresenta a caracterização físico-química para a polpa do figo da índia, facheiro e farinha da vagem de algaroba. Vale salientar que a produção de polpa de frutas de espécies exóticas como o figo da índia e facheiro tem importância prática e comercial. Em consequência de sua sazonalidade, produção concentrada em regiões estritas, vida útil de cerca de 3-4 semanas, a produção das polpas facilita o consumo, distribuição e eleva seu valor comercial.

Tanto no figo da índia como no facheiro a atividade de água foi elevada, fato comum às polpas de fruta e que sinaliza a necessidade de manutenção da mesma sob refrigeração e/ou congelamento a fim de estender a vida útil. O teor de sólidos totais do figo da índia é inferior ao encontrado para o fruto do facheiro, e apresenta valor próximo ao mostrado por Sawaya et al., (1983).

Tabela 4. 1. Caracterização físico-química da polpa do figo da índia e facheiro, farinha da vagem da algaroba.

Parâmetro	Polpa do figo da índia (FI)	Polpa facheiro (FA)	Farinha da vagem de algaroba (FG)
Atividade de água	0,99 ± 0,00	0,99 ± 0,00	0,31 ± 0,00
Sólidos totais (%)	11,20 ± 1,37	19,97 ± 0,43	97,5 ± 0,01
pH	5,68 ± 0,01	4,76 ± 0,01	5,49 ± 0,02
Acidez titulável (% ácido cítrico)	0,07 ± 0,01	0,35 ± 0,03	ND
Proteína (%)	0,21 ± 0,06	1,15 ± 0,01	9,29 ± 0,99
Açúcares redutores totais (%)	9,83 ± 0,33	1,96 ± 0,07	38,12 ± 2,43
Resíduo mineral (%)	0,06 ± 0,01	1,13 ± 0,05	3,05 ± 0,41
Fibra alimentar total (%)	ND	ND	11,85 ± 1,13

ND – Não determinado;

Valores mostrados na forma de média ± desvio-padrão.

Os dados de pH confirmam o figo da índia como levemente ácido (pH>4,5), conforme relatos anteriores encontrados na literatura (Hernández-López et al., 2005). Em contrapartida, o facheiro apresenta valor de pH e acidez total titulável próximo ao apresentado por Nascimento et al. (2011), os quais são semelhantes aos frutos de cactácea *Cereus jamacaru* DC., comumente conhecido na região da caatinga brasileira como “mandacaru”. Souza et al. (2012) encontraram acidez entre 0,08% e 1,95% para frutos do Cerrado Brasileiro, faixa

também encontrada para os frutos de figo da índia e facheiro. Segundo os autores, esse nível de acidez em produtos alimentícios repercute em sabor suave, que aumenta a aceitação na forma de fruta fresca.

Como esperado, as polpas apresentaram baixo teor proteico. Em frutas como abacaxi, maçã, melão, morango e banana o teor proteico contribui com apenas 1,5% de sua composição (Hui et al., 2006). As proteínas encontradas em frutos incluem enzimas com papel fundamental nas reações de amadurecimento e senescência das frutas (Koblitz, 2011). Nascimento et al. (2011) analisaram a polpa do fruto facheiro e encontraram valores superiores para os itens sólidos totais, resíduo mineral e açúcares totais, mas os valores de proteína são similares aos apresentados no presente estudo.

O elevado teor de açúcares no figo da índia é reflexo de sua elevada concentração de glicose e frutose (Gurrieri et al., 2000) e justifica seu uso como adoçante natural (Sáenz et al., 1998). O resíduo mineral do figo da índia é inferior ao determinado por Salim et al. (2009). De acordo com Yahia & Mandrogon-Jacobo (2011), grande diversidade e variabilidade de características entre os frutos dessa cactácea é esperado, tendo em vista o grande número de espécies e diferentes locais de cultivo, o que influencia a presença dos compostos nutricionais e funcionais.

Por tratar-se de matéria-prima pertencente à família diferente das cactáceas, como também, sob a forma de produto desidratado, a farinha da vagem de algaroba apresenta características distintas e particulares. Apresenta alto percentual de sólidos totais, por tratar-se de material farináceo submetido à desidratação durante seu processo e obtenção. O teor do resíduo mineral foi próximo ao trabalho de Silva et al. (2007) de 3,6% que também analisaram vagens desidratadas e moídas desta mesma espécie de leguminosa.

Apesar do pH moderado que permite classificar a farinha da vagem de algaroba como alimento pouco ácido (Ramaswamy & Marcotte, 2006), o valor de atividade de água favorece o armazenamento, já que o crescimento microbiológico é fortemente inibido para valores de atividade de água inferiores a 0,62 (Rahman, 2009).

A farinha da vagem de algaroba apresentou elevado percentual de proteínas, açúcares e fibras, componentes de grande valor para a alimentação humana. Vale ressaltar que cereais tradicionais com mercado consolidado como o milho, contém menor percentual de proteína (Taco, 2011), o que justificaria maior utilização e interesse pela algaroba. A farinha da vagem

de algaroba também é reconhecida por possuir elevado teor de açúcares, havendo inclusive resultados superiores (52,51g/110g de massa seca) aos aqui apresentados na literatura (Galán et al., 2008). O conteúdo de fibra alimentar total (FAT), soma das fibras solúveis e insolúveis, revela a potencialidade da farinha da vagem de algaroba para atuar como regulador da função intestinal. A RDC nº 54 da ANVISA considera que os alimentos com teores iguais ou superiores a 3 g/100g, podem ser considerados como alimentos-fonte deste componente (Brasil,2012).

4.2 Compostos bioativos

4.2.1 Ácido ascórbico e carotenoides

A Tabela 4.2 apresenta os resultados para o teor de ácido ascórbico e carotenóides das amostras de figo da índia e facheiro. Os frutos de *Opuntia* já foram reportados como fonte de antioxidantes naturais, como carotenoides, ácido ascórbico e flavonóides (Kuti, 2004). Figueroa-Cares et al. (2010) e Fernández-Lopez et al. (2010) encontraram 18,94 mg/100 g em variedades de FI do México e 18 mg/100 g para amostras da Espanha, respectivamente, valores levemente superiores aos encontrados neste trabalho. Normalmente, a literatura científica mostra altos teores de ácido ascórbico para o figo da índia, variando de 20-48 mg/100 g (Kuti, 2004, Sumaya-Martínez et al., 2011). As diferenças podem estar correlacionadas com as espécies e cultivares, características de cultivo, como escassez de água e nutrientes do solo (Figueroa-Cares et al., 2010). Além disso, o modo de preparação das amostras também pode influenciar, diminuindo a medida que se empregam processamentos para refinamento da polpa, que retira a parte fibrosa e contribue na redução do teor de vitamina C (Jiménez-Aguillar et al., 2011). Contudo, Tesoriere et al. (2004) chama atenção para o fato de que 500g da polpa do figo da índia ao longo de duas semanas foram capazes de diminuir o dano oxidativo de lipídeos em indivíduos saudáveis. Mesmo pessoas recebendo suplementação equivalente com vitamina C, não foram suficientes para melhorar o balanço redox, sugerindo que outros componentes também contribuam para a capacidade antioxidante dos frutos de FI.

No facheiro a metodologia aplicada não detectou ácido ascórbico, outros métodos mais sensíveis (Cardoso et al., 2011) poderiam ser aplicados para avaliar este composto bioativo.

Tabela 4. 2. Concentração de ácido ascórbico e carotenóides do figo da índia.

Espécie	Composto bioativo	
	Ácido ascórbico (mg /100g)	Carotenóides (mg /100g)
Figo da índia	12,92 ± 0,01	0,13 ± 0,01
Facheiro	ND	ND

Resultados expressos como média ± desvio-padrão (n=9).

ND - não detectado

Nos vegetais, os carotenóides tem função antioxidante e de atrair agentes polinizadores. Juntamente com as clorofilas, constituem grande classe de pigmentos naturais (Delgado-Vargas & Predez-López, 2002). Normalmente os frutos de *cactus pear* possuem maior teor de ácido ascórbico do que carotenóides, por exemplo, para *O. ficus indica* e *O. streptacantha*, apresentam 4,58 e 8,15 mg/100g de AA, enquanto que 0,29 e 0,15 mg/100 g de carotenóides, respectivamente (Kuti, 2004). Aqui, também se observa mesma tendência. O baixo teor de carotenóides pode ser explicado por Yahia & Mondragon-Jacobo (2011). Vários cultivares de *Opuntia* determinados por estes autores, tiveram níveis entre 0,5-1,0 mg/100g. Não necessariamente significa que frutos amarelos devam conter maiores níveis de carotenóides, como por exemplo o beta-caroteno, isto porque outros pigmentos como as betalaínas (assunto abordado no item a seguir) podem influenciar na coloração amarela comumente atribuída aos carotenóides.

Utilizando metodologia semelhante à aplicada aqui, Nascimento et al. (2011) também não conseguiram detectar carotenóides na polpa do facheiro.

4.2.2 Betalaínas

Na definição de Stintzing et al. (2001), betalaínas são cromo-alcaloides nitrogenados. É importante ressaltar que embora as betalaínas apresentem funções similares às antocianinas,

estes dois pigmentos são excludentes, ou seja, não foi reportada a ocorrência conjunta dessas duas substâncias (Stafford, 1994; Shimada et al., 2004).

As betalaínas são ainda consideradas pigmentos naturais bioativos (Chauhan et al., 2013) reconhecidos por sua atividade antioxidante (Stintzing et al., 2005). São normalmente classificados com base nas suas características estruturais e divididos nos grupos betacianinas (Bc) e betaxantina (Bx), com coloração vermelha-púrpura e amarelo, respectivamente (Delgado-Vargas & Paredez-López, 2002).

O teor de betalaínas de figo da índia e facheiro foi avaliado pelo método espectrofotométrico e por HPLC-DAD-ESI-MS. A farinha da vagem de algaroba não foi analisada quanto ao teor de betalaínas, devido a improvável presença desses compostos nessa leguminosa.

A Tabela 4.3 apresenta o teor de betalaínas do figo da índia e facheiro determinados pelo método espectrofotométrico.

Tabela 4. 3. Conteúdo de betalaínas (betacianinas e betaxantinas) para o figo da índia e facheiro determinados pelo método espectrofotométrico.

	Figo da índia		Facheiro	
	Bx (mg/100g)	Bc (mg/100g)	Bx (mg/100g)	Bc (mg/100g)
Água	ND	ND	16,43 ± 0,93 ^a	22,58 ± 0,61 ^a
E70	ND	ND	19,10 ± 1,59 ^a	21,31 ± 2,00 ^{a,b}
E80	ND	ND	16,23 ± 1,23 ^a	18,71 ± 0,93 ^b
E100	ND	ND	ND	ND
Polpa filtrada	4,69 ± 0,06	1,41 ± 0,0	-	-

ND - não detectado; Bx- betaxantinas; Bc – betacianinas.

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)

E70 - etanol:água 70:100; E80 - etanol:água 80:100; E100 - somente etanol

O conteúdo de betaxantinas diferiu fortemente do quantificado de betacianina, o explica a coloração amarela-alaranjada da polpa de OFI. Stintizing et al. (2005) encontraram 7,63 mg/100g de betaxantina e 0,66 mg/100g de betacianina em clones de *Opuntia* spp.

Em contrapartida, visualiza-se os maiores níveis de betacianinas no facheiro. Nascimento et al. (2011) tentaram detectar sem sucesso antocianinas na polpa com semente do facheiro, assim como ocorreu neste trabalho (dados não apresentados). Portanto, a coloração púrpura intensa deve-se a maior contribuição de betacianina. Praticamente, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na quantificação de betaxantinas e betacianinas para todos os solventes estudados, com exceção apenas para Bc no sistema E80 ($p < 0,05$). Particularmente, não foi possível quantificar os pigmentos em etanol 100 %, isto porque Stitinzg et al. (2005) já mostraram água ser considerada o melhor solvente. A fração de betalaínas no facheiro foi bem superior aos dados revelados por Ravichandran et al. (2011), que determinaram aproximadamente 0,7 mg/100g e 0,5 mg/100g de betacianinas e betaxantina, respectivamente, em beterrabas (*Beta vulgaris*). Porém o mesmo autor citado e seus colaboradores, também observaram que as betalaínas foram melhor recuperadas em concentrações mais baixas do solvente água:etanol, com valor ótimo obtido em 50%.

A análise por HPLC-DAD-ESI-MS tem o objetivo de avaliar compostos isoladamente, ao contrário do método espectrofotométrico que avalia o teor total de betacianina e betaxantina. Devido à sua estrutura, as betalaínas foram mais facilmente ionizadas em modo positivo (ESI+).

No figo da índia, a presença do íon molecular $[M+H]^+$ de m/z 551.5, possibilitou a identificação de betanina (Figura 4.2), no entanto, em uma concentração bem inferior, como pode ser visto na Tabela 4.4.

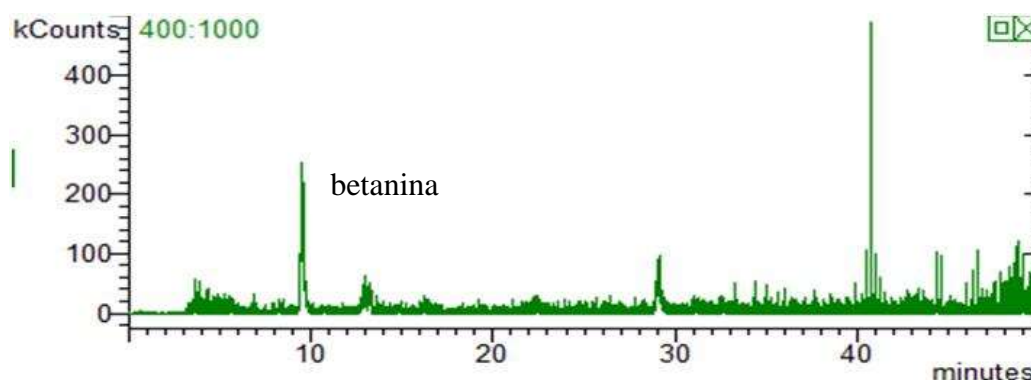


Figura 4. 2 Linha Espectral do pico com m/z 551,5 referente a betanina (tr 9.451 min) do figo da índia.

Para o fruto do facheiro, os compostos que apresentaram tempo de retenção de 10.571 min e 12.810 min, e íon molecular $[M+H]^+$ de m/z 551,5 (Tabela 4.4) foram identificados como betanina e isobetanina, respectivamente (Figura 4.3 e 4.4), apresentando espectro de massa semelhantes a outros já publicados na literatura (Castellanos-Santiago & Yahia, 2008) para amostras de *Opuntia spp.* Além destes compostos já mencionados, as propriedades espectrais, $\lambda_{\text{máx}} = 536,09$ nm e a presença dos seus iões protonados moleculares $[M + H]^+$ m/z 637.3 sugerem no facheiro a presença do radical malonil, descrito com estas características em Wybraniec et al. (2007) para a espécie *Hylocereus*. Previamente, as betalainas do facheiro foram quantificadas e tão pouco identificadas.

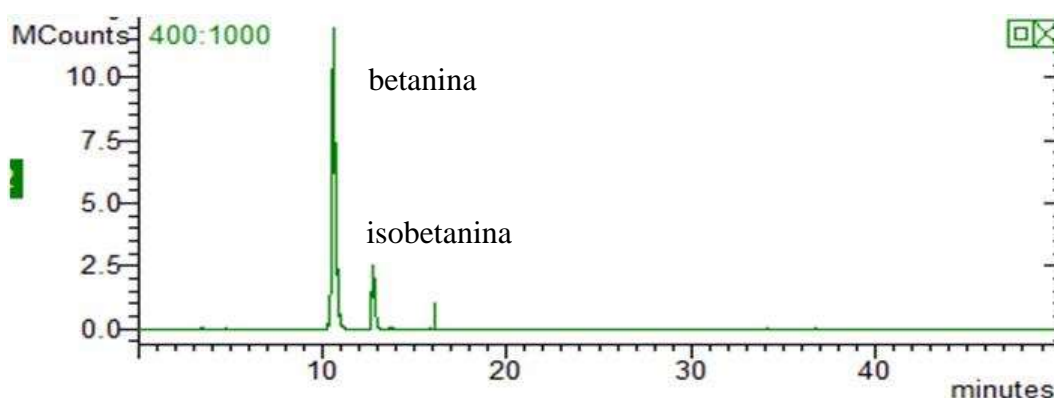


Figura 4. 3. Linha Espectral do pico com m/z 551,5 referente as betalainas - betanina (tr 10.571 min) e isobetanina (tr 12.810 min) do facheiro.

A maior fonte comercialmente explorada de betalainas é de origem da beterraba, no entanto, estudos sensoriais já demonstraram que o composto geosmin confere odor de terra que pode limitar seu uso como pigmento (Stintzing et al., 2005). Alternativas estão sendo propostas para recuperar estes pigmentos de *Opuntias* (Moßhammer et al. 2005; Stintzing & Carle, 2005), para utilização em produtos como sorvetes e iogurtes, onde o uso de corantes derivados de antocianinas são limitados pela instabilidade a mudanças de pH (Stintzing & Carle, 2005). Além disso, são escassos pigmentos naturais de coloração amarela-alaranjada e solúveis em água (Moßhammer et al., 2005). Os dados inéditos aqui apresentados sugerem o

potencial do figo da índia e facheiro como fonte de betalaínas com valor comercial, tecnológico e funcional. No entanto, estudos adicionais acerca da toxicidade e custo do pigmento, principalmente relativo ao facheiro, são necessários.

Tabela 4. 4. Identificação e quantificação de betalaínas no figo da índia e facheiro por HPLC-DAD-ESI-MS

Composto	m/z [M +H] ⁺	MS/MS [M +H] ⁺	Abs (max λ)	Espécies	
				Figo da índia (mg/100g)	Facheiro (mg/100g)
Betanina	551,00	389,30 343,30	534,40	3,00	53 ,00
Isobetanina	551,50	389,33 343,30 297,20	534,78	ND	3,00
4'-malonil-betanina	637,30	551,40 389,30	536,09	ND	70,00
4'-malonil- isobetanina	637,30	551,40	533,11	ND	8,00

m/z [M +H]⁺ – razão massa/carga analisado em modo positivo

MS/MS – fragmentos de íon molecular por espectroscopia de massas

Abs – absorvância máxima

ND – não detectado

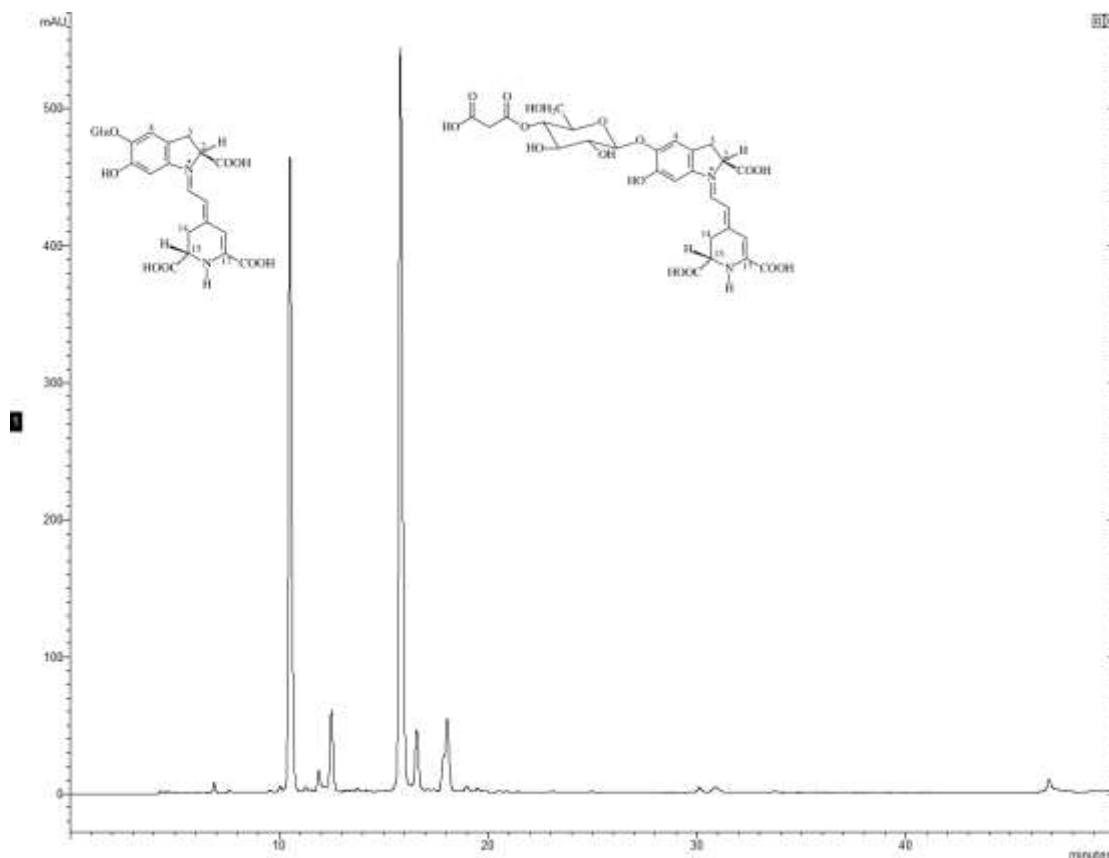


Figura 4. 4. Cromatograma mostrando os picos e estrutura das betalínas identificadas em maior quantidade (betanina e 4'-malonil-betanina) em extratos de facheiro.

4.2.3 Compostos fenólicos totais

Os resultados são mostrados em massa seca (MS) e massa úmida (MU) (Tabela 4.5). Devido à diferença de teor de água entre os materiais estudados, é interessante que a comparação entre grupos seja realizada com os resultados apresentados em massa seca. No entanto, para se conhecer o valor efetivo de CFT nos materiais da maneira que se apresentam e possibilitar a avaliação comparativa com resultados da literatura, os resultados expressos em massa úmida são mais apropriados.

Ao avaliar as polpas dos frutos, observa-se que o facheiro possui teor fenólico superior ($p < 0,05$) ao figo da índia em todos os extratos analisados. Considerando-se o teor fenólico de cada fruto separadamente, os extratos aquosos do figo da índia apresentaram maior conteúdo

do que os extratos etanólicos ($p < 0,05$). No facheiro, ao contrário, todos os extratos etanólicos (E70, E80 e E100) foram superiores ao extrato aquoso. Essas diferenças significativas sugerem diferenças importantes no perfil de fenólicos presentes em cada um dos frutos. Os diversos graus de polimerização e polaridade dos compostos fenólicos presentes explicam a maior ou menor concentração fenólica encontrada em cada um dos sistemas-solvente estudados (Leong & Shui, 2002).

Tabela 4. 5. Fenólicos totais dos extratos aquosos e alcoolicos obtidos do figo da índia, facheiro e farinha da vagem de algaroba.

	CFT (mg GAE/100g)				Algaroba
	Figo da índia		Facheiro		
	Massa seca	Massa úmida	Massa seca	Massa úmida	
Água	110,20 ±	12,34 ±	412,23 ±	82,23 ±	16,21 ±
	0,03 ^{a,A}	0,01 ^{a,A}	0,08 ^{a,B}	0,02 ^{a,B}	0,01 ^a
E70	91,90 ±	10,50 ±	562,10 ±	112,25 ±	3,87 ±
	0,03 ^{b,A}	0,01 ^{b,A}	0,35 ^{b,B}	0,07 ^{b,B}	0,01 ^b
E80	90,88 ±	10,09 ±	511,96 ±	102,24 ±	12,78 ±
	0,02 ^{b,A}	0,01 ^{b,A}	0,25 ^{c,B}	0,05 ^{c,B}	0,01 ^c
E100	79,24 ±	8,89 ±	539,14 ±	107,67 ±	6,35 ±
	0,02 ^{c,A}	0,01 ^{c,A}	0,30 ^{b,c,B}	0,06 ^{b,c,B}	0,01 ^d

Dados estão expressos como média ± desvio padrão (n=9).

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

E70 - etanol:água 70:100; E80 - etanol:água 80:100; E100 - somente etanol

O fruto do facheiro possui teor fenólico superior a frutas tropicais mais conhecidas e comercializadas no mundo como manga (60 mg GAE/100g de massa úmida) e maracujá (61 mg GAE/100g de massa úmida), utilizando-se sucessivas extrações com metanol, água-acetona segundo dados apontados por Vasco et al. (2008).

Já para os frutos de *Opuntia*, a fração fenólica superior é mostrada por Stintzing et al. (2005) (24,2 mgGAE/ 100g). Yahia & Madrogon-Jacobo (2011) ao analisar 10 diferentes cultivares de frutos de *Opuntia ficus indica*, observaram grande variabilidade de resultados, que foram desde 10 mg GAE/ 100g até 130 mg GAE/ 100g. As diferenças encontradas entre as amostras da mesma espécie podem estar relacionadas com as regiões em que foram colhidos os frutos como também as formas de cultivo.

Apesar de superiores ao figo da índia, principalmente nos extratos etanólicos, não foi encontrada na literatura até o momento, nenhum trabalho que demonstre o teor fenólico do facheiro. Acredita-se que sua maior contribuição em relação aos fitoquímicos esteja relacionada com a presença de betalaínas.

O teor de compostos fenólicos totais da farinha da vagem de algaroba foi inferior ao mostrado para as espécies *Prosopis nigra* e *Prosopis alba*, que apresentaram 19 e 18 mg GAE/100 g MS, respectivamente (Cardozo et al., 2010), para extratos metanólicos. Os polifenóis de leguminosas são predominantemente taninos, com habilidade para precipitar proteínas. Por exemplo, Silva et al. (2007) constataram 0,3 mg/100 g de taninos na farinha da vagem de algaroba. Mais especificamente, os taninos de alto peso molecular contém grupos hidroxilas suficientes para permitir a formação de ligações cruzadas estáveis com proteínas (Galán, 2009). Esta informação será relevante ao estudar a interação desses compostos com as enzimas alfa-amilase e alfa-glicosidase, importantes na atividade antienzimática.

4.3 Atividades antioxidante e antienzimática

4.3.1 Capacidade antioxidante

A atividade antioxidante de sequestro de radicais DPPH foi avaliada e os resultados podem ser visualizados na Tabela 4.6. De modo geral, o grupo E70 do figo da índia apresentou a mais elevada atividade antioxidante entre as amostras de cactáceas. Porém, o aumento do percentual de etanol nos extratos diminuiu a obtenção dos compostos com atividade antioxidante. Apesar da superioridade do facheiro em relação aos compostos fenólicos totais e betaninas, a atividade antioxidante não apresentou resultado semelhante ($p > 0.05$).

Tabela 4. 6. Atividade antioxidante para o figo da índia, facheiro e farinha da vagem de algaroba pelo método DPPH com resultados expressos em massa seca.

	DPPH, $\mu\text{mol eq de Trolox/g MS}$		
	Figo da índia	Facheiro	Algaroba
Água	299,08 \pm 22,00 ^{c,A}	179,37 \pm 1,98 ^{a,B}	80,52 \pm 0,39 ^a
E70	452,40 \pm 10,70 ^{a,A}	157,34 \pm 7,54 ^{c,B}	85,19 \pm 0,14 ^c
E80	396,97 \pm 10,51 ^{b,A}	113,64 \pm 0,21 ^{b,B}	86,68 \pm 0,17 ^c
E100	224,97 \pm 2,62 ^{d,A}	151,95 \pm 5,70 ^{c,B}	44,87 \pm 2,92 ^b

Dados estão expressos como média \pm desvio padrão (n=9).

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$)

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0.05$)

E70 - etanol:água 70:100; E80 - etanol:água 80:100 (E80); E100 - somente etanol

Não foi observada correlação entre CFT e DPPH ($p > 0,05$). O mesmo comportamento foi descrito em Conde-Hernandez & Guerrero-Beltran (2014). A ausência de correlação é explicada pela capacidade de sequestrar radicais dos frutos das cactáceas derivar de vários tipos de compostos bioativos como fenólicos e betalaínas. Cayupán et al. (2011) e Stintzing et al. (2005) revelaram que os benefícios nutracêuticos, como a capacidade antioxidante, podem ser atribuídos aos efeitos sinérgicos ou antagonismo entre os compostos bioativos presentes. É importante ressaltar que não foram encontrados na literatura estudos sobre as atividades biológicas do fruto do facheiro e seus compostos bioativos.

Sabe-se que os compostos fenólicos podem desempenhar atividade antioxidante (Almeida et al. 2011). Assim, Cardozo et al. (2010) obtiveram em farinha de algaroba das espécies “nigra” e “alba”, 58,2 e 23,7 $\mu\text{mol eq de Trolox/g}$ amostra em extratos etanólicos, respectivamente, valores inferiores a espécie analisada aqui. Além da diferença nas espécies, chama-se a atenção para o solvente, já que Pérez-Jiménez & Saura-Calixto (2006) acreditam

que a atividade antioxidante é influenciada por interações estabelecidas entre os componentes do alimento e a solução extratora.

4.3.2 Atividade antienzimática

Diabetes mellitus é um distúrbio metabólico caracterizado por secreção inadequada ou insuficiência na produção de insulina. Aproximadamente 90% das pessoas acometidas sofrem da diabetes tipo 2 (WHO, 2012). Considerando que uma parcela expressiva da população mundial ainda não tem acesso assegurado ao sistema de saúde, o desafio dos pesquisadores é descobrir extratos naturais com potencial antiabético (Coman et al., 2012).

Dados científicos mostram que a diminuição da velocidade de digestão é uma estratégia relevante para gerenciar os estágios iniciais da diabetes tipo 2 (Cheplick et al., 2010). A alfa-amilase e alfa-glicosidase são enzimas-chave do metabolismo de açúcares, que quando convenientemente inibidas, podem atuar no gerenciamento dos estágios iniciais da diabetes tipo 2 (Correia et al., 2012). Sobre isso, Kim et al. (2000) acreditam que a inibição muito forte da alfa-amilase pancreática pode resultar em fermentação bacteriana incomum de carboidratos não-digeridos no cólon. A inibição total ou parcial da alfa-glicosidase, por sua vez, reduz a taxa de digestão da sacarose e amido, diminuindo também a absorção das moléculas de glicose e frutose formadas (Lefèbvre & SCheen, 1999).

Nas Tabelas 4.7 e 4.8 encontram-se as atividades antienzimáticas para a alfa-amilase e alfa-glicosidase da polpa do figo da Índia, facheiro e farinha da vagem de algaroba utilizando os diferentes solventes. De forma geral, todos os extratos estudados apresentaram inibição contra a enzima alfa-amilase, variando entre 32% a 50%.

Os resultados obtidos para os extratos de figo da Índia revelam moderada redução da atividade amilolítica e alta inibição da enzima alfa-glicosidase, combinação considerada como ideal para potencial utilização no controle da hiperglicemia pós-prandial associada aos primeiros estágios da diabetes tipo 2 (Wang et al., 2012). Os extratos etanólicos E70, E80 e E100 do figo da Índia apresentaram as mais altas atividades inibitórias contra a enzima alfa-glicosidase, os quais foram superiores aos demais grupos analisados ($p > 0.05$). Tadera et al. (2006) mostraram que o composto quercetina tem potente atuação sobre as enzimas estudadas. No figo da Índia, Kuti (2004) quantificou este flavonóide, o que poderia explicar parte da capacidade de inibição demonstrada pelos extratos do fruto. Apesar dos vários

estudos apontando os efeitos biológicos do figo da índia (Livrea & Tesoriere., 2006), poucos são os estudos que abordam o efeito hipoglicêmico de cactáceas. Butterweck et al. (2011) observaram que os extratos obtidos da mistura de folha e frutos de OFI foram capazes de promover diminuição no nível de açúcar do sangue. Além disso, a espécie *O. streptacantha* Lem. avaliada quanto a inibição da enzima alfa-glicosidade, teve seu desempenho comparável a acarbose, substância sintética comumente utilizada para o gerenciamento da diabetes tipo 2 (Becerra-Jiménez & Andrade-Cetto, 2012).

Tabela 4. 7. Atividade anti-amilase do figo da índia, facheiro e farinha da vagem de algaroba.

	Inibição amilolítica (%)		
	Figo da índia	Facheiro	Algaroba
Água	37,61 ± 3,78 ^{b,A}	32,18 ± 2,80 ^{c,A}	33,92 ± 1,01 ^a
E70	50,65 ± 3,80 ^{a,A}	32,86 ± 0,96 ^{b,c,B}	31,65 ± 1,20 ^b
E80	45,73 ± 2,99 ^{a,A}	37,33 ± 3,43 ^{a,B}	31,81 ± 0,87 ^b
E100	38,47 ± 3,02 ^{b,A}	36,32 ± 2,90 ^{a,b,B}	33,67 ± 1,20 ^a

Dados estão expressos como média ± desvio padrão (n=9).

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0.05)

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0.05)

E70 - etanol:água 70:100; E80 - etanol:água 80:100; E100 - somente etanol

Para o facheiro, a atividade anti-amilase foi moderada com valores situados entre 32,18% e 37,33%. Para a enzima alfa-glicosidase, não foi detectada atividade inibitória empregando-se água como componente extrator, e os extratos etanólicos (E70, E80 e E100) apresentaram inibição inferior à observada para o figo da índia.

Na algaroba foi percebida atividade moderada para a inibição das duas enzimas. Não foi observada nenhuma tendência na extração dos compostos com atividade antienzimática, levando a crer que o solvente parece influenciar pouco. A atividade anti-amilolítica, não difere entre os solventes puros (p>0,05). Em contrapartida, nesta situação em particular, a inibição glicosídica não difere estatisticamente entre E70 e E100, no entanto, apresentando

valores maiores para o conjunto E80. A algaroba apresenta sensação adstringente relacionada com a presença dos taninos (Silva et al., 2007). Sabe-se os taninos podem se ligar às enzimas digestivas, dentre elas alfa-amilase, esperando-se que a atividade inibitória esteja relacionada com a presença destes componentes.

Tabela 4. 8. Atividade glicosídica do figo da índia, facheiro e farinha da vagem de algaroba frente a enzima alfa-glicosidase.

	Inibição glicosídica (%)		
	Figo da índia	Facheiro	Algaroba
Água	53,50 ± 2,35 ^a	Nd	37,51 ± 1,58 ^b
E70	70,71 ± 2,16 ^{b,A}	28,52 ± 1,95 ^{c,B}	42,45 ± 2,04 ^a
E80	69,55 ± 1,16 ^{b,A}	22,06 ± 1,97 ^{b,B}	49,36 ± 0,87 ^c
E100	70,03 ± 1,40 ^{b,A}	44,84 ± 1,56 ^{a,B}	42,53 ± 3,50 ^a

Dados estão expressos como média ± desvio padrão (n=9).

ND – não detectado

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0.05)

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0.05)

E70 - etanol:água 70:100; E80 - etanol:água 80:100; E100 - somente etanol

Embora o mecanismo hipoglicêmico não esteja completamente entendido, hipotetiza-se que a inibição *in vitro* das enzimas alfa-amilase e alfa-glicosidase podem desacelerar o metabolismo dos carboidratos e por isso servir de estratégia para o gerenciamento dos estágios iniciais da diabetes tipo 2 (Wang et al., 2012).

Vale ressaltar que uma possível administração dos extratos de figo da índia, assim como da algaroba, deve acontecer somente após a purificação e retirada dos açúcares presentes, devido ao elevado teor encontrado nessas espécies (Tabela 4.1). Por outro lado, embora a farinha da vagem de algaroba apresente alto teor de açúcares totais, devido principalmente a sacarose, ela pode ser considerada fonte de fibras (Brasil, 1998). Atualmente, admite-se que as fibras sejam essenciais para o perfeito funcionamento do trato gastrointestinal. Também se

correlacionam com a redução na incidência de câncer de intestino e, até certo ponto, com o controle da diabetes em pacientes não dependentes de insulina (Melby et al., 2009)

4.4 Influência do estágio de maturação no teor de compostos fenólicos, atividade antioxidante e atividade antienzimática do figo da índia

Sabe-se que as frutas passam por diversas transformações bioquímicas durante a maturação, com reflexo direto no conteúdo de fitoquímicos presentes. A fisiologia da maturação também pode contribuir para avaliação da máxima conservação das frutas para posterior processamento. Sendo assim, nesta etapa do trabalho foram estudados dois lotes experimentais de figo da índia, referenciadas no item 3.1 da metodologia como as amostras coletadas em Boqueirão-PB e que diferiam pelo estágio de maturação mostrados na Figura 4.5. É notório a diferença na cor da casca da fase semi-madura para a madura, no entanto a porção comestível apresenta a mesma coloração da casca independentemente do estágio de maturação. Os frutos sofrem modificações visíveis na cor da casca associadas a composição dos pigmentos clorofilas e betalaínas (Cayupán et al., 2011). Segundo Felker et al. (2008) é difícil avaliar o ponto ideal de colheita e consumo apenas por uma perspectiva externa. Normalmente considera-se parâmetros como açúcares totais e acidez titulável (Tabela 4.9).



Figura 4. 5. Figo da índia nos dois estádios de maturação estudados: (a) semi-maduros; (b) maduros.

Como esperado, o conteúdo de açúcares totais aumentou da fase semi-madura para a madura, tendência esperada pelo aumento de açúcares solúveis promovido pelo amadurecimento (Duru & Turker, 2005). Os açúcares e a acidez são os principais

contribuintes para o *flavour* da fruta. A razão entre estes dois parâmetros é normalmente usada como índice de qualidade da colheita. Como já foi mencionado antes, o figo da índia tem sabor suave, devido a baixa acidez e favorecido em testes sensoriais (Rothman et al., 2012).

O estágio de maturação também influencia o percentual de polpa, casca e sementes. Na Tabela 4.9 é possível observá-los para os dois grupos experimentais. Felker et al. (2005) encontraram porções comestíveis de clones de *Opuntia ficus indica* entre 40-60%, semelhantes a este trabalho. No entanto, os mesmos autores, acreditam que a firmeza da casca é um importante critério de aceitação dos consumidores, reduzida a medida que a proporção da casca diminui, além disso, frutas com estas características apresentam maior dificuldade no processo de despulpamento.

Tabela 4. 9. Açúcares totais, acidez titulável e percentual de polpa, casca e sementes para o figo da índia nos estádios de maturação semi-maduro (SM) e maduro (M).

Estádio de maturação	Parâmetros físico-químicos (%)			Rendimento (%)	
	Açúcares totais	Acidez titulável	Parte comestível	Casca	Sementes
Semi-maduro	7,20	0,12	41,58	52,01	6,40
Maduro	9,00	0,10	60,12	35,96	3,90

Para as frutas de figo da índia destinadas à exportação, o peso da parte comestível não deve ultrapassar 60 g (Inglese et al., 1995).

A importância de se determinar o estágio ideal de maturação consiste no fato do figo da índia ser um fruto não climatérico que apresenta baixa taxa de respiração e por isso a concentração de seus nutrientes não deve modificar consideravelmente após a colheita (Cayupán et al., 2011). Com base neste princípio, o teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante medida pelo método DPPH dos frutos nos dois estádios de maturação está mostrado na Tabela 4.10.

Para todos os extratos analisados, o grupo maduro mereceu destaque para o conteúdo de compostos fenólicos, correlacionando-se com a alta atividade antioxidante também encontrada para este grupo. Por outro lado, na fase madura, a solução extratora parece ter nenhum ou pouco efeito na avaliação dos dois parâmetros ($p > 0,05$), com exceção no conteúdo de CFT do solvente água. Cayupán et al. (2011) constataram diferenças menores de polifenóis em frutos de *O. megacantha*, ao avaliarem o desenvolvimento dos frutos durante oito semanas. Por outro lado, a atividade antioxidante sofreu maiores discrepâncias já que foi associada com as mudanças de ácido ascórbico e betalaínas durante o amadurecimento.

Tabela 4. 10. Compostos fenólicos totais (CFT) e atividade antioxidante dos extratos aquosos e etanólicos de figo da índia semi-maduro (SM) e maduro (M).

	CFT (mg GAE/100g de amostra)		DPPH ($\mu\text{mol eq de Trolox/g amostra}$)	
	SM	M	SM	M
Água	$17,79 \pm 0,01^{aA}$	$23,27 \pm 0,01^{aB}$	$40,40 \pm 0,63^{bA}$	$64,72 \pm 1,32^{aB}$
E70	$14,77 \pm 0,01^{bA}$	$18,88 \pm 0,00^{bB}$	$46,18 \pm 1,27^{aA}$	$68,43 \pm 4,20^{aB}$
E80	$13,71 \pm 0,01^{cA}$	$18,32 \pm 0,01^{bB}$	$33,43 \pm 1,49^{cA}$	$69,53 \pm 4,67^{aB}$
E100	$12,01 \pm 0,01^{dA}$	$17,94 \pm 0,01^{bB}$	$33,23 \pm 1,02^{cA}$	$65,44 \pm 0,78^{aB}$

Resultados expressos como média (desvio-padrão) (n=9). E70 - etanol:água 70:100; E80 - etanol:água 80:100 (E80); E100 - somente etanol.

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Ao contrário dos resultados para a capacidade antioxidante, as atividades anti-enzimáticas contra as enzimas alfa-amilase e alfa-glicosidase parecem ter menor influência do estágio de maturação (grupos SM e M) (Tabela 4.11). A atuação do solvente na extração de compostos com ação anti-amilolítica não parece seguir clara tendência. No entanto, a inibição antiglicosídica é mais pronunciada para os extratos alcoolicos.

Tabela 4. 11. Atividade anti-enzimática do figo da índia, facheiro e farinha da vagem de algaroba frente a enzima alfa-amilase e alfa-glicosidase, para o figo da índia semi-maduro (SM) e maduro (M).

	Inibição da alfa-amilase (%)		Inibição da alfa-glicosidase (%)	
	SM	M	SM	M
Água	34,25 ± 2,48 ^{bA}	30,01 ± 1,25 ^{aB}	47,66 ± 0,88 ^{bA}	61,04 ± 1,04 ^{bB}
E70	42,02 ± 4,37 ^{aB}	39,32 ± 0,95 ^{cB}	60,66 ± 2,55 ^{cA}	73,27 ± 1,24 ^{aB}
E80	41,47 ± 1,13 ^{aA}	25,20 ± 0,60 ^{bB}	67,36 ± 0,95 ^{aA}	70,10 ± 1,21 ^{cB}
E100	31,30 ± 0,39 ^{bA}	39,00 ± 1,70 ^{cB}	68,92 ± 1,26 ^{aA}	70,79 ± 0,97 ^{cA}

Resultados expressos como média (desvio-padrão) (n=9).

a,b,c – Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0.05)

A, B - Letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p<0.05)

E70 - etanol:água 70:100; E80 - etanol:água 80:100 (E80); E100 - somente etanol

De forma geral, a atividade antiamilolítica dos extratos de figo da índia parece estar relacionada à fitoquímicos presentes ainda na fase semi-madura. No entanto, devido a complexidade de composição das frutas, é sensato considerar possíveis ações sinérgicas e/ou antagônicas entre as substâncias. Wang et al. (2010) avaliaram as atividades inibitórias das substâncias quercetina, miricetina e caempferol avaliadas isoladamente ou em associação. Os extratos quercetina-miricetina e quercetina-caempferol apresentaram ação sinérgica significativa contra a alfa-glicosidase, no entanto, não foi observado o mesmo comportamento para a alfa-amilase. No entanto, a inferência destas relações entre os compostos bioativos torna-se difícil, a medida que cada sistema é único. Em estudo similar conduzido a partir de extratos de groselha e *rowanberry*, a associação mostrou-se antagônica, o que significa que um extrato pode ter tido efeito inibitório sobre o outro (Boath et al., 2012). Na fase madura, a presença das betalainas em maior proporção podem exercer efeito análogo.

4.5 Estratégias de utilização das espécies estudadas

4.5.1 Avaliação descritiva quantitativa do suco misto de figo da índia e cajá

Testes preliminares foram conduzidos com várias polpas de frutas, de modo a escolher uma associação que propiciasse sabor e aparência desejáveis ao suco misto. A partir disso, optou-se por utilizar polpa de cajá nas formulações dos *blends* de forma a produzir produto com pH mais baixo, reduzindo o risco de crescimento microbiano (Sáenz & Sepúlveda, 2001).

Os sucos vêm se destacando como a bebida mais apreciada entre os adolescentes, adultos e idosos brasileiros. O *blend* ou suco misto surge como um produto diferenciado, unindo aromas, equilibrando sabores demasiadamente fortes e exóticos, suprimindo escassez e disponibilidade sazonal, contribuindo para melhorar o “corpo” dos produtos, além de combinar propriedades funcionais particulares das matérias-primas (Bates et al., 2001). Esta mistura de atributos sensoriais e nutricionais, que constitui a bebida mista, já possui definição regulamentada pelo Decreto nº 2.314 de 04 de setembro de 1997 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (Brasil, 1997).

O figo da índia pode representar fonte promissora para elaboração de sucos mistos, não somente pelas razões citadas anteriormente, como também pelos resultados da caracterização que revelaram elevada doçura, presença de compostos fenólicos, betalaínas e atividade antioxidante. O potencial bioativo encontrado para os frutos da *Opuntia ficus-indica* estão em consonância com a realidade atual, onde consumidores cada vez mais exigentes e informados, desejam encontrar nos alimentos muito mais do que simplesmente qualidades nutricionais. O desenvolvimento de produtos com potencial efeito benéfico à saúde é uma nova tendência refletida nesse contexto de aceitação, associado à praticidade e sabor (Guthman, 2003).

As duas formulações possuem diferentes proporções de polpa de FI, de forma a avaliar o impacto da polpa sobre as características do produto. A média das notas atribuídas pelos provadores a cada descritor são apresentadas na Tabela 4.12 e representadas graficamente na Figura 4.6, onde o zero é estabelecido no ponto central da escala, enquanto que a intensidade

aumenta do centro para a periferia. A conexão dos pontos no eixo traça o perfil sensorial das amostras.

Tabela 4. 12 Avaliação dos atributos sensoriais que caracterizaram as amostras de suco misto de figo da índia e cajá no teste de ADQ.

Atributos	Formulação A	Formulação B	p-valor
Aroma cajá	5,85±0,72	1,76±0,61	<0,001
Cor amarela-alaranjada	3,81±0,52	5,04±0,74	0,030
Turbidez	5,14±0,55	5,07±0,49	0,120
Corpo	4,00±0,53	5,45±0,43	<0,001
Sabor doce	3,52±0,88	5,85±0,79	<0,001
Sabor ácido	4,98±1,07	2,15±0,80	<0,001

Formulação (A) 50 % de polpa de FI e 50% de polpa de cajá e formulação (B) 75% de polpa de FI e 25 % de polpa de cajá.

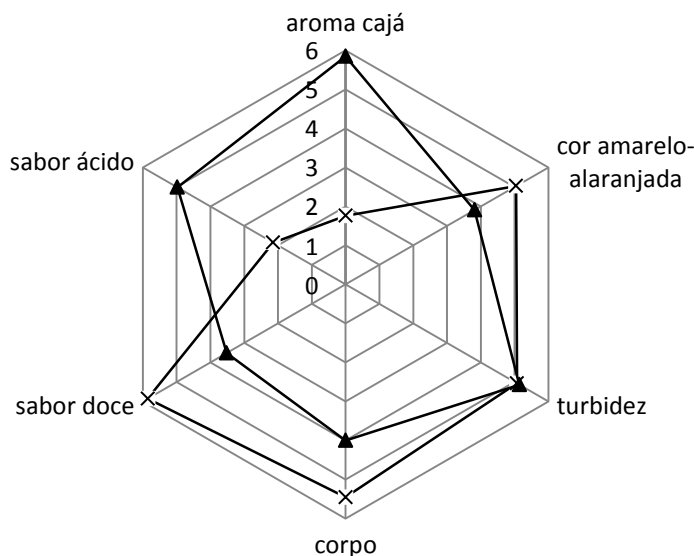


Figura 4. 6. Perfil sensorial dos sucos mistos elaborados. (▲) Formulação A: 50 % de polpa de FI e 50% de polpa de cajá e (X) Formulação B: 75% de polpa de FI e 25 % de polpa de cajá.

Os resultados obtidos permitem traçar o perfil sensorial, bem como as principais características dessa bebida ainda inexistente no mercado. Os provadores estabeleceram que as características sensoriais que melhor descreviam a bebida proposta era doçura, acidez cor amarela-alaranjada, corpo, turbidez e aroma de cajá. Quando comparadas entre si, a amostra A distinguiu-se principalmente pela maior intensidade no sabor ácido e aroma cajá, e sabor doce menos acentuado, o que são reflexos diretos da menor quantidade da polpa de figo da índia. A turbidez foi a única característica sensorial em que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as duas amostras analisadas. As diferenças encontradas para o perfil sensorial das duas amostras são justificadas pela maior ou menor quantidade de polpa de figo da índia presente nos sucos, já que o fruto é considerado doce e pouco ácido, ao contrário do cajá (Lira Júnior, 2005).

4.5.2 Elaboração de biofilmes de extratos de facheiro e fécula de mandioca

Foram elaborados biofilmes a partir de duas concentrações de extrato: 3g da polpa de facheiro para 100 mL de água destilada (E3) e 6g de polpa para a mesma quantidade de solvente (E6). Além disso, 1, 5 e 10% de cada extrato foi utilizado em substituição a água na formulação dos biofilmes. Considerando os diversos fatores que influenciam as características dos biofilmes, esta etapa do trabalho objetivou analisar preliminarmente as características dos biofilmes preparados com adição de polpa de facheiro, a qual demonstrou atividade antioxidante *in vitro*. Dessa forma, os experimentos podem esclarecer a influência dos extratos na estrutura dos biofilmes, bem como a *performance* dos mesmos.

Para tanto, a avaliação dos biofilmes foi realizada previamente de forma qualitativa. Considerou-se que os biofilmes produzidos não deveriam possuir fissuras após o processo de secagem, nem partículas insolúveis ou poros abertos, além de exibir flexibilidade apropriada.

A Tabela 4.13 apresenta os resultados da avaliação qualitativa conduzida para os parâmetros homogeneidade e manuseabilidade. De maneira geral, os biofilmes mostraram uniformidade na cor e boa aparência visual, como pode ser visto na Figura 4.7 para o grupo E6 10% elaborado com o extrato de maior percentual da polpa (6g) e substituindo-se 10% da água pertencente à formulação pelo extrato.

Tabela 4. 13. Avaliação qualitativa dos biofilmes elaborados com extrato da polpa de facheiro e fécula de mandioca.

Grupos de Biofilmes	Homogeneidade	Manuseabilidade
Fécula	***	***
E3 1%	**	*
E3 5%	***	**
E3 10%	***	***
E6 1%	**	*
E6 5%	***	**
E6 10%	***	***

* Deficiente; ** Boa; *** Excelente

E3 1% , E3 5%, E3 10% - amostra elaborada com extrato 3g/100 mL de solvente e substituição de 1, 5 e 10 %, respectivamente, da água na formulação do biofilme; E6 1%; E6 5%, E610% - amostra elaborada com extrato 6g/100 mL de solvente e substituição de 1, 5 e 10% da água na formulação do biofilme;

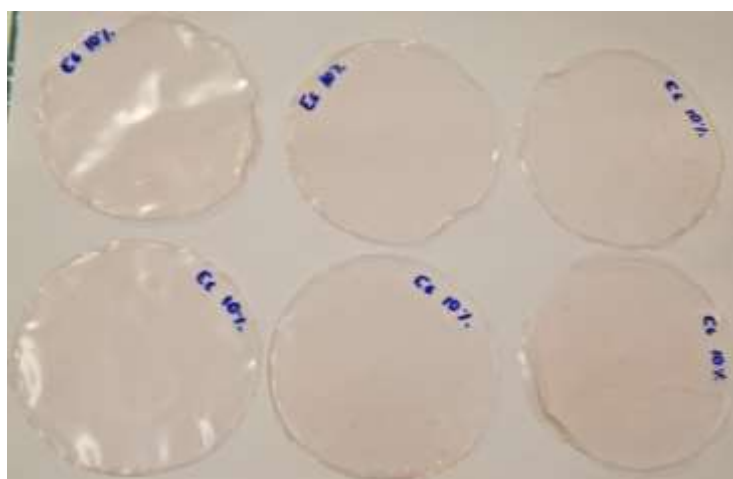


Figura 4. 7. Aspecto visual dos biofilmes do grupo experimental E610% elaborados com o extrato de maior percentual da polpa (6g) e substituindo-se 10% da água pertencente à formulação pelo extrato.

Em relação à homogeneidade, foi observada ausência de partículas insolúveis. Este parâmetro correlaciona-se com a agitação durante o processo de gelatinização do amido. No entanto, para as concentrações mais baixas do extrato notou-se o aparecimento de pequenas bolhas, fato pelo qual essas amostras foram classificadas como pouco homogêneas (Tabela 4.13). Neste caso, foi observado que os grupos E3 1% e E6 1%, apresentaram maior percentual de ruptura e fraturas após a secagem, bem como foram diagnosticados problemas no item manuseabilidade. O grupo E6 10% caracterizou-se pela maior facilidade em ser retirado das placas sem serem rasgados e puderam ser dobrados sem risco de rompimento.

Após a análise subjetiva dos biofilmes, determinou-se a espessura (Tabela 4.14), importante para manter a uniformidade e reprodutibilidade em outras propriedades posteriormente, analisadas como as de permeabilidade a gases e vapores de água (Suppakul et al., 2010).

Durante os experimentos, a deposição da solução filmogênica aconteceu de maneira cuidadosa, tentando distribuí-la igualmente nas placas, principalmente devido a maior viscosidade e formação das pequenas bolhas e em seguida no suporte da estufa durante a secagem, de modo que qualquer desnível do equipamento não interferisse nesta variável. Em termos comparativos, tanto a espessura quando a absorção de água foram comparados com materiais já comercialmente utilizados como o papel A4 e o plástico de polipropileno.

Em relação as propriedades estudadas, todos os biofilmes estudados diferiram significativamente do produto comercial (plástico de polipropileno), mas não apresentaram diferença estatística ($p > 0,05$) entre si. Pode-se afirmar que o extrato do facheiro não influenciou a espessura dos biofilmes, porém o grupo E3 1% com menor concentração de extrato e maior espessura, foi analisado como mais quebradiço (Tabela 4.13). Como já mencionado, a quantidade de solução adicionada nas placas e desnível no suporte de secagem contribuem consideravelmente nesta variável (Sobral et al., 2000). Em outras circunstâncias, as interações exercidas entre os materiais da formulação (polissacarídeos) e os plasticizantes podem aumentar levemente a espessura (Maran et al., 2013).

Ao se comparar os grupos experimentais com adição de polpa de facheiro com o biofilme sem extrato (Tabela 4.14), pode-se inferir que a absorção de água também não sofreu perceptível influência do extrato de facheiro ($p > 0,05$). A solubilidade em água dos filmes contendo amido determina a aplicação destes materiais. Em alguns casos, os filmes insolúveis em água são necessários para melhorar a integridade do produto e sua resistência à umidade. Em outros, a dissolução total ou parcial do filme antes do consumo poderia ser útil, por exemplo, em alimentos ou aditivos encapsulados (López & García, 2012).

Biofilmes contendo extratos ricos em compostos bioativos podem ser adicionados com o objetivo de promover a migração dessas substâncias para o alimento, com a possibilidade, inclusive, de repor perdas decorrentes do processamento, como por exemplo, tratamento térmico (Dias et al., 2013). Neste caso, os próprios compostos bioativos seriam incorporados aos alimentos embalados ao longo do armazenamento.

Tabela 4. 14. Espessura média e absorção de água dos biofilmes elaborados.

Amostras	Espessura média (mm)	Absorção de água (g/m^2)
Papel A4	$0,095 \pm 0,00^d$	$125,22 \pm 18,67^a$
Plástico de polipropileno	$0,028 \pm 0,00^a$	$53,83 \pm 22,10^a$
Fécula	$0,139 \pm 0,02^b$	$425,60 \pm 55,53^{b,c}$
E3 1%	$0,127 \pm 0,01^{b,c}$	$348,60 \pm 25,80^c$
E3 5%	$0,120 \pm 0,01^{b,c,d}$	$349,85 \pm 59,26^c$
E3 10%	$0,121 \pm 0,02^{b,c,d}$	$398,18 \pm 35,17^{b,c}$
E6 1%	$0,100 \pm 0,01^{c,d}$	$443,18 \pm 28,64^b$
E6 5%	$0,109 \pm 0,02^{b,c,d}$	$385,80 \pm 21,50^{b,c}$
E6 10%	$0,105 \pm 0,02^{c,d}$	$382,05 \pm 32,15^{b,c}$

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

E3 1% , E3 5%, E3 10% - amostra elaborada com extrato 3g/100 mL de solvente e substituição de 1, 5 e 10 %, respectivamente, da água na formulação do biofilme; E6 1%; E6 5%, E610% - amostra elaborada com extrato 6g/100 mL de solvente e substituição de 1, 5 e 10% da água na formulação do biofilme;

Tendo em vista suas características antioxidantes demonstradas no presente estudo, a referida embalagem tem o potencial de proporcionar aumento da vida útil dos alimentos. As embalagens ativas vêm sendo utilizadas não somente com esta finalidade, mas para melhorar as características sensoriais, evitar as deteriorações químicas e microbiológicas e garantir a segurança dos alimentos, inibindo o crescimento de microrganismos patogênicos (Soares et al., 2009). Essa ideia consiste na adição de substâncias com potencial antioxidante em filmes plásticos, que protegeriam os alimentos da degradação oxidativa, inibindo a atuação dos radicais livres (Min & Krochta, 2007). Nesta linha de pensamento, embalagens ativas com filmes de polipropileno e resina polivinílica, adicionados de extratos de alecrim já foram utilizados no armazenamento de bifes de carne bovina fresca. No estudo em questão, desejou-se aproveitar as propriedades antioxidantes dos compostos fenólicos do alecrim para estender a vida de útil deste alimento (Nerin et al., 2006; Pereira et al., 2014). Dessa forma, o desenvolvimento de biofilmes com adição de extratos de facheiro, planta exótica ainda pouco estudada e explorada, pode ser considerada uma aplicação inovadora desse tipo de produto vegetal.

4.5.3 Avaliação discriminativa e de aceitação das barrinhas de cereais de algaroba

Historicamente, as barrinhas de cereais surgiram como uma tentativa de substituir alimentos doces como as barras de chocolate, por alternativas mais saudáveis (Bower & Whitten, 2000). No Brasil, o consumo das barras de cereais foi introduzido inicialmente para praticantes de esportes radicais e, com o tempo ganhou mais adeptos (Freitas & Moretti, 2006). Sua elaboração foi diversificada ao longo dos anos, a qual atualmente conta com vários ingredientes, até mesmo farinha de frutas exóticas e regionais (Torres, 2009). Desde a década de 80, a algaroba é pesquisada para introdução na alimentação humana, na forma de pães e biscoitos (Lima & Lima, 1985), *muffins* (Galán, 2009; Silva, 2009).

O aspecto visual das barrinhas elaboradas neste trabalho pode ser verificado através da Figura 4.8. O teste discriminativo de comparação múltipla aqui apresentado foi aplicado com o objetivo de identificar como a adição de FG interfere nos atributos aparência, odor, textura e sabor. Na Tabela 4.15, é possível observar as médias das notas atribuídas aos quatro atributos sensoriais.

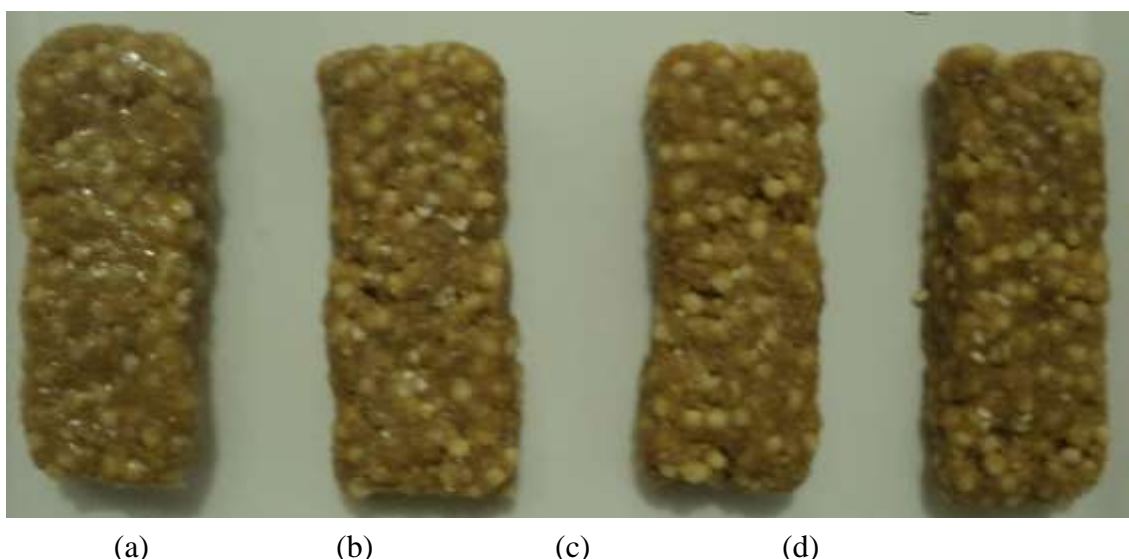


Figura 4. 8. Barrinhas de cereais elaboradas com farinha da vagem de algaroba. (a) Padrão, sem FG (b) Formulação contendo 5% de FG; (c) Formulação contendo 10% de FG; (d) Formulação contendo 15% de FG.

Tabela 4. 15. Resultados do teste de comparação múltipla para as barrinhas de cereais contendo farinha da vagem de algaroba.

Atributos	Valores médios		
	5% FG	10% FG	15% FG
Aparência	5,03 ^a ± 1,57	5,45 ^a ± 1,71	5,27 ^a ± 1,66
Odor	4,81 ^a ± 1,63	4,63 ^a ± 1,69	4,82 ^a ± 1,76
Textura	5,61 ^a ± 1,46	5,54 ^b ± 1,92	4,97 ^c ± 1,66
Sabor	5,39 ^a ± 2,06	5,82 ^a ± 2,09	5,78 ^a ± 2,01

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si ($p < 0,05$). Legenda: 5% FG: Formulação com 5% de farinha da vagem de algaroba; 10% FG: Formulação com 10% de farinha da vagem de algaroba; 15% FG: Formulação com 15% de farinha da vagem de algaroba.

(1- Extremamente melhor que o padrão, 9- Extremamente pior que o padrão)

Para todas as formulações elaboradas, apenas a textura foi diferente estatisticamente ($p < 0,05$). Kim et al. (2009) apontam a textura como a característica sensorial mais importante

para barras de cereais. De modo geral, a média relativa à pontuação dada pelos provadores para cada atributo, se aproximou ao valor 5, classificando as barrinhas com nenhuma diferença do padrão.

As notas atribuídas pelos provadores às formulações das barras de cereais quanto à análise de aceitação por escala hedônica estão apresentadas na Tabela 4.16. As formulações não apresentaram diferença significativa entre si ($p > 0,05$) para todos os atributos avaliados. Este resultado é relevante principalmente para a textura e sabor, considerados as mais importantes características neste tipo de produto, permanecendo os escores entre “gostei ligeiramente” e “gostei moderadamente”, com exceção para a barrinha de formulação 15% FG, que obteve nota inferior. Em relação a este ocorrido, os provadores comentaram que sentiram leve amargor, que está associado ao maior percentual de farinha da vagem de algaroba. Mesmo assim, 63% dos julgamentos forneceram notas acima de seis.

Tabela 4. 16. Resultados do teste de aceitação por escala hedônica (1 – desgostei muitíssimo, 9 – gostei muitíssimo) para as barrinhas de cereais contendo farinha da vagem de algaroba.

Atributos	Valores médios		
	5% FG	10% FG	15% FG
Aparência	6,31 ± 1,88 ^a	6,62 ± 1,57 ^a	6,29 ± 1,66 ^a
Odor	6,73 ± 1,76 ^a	6,87 ± 1,55 ^a	6,63 ± 1,64 ^a
Textura	6,78 ± 1,83 ^a	6,81 ± 1,76 ^a	6,73 ± 1,68 ^a
Sabor	6,76 ± 1,91 ^a	6,51 ± 1,9 ^a	5,90 ± 2,01 ^a

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem significativamente entre si ($p < 0,05$). Legenda: 5% FG: Formulação com 5% de farinha da vagem de algaroba; 10% FG: Formulação com 10% de farinha da vagem de algaroba; 15% FG: Formulação com 15% de farinha da vagem de algaroba;

Sobre a aparência, as observações referiam-se ao aspecto “pegajoso” e difícil de sair da embalagem (papel alumínio). Durante o preparo das barrinhas observou-se que o aumento da farinha da vagem de algaroba nas formulações significava melhor incorporação dos demais ingredientes, por aumentar também o conteúdo de açúcares, justificando as referidas

percepções dos provadores. Sobre a nota dos provadores neste atributo, aproximadamente 80% do total forneceram escores acima de seis.

Dessa forma, poderia ser aproveitado todo o potencial da algaroba sem interferência negativa nos atributos sensoriais. Do ponto de vista fisiológico, a farinha da vagem de algaroba não contém glúten (Sauders et al., 2004), mas quantidade de energia e proteína aproximadamente iguais a farinha de trigo (Felker et al., 2003), podendo ser utilizada também na elaboração de produtos de padaria, mas com o diferencial de produzir alimentos direcionados para pessoas que tem intolerância a este componente. A aplicação tecnológica da farinha de trigo está ligada às propriedades de textura, porém sem conferir outros atributos sensoriais aos alimentos. Apesar da farinha de algaroba não fornecer características de extensibilidade aos produtos, pode ter outras aplicações, por exemplo, melhorar o aroma (Felker et al., 2003). As indústrias de alimentos constantemente pesquisam ingredientes que respondem a tendência dos alimentos funcionais, ricos em algum componente com esta característica. Dessa forma, acredita-se que a farinha da vagem de algaroba pode gerar produtos com alto conteúdo de proteína e fibras, com o benefício de não conter glúten.

Capítulo 5
CONCLUSÃO

5. Conclusão

O estudo avaliou as características físico-químicas e potencial bioativo *in vitro* de espécies do semiárido ainda subexplorados tecnológica e comercialmente, a saber, figo da índia, facheiro e farinha da vagem de algaroba.

A polpa de figo da índia apresentou elevada doçura, baixa acidez, presença de compostos fenólicos, betaxantinas, ácido ascórbico e carotenóides. A atividade antioxidante foi maior para o grupo utilizando a combinação 70:100 etanol-água. Constatou-se inibição amilolítica moderada e glicosídica alta para todos os extratos do figo da índia, com exceção do aquosos. Esta situação é considerada favorável para o gerenciamento dos estágios iniciais de diabetes tipo 2.

Por sua vez, o facheiro destacou-se pelo maior conteúdo de betacianinas, pigmentos responsáveis pela sua coloração. O alto conteúdo fenólico também foi evidente, no entanto, não correlacionando-se ao DPPH e atividades antienzimáticas, chegando a não exercer inibição glicolítica para o solvente água. O presente trabalho apresentou dados inéditos sobre esta espécie exótica, encontrada na região semiárida brasileira. Na literatura, poucas são informações sobre *P. pachycladus* Ritter, inclusive sobre as betalaínas, não descritas anteriormente.

Na caracterização da farinha da vagem de algaroba, ressalta-se elevado teor de proteínas, açúcares e fibras, além de também terem sido detectados compostos fenólicos, efeitos antioxidantes e moderada inibição enzimática.

Os resultados mostram a potencialidade do figo da índia e algaroba como ingredientes alimentares, que no caso específico deste último, poderia ser utilizado no mercado de alimentos funcionais, pelo elevado conteúdo de fibras, além de contribuir para intensificar o aroma de produtos, como pães e bolos. Os atributos que melhor caracterizaram o suco com maior percentual de polpa de figo da índia foram sabor doce e corpo. Quanto aos biofilmes do facheiro mostraram-se homogêneos, flexíveis e translúcidos, sem interferência significativa para as propriedades de espessura e absorção de água. No entanto, trabalhos futuros poderão avaliar o efeito da incorporação do extrato do facheiro em propriedades mecânicas, além disso analisar um alimento embalado com os biofilmes, de modo a aumentar a possibilidade de aplicações.

Os dados deste trabalho evidenciam o valor bioativo e funcional ainda subexplorado do figo da índia, do facheiro e da farinha da vagem de algaroba. O potencial tecnológico também foi demonstrado, por meio das alternativas propostas, com intuito de aumentar o consumo destas espécies. Além disso chama-se a atenção ainda para estes agentes naturais, com propriedades antioxidantes, antienzimáticas e seus compostos bioativos, especialmente no caso das cactáceas, as betalaínas. Pigmentos naturais de interesse em corantes alimentícios, principalmente em produtos que necessitam de estabilidade frente as mudanças de pH, além disso, apresentando potencial atividades biológicas.

**REFERÊNCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

Referências bibliográficas

ABESUNDARA, K. J.; MATSUI, T.; MATSUMOTO, K. alfa-Glucosidase inhibitory activity of some Sri Lanka plant extracts, one of which, *Cassia auriculata*, exerts a strong antihyperglycemic effect in rats comparable to the therapeutic drug acarbose. *Journal Agricultural Food Chemical*, v.52, n.9, p.2541-2545, 2004.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM ISO 535. Papel e Cartão. Determinação da capacidade de absorção de água. Método de Cobb, 1999.

ABUD, H. F.; GONÇALVES, N. R.; REIS, R. G. E.; PEREIRA, D. S.; BEZERRA, A. M. E. Germinação e expressão morfológica de frutos, sementes e plântulas de *Pilosocereus pachycladus* Ritter. *Revista Ciência Agronômica*, v.41, n. 3, p 468-474, 2010.

AGRA, M. F.; BARACHO, G. S.; NURIT, K.; BASÍLIO, I. J. L. D.; COELHO, V. P. M. Medicinal and poisonous diversity of the flora of “Cariri Paraibano”. *Journal of Ethnopharmacology*, v.111, n.2, p. 383–395, 2007.

ALBUQUERQUE, P. U.; MEDEIROS, P. M.; ALMEIDA, A. L. S.; MONTEIRO, J. M.; LINS NETO, E. M. F.; MELO, J. G.; SANTOS, J. P. Medicinal plants of the *caatinga* (semi-arid) vegetation of NE Brazil: A quantitative approach. *Journal of Ethnopharmacology*, v.114, n.3, p.325-354, 2007.

ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; ARRIAGA, A. M. C.; PRADO, G. M.; MAGALHÃES, C. E. C.; MAIA, G. A.; LEMOS, T. L. G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. *Food Ressearch International*, v.44, n.7, p.2155–2159, 2011.

ALVES, J. J. A. Caatinga do cariri paraibano. *Geonomos*, v.17, n.1, p.19-25, 2009.

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

ANKOLEKAR, C.; TERRY, T.; JOHNSON, K.; JOHNSON, D.; BARBOSA, A.; SHETTY, K. Anti-hyperglycemia properties of tea (*Camellia sinensis*) bioactives using in vitro assay models and influence of extraction time. *Journal of Medicinal Food*, v.14, n.10, p. 1190-1197, 2011.

ASOLINI, F. C.; TEDESCO, A. M.; CARPES, S. T. Atividade antioxidante e antibacteriana dos compostos fenólicos dos extratos de plantas usadas como chás. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 9, n.3, p.209-215, 2006.

AOAC: Association of Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*. 16. ed. Arlington: AOAC, 1998.

ASSUNÇÃO, R. B; MERCADANTE, A. Z. Carotenoids and ascorbic acid from cashew apple (*Anacardium occidentale* L.): variety and geographic effects. *Food Chemistry*, v.81, p.495-502, 2003.

BATES, R. P.; MORRIS, J. R.; CRANDALL, P; G. *Principles and practices of small-and medium-scale fruit juice processing*. United States: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2001, chapter 9.

BARBERA, Guiseppe. História e importância econômica e agroecologia. In: BARBERA, Guiseppe; INGLESE, Paolo. Agroecologia, cultivos e usos da palma forrageira. Paraíba: SEBRAE, 2001, P.1-9.

BARBERA, G.; CARIMI, F.; INGLESE, P.; PANNO, M. Physical, morphological and chemical changes during fruit development and ripening in three cultivars of prickly pear, *opuntia ficus-indica* (L.) Miller. *Journal Horticultural Science*, v.67, n.3, p.307-312, 1992.

BECERRA-JIMÉNEZ, J. & ANDRADE-CETTO, A. Effect of *Opuntia streptacantha* Lem. On alpha-glucosidase activity. *Journal of Ethnopharmacology*, v.139, n.2, 493-496, 2012.

BECKER, T. S.; KRÜGER, R. L. Elaboração de barras de cereais com ingredientes alternativos e regionais do oeste do paraná. *Arquivos de Ciências da Saúde*, v. 14, n. 3, p. 217-214, 2010.

BOATH, S. S.; STEWART, D.; MCDOUGALL, G. J. Berry components inhibit a-glucosidase in vitro: Synergies between acarbose and polyphenols from black currant and rowanberry. *Food Chemistry*, v.135, n.3, p.929-936, 2012.

BOWER, J. A.; WHITTEN, R. Sensory characteristics and consumer linking for cereal bar snack foods. *Journal of Sensory Studies*, v.15, n.3, p.327-345, 2000.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Decreto n 2.314, de 04 de setembro de 1997. Padroniza o, classifica o, registro, inspe o, produ o e fiscaliza o de bebidas. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 4 set. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolu o n. 54, 12 de novembro de 2012. Regulamento técnico referente   informa o nutricional complementar (declara es relacionadas ao conteúdo de nutrientes). Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 12 nov. 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolu o n.16 de 30 de abril de 1999. Regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprova o de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. Diário Oficial [da] União, Brasília, 30 abr. 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Alimentos regionais brasileiros*. 1. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 360 de 23 de dezembro de 2003. Regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 23 dez 2003.

BRAVO, L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, v.56, n.11, p.317-333, 1998.

BRAVO, L.; GRADOS, N.; CALIXTO, F. S. Characterization of syrups and dietary fiber obtained from mesquite pods (*Prosopis pallida* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.46, n.5, p.1727-1733, 1998.

BRITO, I. P.; CAMPOS, J. M.; SOUZA, T. F. L.; WAKIYAMA, C.; AZEREDO, G. A. Elaboração e avaliação global de barra de cereais caseira. *Boletim CEPPA*, v. 22, n.1, p.35-50, 2004.

BRITTON, G. Structure and properties of carotenoids in relation to function. *The Journal of Federation of American Societies for Experimental Biology*, v.19, p.1551-1558, 1995.

BUTERA, L. T.; DI GAUDIO, F.; BONGIORNO, A.; ALLEGRA, M.; PINTAUDI, A. M.; KOHEN, R.; LIVREA, M. A. Antioxidant Activities of Sicilian Prickly Pear (*Opuntia ficus indica*) Fruit Extracts and Reducing Properties of Its Betalains: Betanin and Indicaxanthin, *Journal of Agricultural Food Chemistry*, v.50, n.23, p.6895-6901, 2002.

BUTTERWECK, V.; SEMLIN, L.; FEISTEL, B.; PISCHEL, I.; BAUER, K.; VERSPOHL, E. Comparative evaluation of two different *Opuntia ficus-indica* extracts for blood sugar lowering effects in rats. *Phytotherapy Research*, v.25, n.3, p.370–375, 2011.

CANTWELL, M., 2001. Manejo pós-colheita de frutas e verduras de palma forrageira. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E. Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira. Paraíba:Sebrae, 2001, 123-139 pp

CARDOZO, M. L.; ORDOÑEZ, R. M.; ZAMPINI, I. C.; CUELLO, A. S.; DIBENEDETTO, G., ISLA, M. I. Evaluation of antioxidant capacity, genotoxicity and polyphenol content of non conventional foods: Prosopis flour. *Food Research International*, v.43, n.5, p.1505–1510, 2010.

CARDOSO, P. C.; TOMAZINI, A. P. B.; STRINGHETA, P. C.; RIBEIRO, S. M. R.; SANT'ANA, H. M. P. Vitamin C and carotenoids in organic and conventional fruits grown in Brazil. *Food Chemistry*, v.126, p.411–416, 2011.

CARTAXO, S. L.; SOUZA, M. M. A.; ALBUQUERQUE, U. P. Medicinal plants with bioprospecting potential used in semi-arid northeastern Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 131, n.2, p.326-342, 2010.

CASSANO, A.; CONIDI, C.; DRIOLI, E. Physico-chemical parameters of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) juice clarified by microfiltration and ultrafiltration processes. *Desalination*, v.250, n.3. p.1101-1104, 2010.

CASTELLAR, R.; OBÓN, J. M.; ALACID, M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. Color propertiers and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits. *Journal of agricultural and food chemistry*, v.51, p.2772-2776, 2003.

CASTELLAR, R.; SOLANO, F.; OBÓN, J. M. Betacyanin and other antioxidants production during growth of *Opuntia stricta* (Haw.) Fruits. *Plant Foods fou Human Nutrition*, v.67, n.4, p.337-343, 2012.

CASTELLANOS-SANTIAGO, E.; YAHIA, E. M. Identification and quantification of betalains from the fruits of 10 Mexican prickly pear cultivars by high-performance liquid

chromatography and electrospray ionization mass spectrometry. *Journal Agricultural Food Chemistry*, v.56, p. 5758–5764, 2008.

CAYOT, N. Sensory quality of traditional foods. *Food Chemistry*, v.101, n.1, p. 154-162, 2007.

CAYUPÃN, Y. S. C.; OCHOA, M. J.; NAZARENO, M. A. Health-promoting substances and antioxidante properties of *Opuntia sp.* Fruits. Changes in bioactive-compound contents during ripening process. *Food chemistry*, v.126, n.2, p.514-519, 2011.

CHAUHAN, S. P.; SHETH, N. R.; RATHOD, I. S.; SUHAGIA, B. N.; MARADIA, R. B. Analysis of betalains from fruits of *Opuntia* species. *Phytochemistry Reviews*, v.12, n.1, p.35-45, 2013.

CHAVEZ-SANTOSCOY, R. A.; GUTIERREZ-URIBE, J. A.; SERNA-SALDÍVAR, S. O. Phenolic Composition, Antioxidant Capacity and In Vitro Cancer Cell Cytotoxicity of Nine Prickly Pear (*Opuntia spp.*) Juice. *Plant Foods Human Nutrition*, v.64, n.2, p.64:146–152, 2009.

CHEPLICK, S.; KWON, Y. I.; BHOWMIK, P.; SHETTY, K. Clonal variation in raspberry fruit phenolics and relevance for diabetes and hypertension management. *Journal of Food Biochemistry*, v. 31, n.5, p.656–679, 2007.

CHEPLICK, S.; KWON, Y. I.; BHOWMIK, P.; SHETTY, K. Phenolic-linked variation in strawberry cultivars for potential dietary management of hyperglycemia and related complications of hypertension. *Bioresource Technology*, v.101, n.1, p.404-413, 2010.

CHEUNG, L. M.; CHEUNG, P. C. K.; OOI, V. E. C. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chemistry*, v.81, n.2, p.249–255, 2003.

CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch and Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. *Food Hydrocolloids*, v.28, n.1, p.59-67, 2012.

CHO, S. S. DREHER, M. L. Handbook of Dietary Fiber. Marcel Dekker: New York, 2001, 868p.

COMAN, C.; RUGINĂ, O. D.; SOCACIU, C. Plants and Natural Compounds with Antidiabetic Action *Not Botanicae Horti Agrobotanici*, v.40, n.1, p.314-325, 2012.

CORREIA, R. T. P.; McCUE, P.; VATTEM, D. A.; MAGALHÃES, M. M. A.; MACÊDO, G.; SHETTY, K. Amylase and *Helicobacter pylori* inhibition by phenolic extracts of pineapple wastes bioprocessed by *Rhizopus oligosporus*. *Journal of Food Biochemistry*, v.28, n.5, p. 419-434, 2004.

CORREIA, R. T., BORGES, K. C., MEDEIROS, M. F.; GENOVESE, M. I. Bioactive compounds and phenolic-linked functionality of powdered tropical fruit residues. *Food Science and Technology International*, v.18, n.6, p.539-547, 2012.

DANG, K. T. H.; SINGH, Z.; SWINNY, E. E. Edible coatings influence fruit ripening, quality, and aroma biosynthesis in mango fruit. *Journal Agricultural Food Chemical*, v.56, n.4, p.1361-1370, 2008.

DELGADO-VARGAS, F.; PAREDES-LÓPEZ, O. Natural colorants for food and nutraceutical uses. Washington: CRC Press, 2002.

DELLA LUCIA, S. M.; MIRIM, V. P. R.; CARNEIRO, J. D. S. *Análise sensorial de alimentos*. IN: MIRIM, V. P. R. *Análise sensorial de alimentos: estudo com consumidores*. Viçosa: UFV, 2006.

DEL-VALLE, V.; HERNANDEZ-MUNÔZ, P.; GUARDA, A; GALOTTO, M. J. Food Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. *Chemistry*, v.91, n.4, p.751–756, 2005.

DIAS, M. G.; CAMÕES, M. F. G. F. C.; OLIVEIRA, L. Carotenoids in tradicional Portuguese fruits and vegetables. *Food Chemistry*, v.113, n.3, p.808-815, 2009.

DIAS, M.V.; AZEVEDO, V. M.; BORGES, S. V.; SOARES, V. F. F.; FERNANDES, R. V. B.; MARQUE, S. J.; MEDEIROS, A. A. Development of chitosan / montmo rillonite nanocomposites with encapsulated α -tocopherol. Food chemistry. *Food chemistry*, 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.120>.

DIXON, A.; PAIVA, N. L. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. *The Plant Cell*, v.7, n.7, p.1085-1097, 1995.

DOK-GO, H.; LEE, K. H.; KIM, H. J.; LEE, E. H.; LEE, J.; SONG, Y. S.; LEE, Y.; JIN, C.; LEE, Y. S.; CHO, J. Neuroprotective effects of antioxidative flavonoids, quercetin, (+)-dihydroquercetin and quercetin 3-methyl ether, isolated from *Opuntia ficus-indica* var *saboten*. *Brain Research*, v.965, n.1-2, p.130-136, 2003.

DURU, B. TURKER, N. Changes in Physical Properties and Chemical Composition of Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica*) During Maturation, *Journal of the Professional Association for Cactus*, 2005.

DUTCOSKY, S. D. *Análise sensorial de alimentos*. 2. ed. Curitiba: Champagnat. 2007.

EL-SAMAHY, K.S.; YOUSSEF, K.M.; MOUSSA-AYOUB, A. S. Producing ice cream with concentrated cactus pear pulp: A preliminary study. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, v.11, p.1–12, 2009.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. 2008. Acesso em: 20 de janeiro de 2011.

FERREIRA, L. G. *Barras de cereais com propriedades funcionais direcionadas a mulheres no período do climatério*. 2004. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia dos Alimentos. Universidade Federal do Ceará, Ceará.

FELKER, P.; GRADOS, N.; CRUZ, G. PROKOPIUK, D. Economic assessment of production of flour from *Prosopis alba* and *P. pallida* pods for human food applications. *Journal Arid Environmental*, v.53, n.4, p.517-526, 2003.

FELKER, P.; RODRIGUEZ, S. DeL c.; SOLIBA, R. M.; FILIPPINI, R.; MEDINA, D.; ZAPATA, R. Comparison of *Opuntia ficus indica* varieties of Mexican and Argentine origin for fruit yield and quality in Argentina. *Journal of Arid Environments*, v.60, n.3, p.405–422, 2005.

FELKER, P.; STINTZING, F. C.; MUSSIG, E.; LEITENBERGER, M.; CARLE, R.; VOGT, T.; BUNCH, R. Colour inheritance in cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruits. *Annals of Applied Biology*, v.152, n.3, p.307-318, 2008.

FIGUEROA-CARES, I.; MATRINEZ-DAMIÁN, M.; RODRIGUEZ-PÉREZ, E.; COLINAS-LEÓN, M. T.; VALLE-GUADARRAMA, S.; RAMIREZ-RAMIREZ, S.; GALLEGOS-VÁZQUEZ, C. Contenido de pigmentos, otros compuestos y capacidad antioxidante em 12 cultivares de tuna (*Opuntia* spp.) de México. *Agrociência*, v.44, p.763-771, 2010.

FRANKE, A. A.; CUSTER, L. J.; ARAKAKI, C.; MURPHY, S. P. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.17, n.1, p.1–35, 2004.

FREITAS, D. G. C.; MORETTI, R. H. Caracterização e avaliação sensorial de barra de cereais funcional de alto teor protéico e vitamínico. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.26, n.2, p.318-324, 2006.

FU, LI; XU, BO-TAO, XU; XIANG-RONG, XU; GAN, REN-YOU; ZHANG, YUAN; XIA, EN-QIN; LI, HUA-BIN. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food Chemistry*, v.129, n.15, p.345–350, 2011.

GALÁN, G. A. *Estudo da farinha e da goma de algaroba (Prosopis spp.)*. 2009. 191f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GALÁN, G. A.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; BARCELOS, M. F. P. Caracterización química de la harina del fruto de *Prosopis* spp. procedente de Bolívia y Brasil. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, v.58, n.3, p.309-315, 2008.

GALATI, E. M.; TRIPODO, M. M.; TROVATO, A.; MICELI, N.; MONFORTE, M. T. Biological effect of *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. (Cactaceae) waste matter Note I: diuretic activity. *Journal of Ethnopharmacology*, v.79, n.1, p.17–21, 2002.

GALATI E. M.; MONDELLO, M. R.; GIUFFRIDA, D.; DUGO, G.; MICELI, N.; PERGOLIZZI, S.; TAVIANO, M. F. Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus indica* (L.) Mill fruit juice: antioxidant and antiulcerogenic activity. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, v.51, n.17, p.4903-4908, 2003.

GANDIA-HERRERO, F.; JIMENEZ-ATIENZAR, M.; CABANES, J.; GARCIA-CARMONA, F.; ESCRIBANO, J. Stabilization of the bioactive pigment of *Opuntia* fruits through maltodextrin encapsulation. *Journal of agricultural and food chemistry*, v.58, n.19, p.10646-10652, 2010

GIUNTINI, E. B.; LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. Potencial de fibra alimentar em países ibero-americanos: alimentos, produtos e resíduos. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, v.53, n1, p.14-20, 2003.

GUTHMAN, J. Fast food/organic food: reflexive tastes and the making of 'yuppie chow'. *Social & Cultural Geography*, v.4, n.1, p.45-58, 2003.

GONÇALVES, A. E. S. S.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Chemical composition and antioxidant/antidiabetic potential of Brazilian native fruits and commercial frozen pulps. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, v.58, n.8, p.4666–4674, 2010.

GRANGEIRO, A. A.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; MATA, M. E. R. M. C. Viscosidades de polpas concentradas de figo da Índia. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.13, n.2, p.219-224, 2007.

GRDEN, L.; OLIVEIRA, C. S.; BORTOLOZO, A. F. Q. Elaboração de uma barra de cereais como alimento compensador para praticantes de atividade física e atletas. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v.2, n.1, p.87-94, 2008.

GUIMARÃES, R. R.; FREITAS, M. C. J.; SILVA, V. L. M. Bolos simples elaborados com farinha da entrecasca de melancia (*Citrullus vulgaris*, sobral): avaliação química, física e sensorial. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.30, n.2, p. 354-363, 2010.

GULATI, O. M.; OTTAWAY, P. B. Botanical nutraceuticals (food supplements, fortified and functional foods) in the European Union with main focus on nutrition and health claims. IN: BAGCHI, D. *Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and Around the World*. New York: Academic Press, 2008. P. 199-219.

GURRIERI, S.; MICELI, L.; LANZA, C. M.; TOMASELLI, F.; BONOMO, R. P., RIZZARELLI, E. Chemical characterization of Sicilian prickly pear (*Opuntia ficus indica*)

and perspectives for the storage of its juice. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, v.48, n.11, p.5424-5431, 2000.

GUTKOSKI, L. C.; BONAMIGO, J. M. A.; TEIXEIRA, D. M. F.; PEDÓ, I. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.27, n.2, p. 355-363, 2007.

HALLIWELL, R.; AESCHBACH, J. LÖLIGER; ARUOMA, O. I. The characterization of antioxidants. *Food and Chemical Toxicology*, v.33, n.7, p.601-617, 1995.

HERNANDEZ-PEREZ, T.; CARRILLO-LOPEZ, A.; GUEVARA-LARA, F.; CRUZ-HERNANDEZ, A.; PAREDES-LOPEZ, O. Biochemical and Nutritional Characterization of Three Prickly Pear Species with Different Ripening Behavior. *Plant Foods for Human Nutrition*, v.60, n.4, p.195–200, 2005.

HERNÁNDEZ, I.; ALEGRE, L.; MUNNÉ-BOSCH, S. Drought-induced changes in flavonoids and other low molecular weight antioxidants in *Cistus clusii* grown under Mediterranean field conditions. *Tree Physiology*, v.24, n.11, p.1303-1311, 2004.

HERNÁNDEZ, Y.; LOBO, M. G.; GONZÁLEZ, M. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. *Food chemistry*, v.96, n.4, p.654-664, 2006.

HUI, Y. H.; BARTA, J.; CANO, M. P.; GUSEK, T. W. GUSEK, SIDHU, J. S; SINHA, N. K. *Handbook of fruits and fruit processing*. First edition. United States: Blackwell Publishing, 2006.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento sistemático da produção agrícola. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 5 de março de 2012.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Orçamentos Familiares. Análise do Consumo Alimentar Pessoal no Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. Disponível em: <
http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009_analise_consumo/> . Acesso em: 13 de março de 2013.

IAL: Instituto Adolfo Lutz. *Métodos físicos e químicos para análise de alimentos*. São Paulo: IAL, 2008. V.1.

INGLESE, P.; BARBERA G.; LA MANTIA, T.; PORTOLANO, S. Crop production, growth, and ultimate size of cactus pear fruit following fruit thinning. *Horticultural Science*, v.30, v.2, p.227-230, 1995.

ISMAIL, A.; MARJAN, Z. M.; FOONG, C. W. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. *Food Chemistry*, v.87, n.4, p.581-586, 2004.

JIMÉNEZ-AGUILLAR, D. M.; HERNÁNDEZ-BRENES, C.; GUTIERREZ-URIBEC, J. A.; WELTI-CHANESD, J. Phenolics, Betalains, Ascorbic Acid, and Antioxidant Activity of *Opuntia ficus-indica*. *International Journal of Molecular Sciences*, v.12, n.10, p.6452–6468, 2011.

JIN, J.; KOROLEVA, O. A.; GIBSON, T.; SWANSTON, J. MAGAN, J.; ZHANG, Y.; ROWLAND, I. R.; WAGSTAFF, C. Analysis of phytochemical composition and chemoprotective capacity of rocket (*Eureca sativa* and *Diplotaxis tenuifolia*) leafy salad following cultivation in different environments. *Journal Agricultural Food Chemistry*, v.57, n.12, p.5227-5234, 2009.

JORNAL CORREIO RIO GRANDENSE. Caxias do Sul: Edição 5.015, 22 de novembro de 2006. Disponível em <http://www.esteditora.com.br/correio/5015/right.htm>, acessado em 21 de janeiro de 2010.

- KIM, J. S.; KWON, C. S.; SON, K. H. Inhibition of α -glucosidase and amylase by luteolin, a flavonoid. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, v.64, n.11, p.2458-2461, 2000.
- KIM, Y-N.; GIRAUD, D. W.; DRISKELL, J. A. Tocopherol and carotenoid contents of selected Korean fruits and vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.20, n.6, p.458-465, 2007.
- KIM, E.H.-J.; CORRIGAN, V. K.; HEDDERLEY, D. I.; MOTOI, L.; WILSON, A. J.; MORGENSTERN, M.P. Predicting the sensory texture of cereal snack bars using instrumental measurements. *Journal of Texture Studies*, v.40, n.4, p.457-481, 2009.
- KING, D.-O.; YOUNG, G. Characteristics and occurrence of phenolics phytochemicals. *Journal of the American Dietetic Association*, v.99, n.2, p.213-218, 1999.
- KOBLITZ, M. G. B. *Matérias-Primas Alimentícias - Composição e Controle de Qualidade*. 1 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.
- KUTI, J. O. Antioxidant compounds from four *Opuntia* cactus pear fruit varieties. *Food Chemistry*, v.85, n.4, p.527-533, 2004.
- KWON, Y.-I.; VATEM, D. A.; SHETTY, K. Evaluation of clonal herbs of Lamiaceae species for management of diabetes and hypertension. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, v.15, n.1, p.107-118, 2006.
- KWON, Y.-IN; APOSTOLIDIS, E.; SHETTY, K. Inhibitory potential of wine and tea against α -amylase and α -glucosidase for management of hyperglycemia linked to type 2 diabetes. *Journal of Food Biochemistry*, v.32, p.15-31, 2008.
- LEFÈBVRE, P.; SCHEEN, A. Glucose metabolism and the postprandial state. *European Journal of Clinical Investigation*, v.29, n.1-2, p.1-6, 1999.

LEONG, L. P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chemistry*, v.76, n.1, p.69–75, 2002

LEVINE, M.; RUMSEY, S. C.; DARUWALA, R.; PARK, J. B.; WANG, Y. Criteria and recommendations for vitamin C intake. *Jama*, v.281, n.15, p.1415-1423, 1999.

LI, B. W.; CARDOZO, M. S. Noenzimac-gravimetric determination of total dietary fiber in fruits and vegetables. *Journal of AOAC International*, v.75, n.2, p.373-374, 1992.

LI, B. B; SMITH, B.; HOSSAIN, M. M. Extraction of phenolics from citrus peels I. Solvent extraction method. *Separation and purification Technology*, v.48, n.2, p.182-188, 2006 .

LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV–VIS spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, p. F4.3.1–F4.3.8, 2001.

LIMA, C. A. A.; LIMA, E. D. A. Estudo da utilização integral da farinha de algaroba na alimentação humana. *Agropecuária técnica*, v.6, n.1, p.8-17, 1985.

LIRA JÚNIOR, J. S. et al. Caracterização física e físico-química de frutos de cajá-umbu (*Spondias* spp.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.25, n.4, p.757-761, 2005

LIVREA, M. A.; TESORIERE, L. Health benefits and bioactive components of the fruits from *Opuntia ficus-indica* (L) Mill. *Journal of the Professional Association for Cactus*, v.8, p.74-90, 2006.

LÓPEZ, O. V.; GARCÍA, M. A. Starch films from a novel (*Pachyrhizus ahipa*) and conventional sources: Development and characterization. *Materials Science and Engineering C*, v.32, n.7, p.1931–1940, 2012.

LUCENA, C. M.; LUCENA, R. F. P. COSTA, G. M.; CARVALHO, T. K. N.; COSTA, G. G. S.; ALVES, C. A. B.; QUIRINO, Z. G. M.; NUNES, E. N. Use and knowledge of Cactaceae in Northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, v.9, n.1, p.1-11, 2013.

MABRY, T. J.; TAYLOR, A.; TURNER, B. L. The betacyanins and their distribution. *Phytochemistry*, v.2, p.61-64, 1963.

MAMEDE, M. E. O.; PASTORE, G. M. Compostos fenólicos do vinho: estrutura e ação antioxidante *Boletim Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, v.22, n.2, p.233-252, 2004.

MARAN, J. P.; SIVAKUMAR, V.; SRIDHAR, R.; THIRUGNANASAMBANDHAM, K. Development of model for barrier and optical properties of tapioca starch based edible films. *Carbohydrate Polymers*, v.92, n.2, p.1335-1347, 2013.

MARENGO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. *Parcerias Estratégica*, n.27, p.149-176, 2008.

MEDINA, E. M. D.; RODRIGUEZ, E. M. R.; ROMERO, C. D. Chemical characterization of *Opuntia dillenii* and *Opuntia ficus-indica* fruits. *Food Chemistry*. v.103, n.1, p.38-45, 2007.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. *Sensory evaluation techniques*. 3 ed. Boca Raton: CRC, 1999.

MEIRELES, M. A. *Extracting bioactive compounds for food products: theory and applications*. New York: CRC Press, 2009

MELBY, C. SCHMITH, S. HICKEY, H. Alimentos funcionais, resistência insulínica e diabetes. IN: COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. *Alimentos funcionais*. Viçosa: Folha de Viçosa, 2009, P.159-184.

MÉLO, E. A.; LIMA, V. L. A. G.; MACIEL, M. I. S.; CAETANO, A. C. S.; LEAL, F. L. L. Polyphenol, ascorbic acid and total carotenoid contents in common fruits e vegetables. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.9, n.2, p.89-94, 2006.

MENDES, B. V. Potencialidades da algaroba (*Prosopis juliflora* (SW). DC). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ALGARROBA, 2., 1987, Mossoró. *Revista da Associação Brasileira de Algaroba*, v.1, n.4, p.17-41, 1987.

MENDHAM, J.; MENDHAM. *Análise Química Quantitativa*. 6ª Ed. 2011.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicilic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, v.31, n.3, p.426-428. 1959.

MIN, S.; ROCHTA, J. M. K. Ascorbic Acid-Containing Whey Protein Film Coatings for Control of Oxidation. *Journal Agricultural Food Chemistry*, v.55, n.8, p.2964-2969, 2007.

MOBHAMMER, M. R.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Development of a process for the production of a betalain-based colouring foodstuff from cactus pear. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v.6, n.2, p.221-231, 2005.

MOBHAMMER, M. R.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Evaluation of different methods for the production of juice concentrates and fruit powders from cactus pear. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 7, n.4, p. 275–287, 2006.

MOBHAMMER, M. B.; ROBE, M.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. Stability of yellow-orange cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) [L.] Mill. Cv. 'Gialla') betalains as affected by the juice matrix and selected food additives. *European Food Research and Technology*, v.225, n.1, p.21-25, 2007.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P. LINS-NETO, E. M. F.; ARAÚJO, E. L.; AMORIM, E. C. Use patterns and knowledge of medicinal species among two rural communities in Brazil's semi-arid northeastern region. *Journal Ethnopharmacology*, v.105, n.1-2, p.173-76, 2006.

MONTERREY, E. S.; SOBRAL, A. Caracterização de propriedades mecânicas e óticas de biofilmes a base de proteínas miofibrilares de tilápia do nilo usando uma metodologia de superfície-resposta. *Food Science and Technology* , v.19, n.2, 1999.

MOURA, M. S. B.; GALVINCIO, J. D.; BRITO, L. T. L.; SOUZA, L. S. B.; SÁ, I. I. S. SILVA, T. G. F. Clima e água de chuva no semi-árido. In: BRITO, L. T. de L.; MOURA, M. S. B. de; GAMA, G. F. B. (Ed.). *Potencialidades da água de chuva no semi-árido brasileiro*. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2007, cap. 2, P. 37-59.

MORITZ, K. K.; ROLIMB, L. C.; TOMÁSC, R. F. AGUIARD, C. L. Redução na perda de água em fatias de bananas (*Musa spp* AAB 'Prata') recobertas com revestimento elaborado à base de proteínas do soro de leite bovino. *Ciências Biológicas e da Saúde*, v.11, n.2, p. 45-47, 2009.

MOSKOWITZ, H. R. *Product testing and sensory evaluation of foods*. Westport: Food e Nutrition Press, 1983.

MOUSSA-AYOUB, T. E.; EL-SAMAHY, S. K.; KROH, L. W.; ROHN, S. Identification and quantification of flavonol aglycons in cactus pear (*Opuntia ficus indica*) fruit using a commercial pectinase and cellulase preparation. *Food Chemistry*, v.124, n.3, p.1177–1184, 2011.

NAIDU, K. A. Review: Vitamin C in human health and disease is still a mystery? An overview. *Nutrition Journal*, v.2, p.1-10, 2003.

NASCIMENTO, V. T.; MOURA, N. P.; VASCONCELOS, M. A. S.; MACIEL, M. I. S.; ALBUQUERQUE, U. P. Chemical characterization of native wild plants of dry seasonal forests of the semi-arid region of northeastern Brazil. *Food Research International*, v.44, n.7, p.2112-2119, 2011.

NERÍN, C.; TOVAR, L.; DJENANE D.; CAMO, J.; SALAFRANCA, J.; BELTRÁN J. A.; RONCÁLEZ, P. Stabilization of beef meat by a new active packaging containing natural antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.54, n.20, p.7840-7846, 2006.

NILSSON T. Studies into the pigments in Beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *Vulgaris* var. *rubra* L.). *Lant- brukshogskolans annaler*, v.36, p.179-219, 1970.

OLIVEIRA, R. G.; GODOY, H. T.; PRADO, M. A. Otimização de metodologia colorimétrica para a determinação de ácido ascórbico em geleias de frutas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.30, n.1, p.244-249, 2010.

PAVARINI, D.; PAVARINI, D. P.; PAVARINI, S. P.; NIECHUESA, M.; LOPESA, N. P. Exogenous influences on plant secondary metabolite levels. *Animal Feed Science and Technology*, v.176, n.1, p.5-16, 2012.

PAVLATH, A. E.; ORTS, W. Edible films and coatings: Why, what and how? In: EMBUSCADO, M. E.; HUBER, K. C. *Edible films and coatings for foods applications*. New York: Springer, 2009.

PASIECZNIK, N. M.; FELKER, P.; HARRIS, P. J. C.; HARSH, L. N.; CRUZ, G.; TEWARI, J. C.; CADORET, K.; MALDONADO, L. J. *The Prosopis juliflora - Prosopis pallida* Complex: A Monograph. Coventry: HDRA, 2001.

PEREIRA, L. B.; AURREKOETXEA, G. P.; ÂNGULO, I.; PASEIRO-LOSADA, P. CRUZ, J. M. Development of new active packaging films coated with natural phenolic compounds to improve the oxidative stability of beef. *Meat Science*, v.97, n.2, p.249–254, 2014.

PEREIRA, M. C.; STEFFENS, R. S.; JABLONSKI, A.; HERTZ, P. F.; RIOS, A. O.; VIZZOTTO, M.; FLÔRES, S. H. Characterization, bioactive compounds and antioxidant potential of three Brazilian fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.29, n.1, p.19-24, 2013.

PETTINGER, C.; HOLDSWORTH, M.; GERBER, M. Psycho-social influences on food choice in Southern France and Central England. *Appetite*, v.42, n.3, p.307–316, 2004

PHILIPS, G. O. Dietary fibre: A chemical category or a health ingredient? *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, v.1, n.1, p.3- 9, 2013.

PIGA, A. Cactus Pear: A Fruit of Nutraceutical and Functional Importance. *Journal of the Professional Association for Cactus*, v.6, p.9-22, 2004.

PIZZANI, P.; MATUTE, I.; MARTINO, G.; GODOY, A.; ARIAS, A.; PEREIRA, L.; PALMA, J.; RENGIFO, M. Composición fitoquímica y nutricional de algunos frutos de arboles de interés Forrajero de los llanos centrales de Venezuela. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias* v.47, n.2, p.105-111, 2006.

RAHMAN, S. *Handbook of food preservation*. 2nd ed. CRC, 2009.

RAMASWAMY, H.; MARCOTTE, M. *Food processing: principles and applications*. Boca Raton: CRC, 2006.

RAO, A.V.; RAO, L. G. Invited review: Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*, v.55, n.3, p.207–216, 2007.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. *Química de Alimentos*. 2^aed. São Paulo: Blucher, 2007, 184p.

RIBEIRO, C.; VICENTE, A. A.; TEIXEIRA, J. A.; MIRANDA, C. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. *Postharvest Biology and Technology*, v.44, n.1, p.63–70, 2007.

RIVERO, R. M.; RUIZ, J. M.; GARCIA, P. C.; LÓPEZ-LEFEBRE, L. R.; SÁNCHEZ, E.; ROMERO, L. Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. *Plant Science*, v.160, n.2, p.315–321, 2001.

ROCKENBACH, I. I.; SILVA, G. S.; RODRIGUES, E.; KUSKOSKI, E. M.; FETT, R. Influência do solvente no conteúdo total de polifenóis, antocianinas e atividade antioxidante de extratos de bagaço de uva (*Vitis vinifera*) variedades *Tannat* e *Ancelota*. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.28, p.238-244, 2008.

RODRIGUEZ, E. B.; FLAVIER, M. E.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; AMAYA-FARFÁN, J. Phytochemicals and functional foods: Current situation and prospect for developing countries. *Segurança Alimentar e Nutricional*, v.13, n.1, p. 1-22, 2006.

ROHN, S.; RAWEL, H. M.; KROLL, J.-R.; Inhibitory effects of plant phenols on the activity of selected enzymes. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, v.50, n.12, p.3566-3571, 2002.

ROTHMAN, M.; WIT, M.; BOTHMA, C.; HUGO, A. Determination of seasonal influences on sensory attributes of South African cactus pear cultivars. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, v.14, p.42-52, 2012.

RUFINO M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J.; Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, v.121, n.4, p. 996-1002, 2010.

SCHOBBER, J. Preservação e uso racional do único bioma exclusivamente nacional. *Ciência e Cultura*, v.54, n.2, p. 06-07, 2002.

SCHWARTZ, S. J.; VON ELBE, J. H. Quantitative determination of individual betacyanin pigments by high-performance liquid chromatography. *Journal Agricultural Food Chemistry*, v.28, n.3, p. 540–543, 1980.

SAÉNZ, C.; ESTÉVEZ, A. M.; SEPÚLVEDA, E.; MECKLENBURG, P. Cactus pear fruit: A new source for a natural sweetener. *Plant foods for human nutrition*, v.52, n.2, p.141-149, 1998.

SAÉNZ, C.; SEPÚLDEVA, E. Cactus pear juices. *Journal of the Professional Association for Cactus*, v.4, 2001, P.3-10.

SAÉNZ, C.; BERGER, H.; GARCIA, J. C.; GALLETI, L.; CORTÁZAR, V. G.; HIGUERA, I.; MONDRAGÓN, C.; RODRÍGUEZ-FÉLIX, A.; SEPÚLDEVA, E.; VARNERO, M. T. Utilización agroindustrial del nopal, Boletín de Servicios Agrícolas de La Fao, 2006.

SAÉNZ, C.; TAPIA, C. CHAVÉZ, J. ROBERT, P. Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus indica*). *Food chemistry*, v.114, n.2, p.616-622, 2009.

SALIM, N; ABDELWAHEB, C.; RABAH, C.; AHCENE, B. Chemical composition of *Opuntia ficus-indica* (L.) fruit. Short communication. *African Journal Biotechnonology*, v.8, n.5, p.1623-1624, 2009.

SASS-KISS, A.; KISS, J.; MILOTAY, P.; KEREK, M. M.; TOTH-MARKUS, M. Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*, v.38, n.8-9, p.1023-1029, 2005.

SAUNDERS, R.M; BECKER, R.; MEYER, D.; DEL VALLE, F. R.; MARCO, E. Identification of commercial milling techniques to produce high sugar, high fiber, high

protein, and high galactomannan gum fractions from *Prosopis* pods. *Forest Ecology and Management*, v.16, n.1-4, p.169-180, 1986.

SAWAYA, W. N.; KHALIL, J. K.; AL-MOHAMMAD, M. M. Nutritive value of prickly pear seeds, *Opuntia ficus indica*. *Plant of Foods for Human Nutrition*, v.33, p.91-97, 1983.

SETIAWAN, B.; SULAEMAN, A.; GIRAUD, D. W.; DRISKELL, J. A. Carotenoid content of selected Indonesian fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.14, n.2, p.169-176, 2001.

SERAFINI, M. The role of antioxidants in disease prevention. *Medicine*, v.34, n.12, p.533-535, 2006.

SGARBIERI, V. C.; PACHECO, M. T. Revisão: Alimentos Funcionais Fisiológicos. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.2, n.1-2, p.7-19, 1999.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. *Phenolics in food and nutraceuticals*. Boca Ranton: CRC Press, 2003.

SHEINVAR, L. Taxonomia das opuntias utilizadas. In: BARBERA, G.; INGLESE, P. Agroecologia, cultivos e usos da palma forrageira. Paraíba: SEBRAE, 2001, P.20-27.

SHIMADA, S.; TAKAHASHI, K.; SATO, Y.; SAKUTA, M. D. Dihydroflavonol 4-reductase cDNA from non-Anthocyanin Producing Species in the Caryophyllales. *Plant Cell Physiology*, v.45, n.9, p.1290-1298, 2004.

SHIMADA, S.; INOUE, Y. T.; SAKUTA, M. Anthocyanidin synthase in non-anthocyanin producing Caryophyllales species. *The Plant Journal*, v.44, n.6, p.950-959, 2005.

SILVA, J. B.; BORA, P. S.; QUEIROGA NETO, V. Caracterização de Propriedades Funcionais do Isolado Protéico de sementes de Algaroba (*Prosopis juliflora* (SW) DC). *Boletim Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, v.14, n.2, p.253-272, 1996.

SILVA, C. G.; MATA, M. E. R. M. C.; BRAGA, M. E.D; QUEIROZ, V. S. Extração e fermentação do caldo de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC) para obtenção de aguardente. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 5, n. 1, p. 51-56, 2003.

SILVA, C. O.; ALBUQUERQUE, U. P. Woody medicinal plants of the caatinga in the state of Pernambuco (Northeast Brazil). *Acta botanica brasílica*, v.19, n.1, p.17-26, 2005.

SILVA, D. M.; RIET-CORREA, F.; MEDEIROS, R. M. T.; OLIVEIRA, O. F. Plantas tóxicas para ruminantes e equídeos no Seridó Ocidental e Oriental do Rio Grande do Norte. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v.26, n.4, p.223-236, 2006.

SILVA, C. G. M.; MELO FILHO, A. B.; PIRES, E. F.; STAMFORD, T. L. M. Caracterização físico-química e microbiológica da farinha de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.27, n.4, p.733-736, 2007.

SILVA, C. G. *Otimização do processo de produção da aguardente de algaroba e aproveitamento dos resíduos sólidos em produtos alimentares*. 2009. 232f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) - Centro de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SILVA, L. M. R.; FIGUEIREDO, E. A. T.; RICAROD, N. M. P. S.; VIEIRA, I. G. P. FIGUEIREDO, R. W.; BRASIL, I. M.; GOMES, C. L. Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, v.142, p.398-404, 2014.

SOARES, N. F. F.; SILVA, W. A.; PIRES, A. C. S.; CAMILLOTO, G. P.; SILVA, P. S. Novos desenvolvimentos e aplicações em embalagens de alimentos. *Revista Ceres*, v.56, n.4, p.370-378, 2009.

SOUZA, V. R.; PEREIRA, P. A. P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S. V.; CARNEIRO, J. D. S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. *Food Chemistry*, v.134, n.1, p.381-386, 2012.

SREEKANTH, D.; ARUNASREE, M. K.; ROY, K. R.; REDDY, T. C.; REDDY, G. V.; Reddanna, P. Betanin a betacyanin pigment purified from fruits of *Opuntia ficus-indica* induces apoptosis in human chronic myeloid leukemia Cell line-K562. *Phytomedicine*, v.14, p.739-746, 2007.

SROKA, Z.; CISOWSKI, W. Hydrogen peroxide scavenging, antioxidant and anti-radical activity of some phenolic acids. *Food and Chemical Toxicology*, v.41, n.6, p.753-758, 2003.

STAFFORD H. Anthocyanins and betalains: evolution of the mutually exclusive pathways. *Plant Science*, v.101, n.2, p.91-98, 1994.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices. *Food Resource Technology*, v.216, n.4, p.303-311, 2003.

STINTZING, F. C., & CARLE, R. Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. *Trends in Food Science and Technology*, v.15, n.1, p.19-38, 2004.

STINTZING, F. C.; HERBACH, K. M.; MOSSHAMMER, M. R.; CARLE, R. YI, W.; SELLAPPAN, S.; AKOH, C. C.; BUNCH, R.; FELKER, P. Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. *Journal Agricultural Food Chemical*, v.53, n.2, p.442-451, 2005.

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

STONE, H.; SIDEL, J. L.; OLIVER, S.; WOOSLSEY, A.; SINGLETON, R. C. Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technology*, v.28, n.11, p.24-34, 1974.

SUMAYA-MARTINEZ, M. T.; CRUZ-JAIME, S.; MADRIGAL-SANTILLÁN, E.; GARCIA-PAREDES, J. D.; CARINO-CORTÉS, R.; CRUZ-CANSINO, N.; VALADEZ-VEJA, C.; MARTINEZ-CARDENAS, L.; ALANIS-GARCIA, E. Betalain, acid ascorbic, phenolics contents and antioxidant properties of purple, red, yellow and White cactus pears. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 12, n.10, p.6452–6468, 2011.

SUPPAKUL, P.; JUTAKORN, K.; BANGCHOKEDDEE, Y. Efficacy of cellulose-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs. *Journal of Food Engineering*, v.98, n.2, p.207–213, 2010.

TABOSA, I. M.; RIET-CORREA, F.; BARROS, S. S.; SUMMERS, B. A.; SIMÕES, S. V.; MEDEIROS, R. M.; NOBRE, V. M. Neurohistologic and ultrastructural lesions in cattle experimentally intoxicated with the plant *Prosopis juliflora*. *Veterinary Pathology*, v43, n.5, p.695-701, 2006.

TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação (NEPA). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 2011.

TADERA, K. MINAMI, Y.; TAKAMITSU, K.; MATSUOKA, T. Inhibition α -glucosidase and α -amylase by flavonoids. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, v.52, n.2, p.149-153, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TAKEOKA, G. R.; ROSALIND, Y. W.; DAO, L.; FELKER, P.; Identification of 5,6-dihydro-6-propyl-2H-pyran-2-one as the major volatile constituent in mesquite (*Prosopis*) flour. *Food Chemistry*, v.115, n.3, p.1025–1027, 2009.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D. H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, v.19, n.6-7, p.669-675, 2006.

TESORIERE, L.; BUTERA, D.; PINTAUDI, A. M.; ALLEGRA, M.; LIVREA, M. A. Supplementation with cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit decreases oxidative stress in healthy humans: a comparative study with vitamin C1–3. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 80, p. 391–395, 2004.

TOLEDO, M.C. F.; LAJOLO, F. M. Supplements and Functional Foods Legislation in Brazil. IN: BAGCHI, D. *Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and Around the World*. New York: Academic Press, 2008. P. 349-364.

TORRES, E. R. *Desenvolvimento de barra de cereais formuladas com ingredientes regionais*. 2009. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Tiradentes Farias Soares, Aracaju.

TREZZINI, G. F.; ZRÝD, J. P. Characterization of some natural and semi-synthetic betaxanthins. *Phytochemistry*, v.30, n.6, p.1901–1903, 1991.

VAQUERO, M. J. R.; SERRAVALLE, L. R. T.; NADRA, M. C. M.; SAAD, A. M. S. Antioxidant capacity and antibacterial activity of phenolic compounds from argentinean herbs infusions. *Food Control*, v.21, n.5, p.779–785, 2010.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chemistry*, v.111, n.4, p.816–823, 2008.

VATTEM, D. SHETTY, K. Ellagic acid production and phenolic antioxidant activity in cranberry pomace (*Vaccinium macrocarpon*) mediated by *Lentinus edodes* using a solid-state system. *Process Biochemistry*, v.39, n.3, p.367-379, 2003.

VICENT, K. R.; SCHOLZ, R. G. Separation and quantification of red beet betacyanins and betaxanthins by High-Performance Liquid Chromatography. *Journal Agricultural Food Chemistry*, v.26, n.4, p.812-816, 1978.

VITTI, M. C. D.; YAMAMOTO, L. K.; SASAKI, F. F.; DEL AGUILA, J. S.; KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P. Quality of minimally processed beet roots stored in different temperatures. *Brasilian Archives of Biology and Technology*, v.48, p. 503-510, 2005.

WANG, H.; DUB, YANG-JI; SONG, HUA-CAN. α -Glucosidase and α -amylase inhibitory activities of guava leaves. *Food Chemistry*, v123, n.1, p.6-13, 2010.

WANG, Y.; HUANG, S.; SHAO, S.; QIAN, L.; XUINDUSTRIAL, P. Studies on bioactivities of tea (*Camellia sinensis* L.) fruit peel extracts: Antioxidant activity and inhibitory potential against α -glucosidase and α amylase in vitro. *Crops and Products*, v. 37, n.1, p. 520– 526, 2012.

WHO: World Health Organization. Food safety and foodborne illness. Março, 2007. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs237/en/print.html>>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2010.

WHO: World Health Organization. Global Strategy on diet, physical activity and Health on WHO. 2007. Disponível em: <<http://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/facts/diabetes/en/index.html>>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2010.

WOOTTON-BEARD, P. C.; RYAN, L. A beetroot juice shot is a significant and convenient source of bioaccessible antioxidants. *Journal of Functional Foods*, v.3, n.4, p. 329–334, 2011.

YAHIA E. M.; MONDRAGON-JACOBO, C. Nutritional components and anti-oxidant capacity of ten cultivars and lines of cactus pear fruit (*Opuntia* spp.). *Food Research International* , v.44, n.7, p.2311-2318, 2011.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T.; TONZAR, A. C.; MORIYA, S.; FERNANDES, J. G. Produtos de acerola: estudo da estabilidade de vitamina C. *Ciência e tecnologia de Alimentos*, v.23, n.1, p.92-94, 2003.

YANISHLIEVA, N.; POKORNY, J.; GORDON, M. Antioxidants in food: Practical applications. New-York: CRC Press, 2001.

ZAMORA-ROS R.; ANDRES-LACUEVA C.; LAMUELA-RAVENTÓS R.; BERENGUER T.; JAKSZYN P.; BARRICARTE A.; ARDANAZ E.; AMIANO P.; DORRONSORO M.; LARRAÑAGA N.; MARTÍNEZ C.; SÁNCHEZ M.; NAVARRO C.; CHIRLAQUE M.; TORMO M.; QUIRÓS J.; GONZÁLEZ C. Estimation of Dietary Sources and Flavonoid Intake in a Spanish Adult Population (EPIC-Spain). *Journal of the American Dietetic Association*, v.110, n.3, p.390-398, 2010.

ZAWISTOWSKI, J. Regulation of functional foods in selected Asian countries in the Pacific Rim. IN: BAGCHI, D. *Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and Around the World*. New York: Academic Press, 2008. P. 365-401.

ZHANG, L.; LI, J.; HOGAN, S.; CHUNG, H.; CHUNG, H.; WELBAUM, G. E.; ZHOU, K. Inhibitory effect of raspberries on starch digestive enzyme and their antioxidant properties and phenolic composition. *Food Chemistry*, v.119, n.2, p.592-599, 2010.

ZHENG, W. WANG, S. Y. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.49, n.11, p.5165-5170, 2001.

ZOU, DA-MING; BREWER, M.; GARCIA, F.; FEUGANG, J. M.; WANG, J.; ZANG, R.; LIU, H.; ZOU, C. Cactus pear: a natural product in cancer chemoprevention, *nutrition Journal*, v.4 , n.25, p. 1-12, 2005.