

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

MARÍLIA CÍCERA GOMES DOS SANTOS

PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E FUNCIONAIS DE
PALMA (*Opuntia ficus-indica*) E SUA UTILIZAÇÃO NO
PROCESSAMENTO DE GELEIAS

JOÃO PESSOA- PB

2014

MARÍLIA CÍCERA GOMES DOS SANTOS

**PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E FUNCIONAIS DE
PALMA (*Opuntia ficus-indica*) E SUA UTILIZAÇÃO NO
PROCESSAMENTO DE GELEIAS**

JOÃO PESSOA- PB

2014

MARÍLIA CÍCERA GOMES DOS SANTOS

**PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E FUNCIONAIS DE
PALMA (*Opuntia ficus-indica*) E SUA UTILIZAÇÃO NO
PROCESSAMENTO DE GELEIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Edvaldo Mesquita Beltrão Filho

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Enayde de Almeida Melo

JOÃO PESSOA- PB

2014

S237p Santos, Marília Cícera Gomes dos.
Propriedades nutricionais e funcionais de palma (*Opuntia ficus-indica*) e sua utilização no processamento de geleias / Marília Cícera Gomes dos Santos.-- João Pessoa, 2014.
115f.: il.
Orientador: Edvaldo Mesquita Beltrão Filho
Coorientadora: Enayde de Almeida Melo
Dissertação (Mestrado)- UFPB/CT
1. Tecnologia de alimentos. 2. Palma (*Opuntia ficus-indica*).
3. Redução de sacarose. 4. Análise sensorial. 5. Planejamento fatorial. 6. Compostos bioativos. 7. Antioxidantes.

UFPB/BC

CDU: 664(043)

MARÍLIA CÍCERA GOMES DOS SANTOS

**PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E FUNCIONAIS DE PALMA
(*Opuntia ficus-indica*) E SUA UTILIZAÇÃO NO PROCESSAMENTO DE
GELEIAS**

Dissertação APROVADA em 26/02/2014.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edvaldo Mesquita Beltrão Filho- DGTA/CCHSA/PPGCT/UFPB

-Orientador-

Prof^ª. Dr^ª. Enayde de Almeida Melo- PPGCT/UFRPE

-Coorientadora-

Prof^ª. Dr^ª. Maria Inês Sucupira Maciel- PPGCT/UFRPE

-Examinadora Externa-

Prof. Dr. Flávio Luiz Honorato da Silva- LEB/DEQ/PPGCT/UFPB

-Examinador Interno-

**Aos meus pais Antônio e Maria Anunciada,
que sempre caminharam ao meu lado
me dando apoio, encorajamento e amor.**

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido o dom da vida e por sempre guiar os meus passos;

Aos meus pais Antônio e Maria Anunciada que me ensinaram/ensinam os verdadeiros valores da vida;

Aos meus irmãos Marcos, Márcia, Marcílio e Maria das Dores e aos meus sobrinhos Mateus, João Vitor e Marcos Paulo pela torcida, orações e compreensão;

Ao meu namorado Fillipe Arouxa pelo amor, confiança e incentivo;

Ao meu orientador Professor Edvaldo Mesquita Beltrão Filho por acreditar em meu potencial.

À minha coorientadora Professora Enayde Melo por aceitar nosso convite e pelos seus valiosos ensinamentos;

A professora Maria Inês e ao professor Flávio Honorato, pela disponibilidade e pelas sugestões de melhoria do trabalho;

Ao Sr. Paulo Tavares professor do Instituto de Tecnologia de Alimentos e Christine Maranhão pelo suporte técnico;

Aos funcionários da Universidade Federal da Paraíba (Bananeiras e João Pessoa) e Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelos ensinamentos e colaborações, especialmente a Lindalva Nóbrega, Luciana Alves, Jaqueline Melo, Emanuel Neto e Jerônimo Galdino;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos;

As amigas Glaúcia Terto, Ilílian Kleisse, Roberta Souza, Rita Cristina, Sabrina Souza e Samara Morais pela amizade e companheirismo;

Ao amigo José Evangelista e as amigas Aline Silva, Alline Souza, Cassiara Souza, Lucille Araújo, Katya Jacinto, Vilma Barbosa que tive o prazer de conhecer e contar com o apoio e incentivo durante o mestrado em João Pessoa;

Ao Sr. Edvaldo Mesquita Beltrão, pelo fornecimento das palmas;

A Predilecta Alimentos Ltda Brasil, pelo fornecimento da pectina e do ácido cítrico e

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos pela oportunidade para a realização do mestrado.

Muito obrigada a todos!

“Aqueles que se sentem satisfeitos sentam-se e nada fazem. Os insatisfeitos são os únicos benfeitores do mundo.”

(Walter S. Landor)

RESUMO

Natural do México a família das cactáceas corresponde a aproximadamente 130 gêneros e 1500 espécies, encontrando-se distribuída principalmente nas regiões áridas e semiáridas do novo mundo. Uma das formas de incluir esse vegetal na alimentação humana é processá-lo em geleia. O objetivo desta pesquisa foi desenvolver geleia de palma (*Opuntia ficus-indica*) que atenda aos parâmetros de qualidade física, química, microbiológica e sensorial, além de caracterizá-la quanto à composição nutricional e seu potencial antioxidante. As formulações para a geleia de palma foram desenvolvidas utilizando o planejamento fatorial 2^3 , com 3 pontos centrais totalizando 11 ensaios; tendo como variáveis independentes as concentrações de sacarose em relação à concentração de polpa (S/P), concentração de ácido cítrico (A) e concentração de pectina (P). As variáveis dependentes analisadas foram: pH, atividade de água, cor instrumental (luminosidade, cromaticidade a^* e b^*), textura, sólidos solúveis e acidez titulável. Considerando os parâmetros de qualidade físicos e químicos as formulações de geleia de palma foram selecionadas e conduzidas para análise microbiológica, que permitiu a realização da análise sensorial sem causar risco à saúde dos provadores. As características sensoriais foram obtidas por meio dos testes de aceitação e de intenção de compra. A formulação que recebeu os melhores índices de aceitação e o menor teor de açúcar foi encaminhada para dar continuidade ao estudo, de modo a avaliar suas propriedades nutricionais e funcionais. Os resultados do planejamento experimental demonstraram que as variáveis dependente de maior influência na qualidade das geleias de palma foram pH, textura, sólidos solúveis e acidez titulável, pois apresentaram modelos com significância de 95% de confiança. A formulação com 35% de sacarose, 65% de polpa, 0,55% de ácido cítrico e 0,5% de pectina foi selecionada para dar continuidade ao estudo por apresentar menor teor de açúcar e maior quantidade de polpa. A composição nutricional demonstrou que a geleia de palma é um produto compatível as geleias de fruta, possui quantidade apreciável de compostos bioativos e é hipocalórica. No entanto possui uma capacidade pouco expressiva para sequestrar o radical DPPH e ABTS. Esses dados tornam a palma um produto com viabilidade tecnológica.

PALAVRAS-CHAVE: redução de sacarose, análise sensorial, planejamento fatorial, compostos bioativos, antioxidantes.

ABSTRACT

Natural from Mexico, the family of cactus corresponds to approximately 130 genera and 1500 species, lying mainly distributed in arid and semi-arid regions of the New World. One way to include this vegetable in human nutrition is process it into jelly. The objective of this research was to develop jelly palm (*Opuntia ficus-indica*) that meets the parameters physical, chemical, microbiological and sensory of quality, and characterize it in terms of nutritional composition and antioxidant potential. Formulations for the jelly palm were developed using 2^3 factorial design with 3 central points totaling 11 trials; having as independent variables the concentrations of sucrose in relation to pulp concentration (S/P), citric acid concentration (A) and concentration of pectin (P). The dependent variables were: pH, water activity, instrumental color (brightness, chromaticity a * and b *), texture, soluble solids and titratable acidity. Considering the parameters of physical quality and chemical, formulations of jelly palm were selected and conducted for microbiological analysis, which allowed the realization of sensory analysis without causing health risk assessors. The sensory characteristics were obtained by means of acceptance test and purchase's intent test. The formulation that received the best acceptance rates and lower sugar content was sent to continue the study in order to evaluate their nutritional and functional properties. The results of the experimental design demonstrated that pH, texture, soluble solids and titratable acidity were the dependent variables with the biggest influence on the quality of jelly palm due to models showed significance with 95 % confidence. The formulation with 35 % sucrose, 65 % pulp, 0.55 % citric acid and 0.5 % pectin was selected to continue the study due to lower sugar content and higher amount of pulp. The nutritional composition showed that the jelly palm is a compatible product to marmalades, has significant quantities of bioactive compounds and is low calorie. However it has an expressive little capacity to sequester the DPPH and ABTS radical. These data make the palm a product with technological feasibility.

KEYWORDS: reduction of sucrose, sensory analysis, factorial design, bioactive compounds, antioxidants.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Fluxograma de preparo da polpa de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	28
Figura 2	Fluxograma do processamento das geleias de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	31
ARTIGO 1		
Figura 1	Fluxograma de preparo da polpa de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	53
Figura 2	Fluxograma do processamento das geleias de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	56
Figura 3	Influência da adição da pectina e da sacarose/polpa no pH, fixando-se o ácido cítrico em 0,75 (+1).....	62
Figura 4	Influência da adição da sacarose/polpa e da pectina na textura, fixando-se o ácido cítrico em 0,75 (+1).....	67
Figura 5	Influência da adição da sacarose/polpa e da pectina no teor de sólidos solúveis, fixando-se o ácido cítrico em 0,55 (-1).....	68
Figura 6	Influência da adição da sacarose/polpa e da pectina na acidez, fixando-se o ácido cítrico em 0,55 (-1).....	70
Figura 7	Percentual de intenção de compra das geleias de palma.....	74
ARTIGO 2		
Figura 1	Fluxograma de preparo da polpa de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	84
Figura 2	Capacidade de sequestrar o radical DPPH (% de sequestro) dos extratos do cladódio in natura, polpa e geleia de palma.....	98
Figura 3	Capacidade de sequestrar o radical ABTS nos extratos do cladódio in natura, polpa e geleia de palma.....	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Concentrações de sacarose/polpa, ácido cítrico e pectina.....	29
-----------------	---	----

ARTIGO 1

Tabela 1	Concentrações de sacarose/polpa, ácido cítrico e pectina.....	54
Tabela 2	Qualidade microbiológica da polpa de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>)..	59
Tabela 3	Matriz do planejamento experimental com valores codificados/reais e a média dos parâmetros físicos e químicos medidos nas amostras de geleia de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	60
Tabela 4	Análise de variância para a resposta atividade de água das geleias de palma.....	61
Tabela 5	Análise de variância do pH das geleias de palma.....	62
Tabela 6	Análise de variância de cor instrumental parâmetro L* (luminosidade) das geleias de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	64
Tabela 7	Análise de variância de cor instrumental parâmetro a* das geleias de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	65
Tabela 8	Análise de variância de cor instrumental parâmetro b* das geleias de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	65
Tabela 9	Análise de variância da textura das geleias de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	66
Tabela 10	Análise de variância dos sólidos solúveis das geleias de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	68
Tabela 11	Análise de variância da acidez das geleias de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	70
Tabela 12	Resultados microbiológicos das geleias de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	72
Tabela 13	Média da escala hedônica para os atributos sensoriais e aspecto global de geleias de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>) para os quatro ensaios propostos.....	73

ARTIGO 2

Tabela 1	Composição física e química da palma <i>in natura</i> e polpa branqueada da <i>Opuntia ficus-indica</i>	90
Tabela 2	Resultados obtidos das análises físicas e químicas da geleia de palma <i>Opuntia ficus-indica</i>	92
Tabela 3	Teor de minerais em cladódios de palma <i>in natura</i> , polpa e geleia de <i>Opuntia ficus-indica</i>	94
Tabela 4	Teores de fitoquímicos em cladódios da palma <i>in natura</i> , polpa e geleia de <i>Opuntia ficus-indica</i>	96

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%-	Percentual
µg-	Micrograma
A-	Concentração de ácido cítrico
A_a-	Atividade de água
ABTS-	2,2'-azino-bis-(3-etilbezotiazolina-6-ácido sulfônico)
AOAC-	Association of Official Analytical Chemists
APHA-	American Public Health Association
ASSISTAT-	Assistência estatística
BP-	Ágar baird parker
CAAE-	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CIE-	International Commission on Illumination
CLBVB-	Caldo Lactosado Bile Verde Brilhante
cm-	Centímetro
DPPH-	1,1-difenil-2-picrilhidrazil
EC-	Caldo E.Coli
FAO-	Food Agriculture Organization
Fcal-	Variável do tratamento
FRAP-	Poder Antioxidante da Redução Férrica
g-	Grama
G.L.-	Grau de Liberdade
IA-	Índice de aceitabilidade
Kg-	Quilograma
L*-	Luminosidade
m-	Metro
MAC-	Metabolismo Ácido das Crassuláceas
mL-	Mililitros
nm-	Nanômetros

NMP/g-	Número Mais Provável por grama da amostra
°C-	Grau Celsius
P-	Concentração de pectina
pH-	Potencial Hidrogeniônico
Q.M.-	Quadrado Médio
R²-	Coefficiente de determinação
S-	Sacarose
S.Q.-	Soma dos Quadrados
S/P-	Concentração de sacarose em relação à concentração de polpa
SS-	Sólidos solúveis
T-	Textura
TEAC-	Atividade Antioxidante Total Equivalente a Trolox
Teste F-	Variável do teste F
Trolox-	6- hidroxí- 2,5,7,8- tetrametilcromo- 2 ácido carboxílico
UFC/g-	Unidade Formadora de Colônia por grama da amostra
UFPB-	Universidade Federal da Paraíba

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
	2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS, MORFOLOGIA, FISIOLOGIA E COMPOSIÇÃO.....	18
	2.2 COMPOSTOS COM PROPRIEDADES FUNCIONAIS.....	19
	2.3 COMPOSTOS COM PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE PALMA.....	21
	2.4 BENEFICIAMENTO DA PALMA PARA ALIMENTAÇÃO HUMANA.....	22
	2.5 GELEIA.....	23
	2.6 COMPONENTES PARA FABRICAÇÃO DA GELEIA.....	24
	2.7 ANÁLISE SENSORIAL.....	25
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	26
	3.1 MATERIA-PRIMA.....	26
	3.2 PREPARO DA AMOSTRA.....	27
	3.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DA POLPA.....	28
	3.4 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	29
	3.5 PROCESSAMENTO DAS GELEIAS DE PALMA.....	30
	3.6 ANÁLISES NAS GELEIAS DE PALMA.....	31
	3.6.1 Físicas e químicas.....	31
	3.6.2 Textura.....	32
	3.6.3 Microbiológicas.....	32
	3.6.4 Sensorial.....	33
	3.7 ANÁLISES DA PALMA <i>IN NATURA</i> , POLPA E GELEIA.....	34
	3.7.1 Físicas e químicas.....	34
	3.7.2 Determinação mineral.....	35
	3.7.3 Determinação de fitoquímicos.....	35
	3.7.4 Determinação da atividade antioxidante.....	36
	3.7.4.1-Capacidade de sequestro do radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH).....	36
	3.7.4.2 Capacidade de sequestrar o radical 2,2'-azino-bis-(3- etilbezotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS).....	36
	3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	37

REFERÊNCIAS	38
4 RESULTADOS	47
4.1 ARTIGO 1- Otimização do processo para obtenção de geleia de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	48
4.2 ARTIGO 2- Propriedades nutracêuticas da geleia de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>).....	80
ANEXOS	108

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com maior potencial para pesquisa com espécies vegetais do mundo, pois detém a maior e mais rica biodiversidade do planeta, distribuída em seis biomas distintos que apresentam cerca de 55.000 espécies catalogadas (LUNA; RAMOS JUNIOR, 2005). Alimentos de origem vegetal são importantes, devido seu conteúdo de micronutrientes, especialmente vitaminas e minerais, mas também pelos compostos fitoquímicos bioativos com propriedades antioxidantes (SCALBERT; WILLIAMSON, 2000; BASTOS; ROGERO; AREAS, 2009).

Nativos do México os cactos são vegetais que possuem cerca de 130 gêneros e 1500 espécies, sendo encontrados principalmente nas regiões áridas e semiáridas do novo mundo (RUSSEL; FELKER, 1987; GUEVARA-FIGUEROA et al., 2010; MORALES et al., 2012). A disponibilidade de água é o principal fator limitante nas regiões semiáridas do Nordeste do Brasil, pois a precipitação anual está concentrada em apenas três ou quatro meses consecutivos. É necessária à exploração de vegetais resistentes a sazonalidade de chuvas, como a *Opuntia ficus-indica*, cultivar gigante, que é uma das três cultivares de palma forrageira, utilizada de forma restrita na produção de forragem ou silagem, que serve como alimento animal (MENEZES; SIMÕES; SAMPAIO, 2005; PAGANO; ZANDAVALLI; ARAÚJO; 2013).

Investigações mais recentes sobre os componentes químicos e valores nutricionais da palma têm atraído a atenção da comunidade científica (FERNÁNDES-LÓPEZ et al., 2010). A “Food Agriculture Organization” (FAO) reconheceu o potencial da palma forrageira e sua importância na contribuição para o crescimento das regiões áridas e semiáridas, especialmente nos países em desenvolvimento (NOBEL, 1995).

Uma das formas para viabilizar o consumo humano da palma é agregar sabor e ampliar sua conservação por mais tempo, para isso o açúcar aliado ao aquecimento, podem ser aplicados. A geleia é por definição um produto à base de suco de frutas livres de sólidos em suspensão, que depois de previamente processado, deve apresentar equilíbrio entre pectina, açúcar e acidez para formar gel que permite que o produto apresente uma estrutura semissólida (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

A tecnologia desempenha um papel importante e dinâmico nas escolhas dos consumidores de alimentos e sua capacidade de atingir as metas das dietas. Os consumidores estão cada vez mais bem informados sobre dieta e saúde e como

resultado, o desejo por mais alimentos que ofereçam, além de conveniência, qualidade e segurança e que conceda o equilíbrio de nutrientes. Os alimentos com redução no teor de açúcar são alguns deles, pois visam à prevenção de doenças como a diabetes, obesidade ou até mesmo preocupações com a estética corporal (ABDULLAH; CHENG, 2001; BLOCK et al., 2011).

Para obter informações sobre os atributos de um produto é preciso realizar a análise sensorial que é uma ciência, utilizada para conhecer o “status afetivo” dos consumidores com relação ao(s) produto(s), e para isso podem ser utilizadas as escalas hedônicas juntamente com o teste de aceitação, que irá informar qual amostra concentrou as melhores características sensoriais (FERREIRA et al., 2000; DUTCOSKY, 2011). O teste de intenção de compra poderá esboçar o perfil mercadológico do produto.

A aplicação da ciência e tecnologia de alimentos na matéria-prima vegetal *Opuntia ficus-indica* pode contribuir com o desenvolvimento de um novo produto e/ou hábito alimentar, obtido através de um novo sabor e conhecimento das propriedades nutricionais e funcionais. Sendo assim a geleia é uma forma de viabilizar a utilização da biodiversidade e agregar valor a uma planta presente na região em todas as épocas do ano e que não é consumida pela maioria da população.

Os objetivos desta pesquisa foram desenvolver geleia de palma (*Opuntia ficus-indica*) que atenda aos parâmetros de qualidade física e química, microbiológica e sensorial, e caracterizar a geleia quanto à composição química e seu potencial antioxidante.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS, MORFOLOGIA, FISIOLOGIA E COMPOSIÇÃO

Família das cactáceas a *Opuntia ficus-indica*, cultivar gigante é originária da região central do México país que apresenta a maior diversidade de cactos do mundo (MENEZES; SIMÕES; SAMPAIO, 2005; LÓPEZ; ITA; VACA, 2009). Desde o período pré-hispânico a *Opuntia* spp. é utilizada pelos mexicanos havendo sua intensa comercialização durante o império asteca, o que tornou esse vegetal destaque na economia agrícola, juntamente com o milho e a agave (BETANCOURT-DOMÍNGUEZ et al., 2006).

A sua estrutura morfológica é diferenciada das demais plantas arbustivas, por possuir artúculos ou estruturas carnosas superpostas umas as outras, ramificada e com espinhos reunidos por aréolas que substituem as folhas. A altura pode variar de 1,5 a 3 m, seus cladódios exprimem de 30 a 80 cm de comprimento, podendo ultrapassar os 70 cm e apresentam de 18 a 25 cm de largura (PIMIENTA-BARRIOS; BARBERA; INGLESE, 1993; FEUGANG et al., 2006; KIM et al., 2013).

De forma periódica brota da superfície do vegetal o fruto da palma mais conhecido no Nordeste brasileiro, como figo da índia. A coloração do fruto varia de acordo com o estágio de maturação indo do verde ao violáceo. A porção comestível fica no interior do figo e corresponde a cerca de 45% do peso total, apresenta um sabor suave, possui polpa suculenta e translúcida, mucilagínosa, gelatinosa, aveludada, açucarada e muito aromática quando madura. As sementes pequenas e lenticulares representam de 5 a 15% do peso total do fruto (MANICA, 2002; RAMADAN; MÖRSEL, 2003).

Os segmentos de caules achatados conhecidos como raquetes, nopal ou cladódios são utilizados em alguns países na nutrição de diversas espécies de animais domésticos e selvagens. A utilização dos brotos jovens na alimentação humana se restringe ao México e a alguns países (LOPES, 2007; NOBEL; ZUTTA, 2008; RAMÍREZ-MORENO et al., 2011). Investigações no âmbito científico são realizadas para comprovar as propriedades e efeitos farmacológicos da *Opuntia* spp. que são utilizadas na medicina popular para curar doenças coronárias (ZHAO et al., 2012); asma brônquica (YANG et al., 2008); diabetes (ALARCON- AGUILAR et al., 2003; YANG et al., 2008) ação cicatrizante (ZHAO et al., 2011), doenças ulcerativas gástricas

(GALATI et al., 2001) e como anti-inflamatório (PARK; KAHNG; PAEK, 1998; PANICO et al., 2007).

A composição da *Opuntia* spp. é comparada ao de outros vegetais, entre eles: alface, alcachofra, acelga, berinjela, brócolis e rabanete. Apresenta em sua constituição cerca de 90% de água, 4-6% de carboidratos, 1% de proteína, 0,2% de lipídios, 1% de minerais e vitamina C (12,7 mg/100g). Os cladódios são ricos em hidrocolóides composto por mucilagem que é um polissacarídeo que possui potencial como aditivo para vários produtos na indústria de alimentos (FRATI-MUNARI; GORDILLO; ALTAMIRANO, 1988; SÁENZ et al., 2006).

Devido à alta diversidade genética dessa espécie, um grande número de variedades pode ser cultivado em todo o mundo e suas vantagens ecológicas podem ser atribuídas ao metabolismo ácido das crassuláceas (MAC) que permite absorção de CO₂ durante a noite, minimizando assim a perda de água durante a fotossíntese. A palma pode perder até 60% do seu teor de água antes do colapso das células. Em geral, essa adaptação permite ao cacto melhor reserva de água, sendo mais eficaz que as gramíneas superiores (De KOCK, 1980; RUSSELL; FELKER, 1987; GUEVARA-FIGUEROA et al., 2010) o que confere suculência à espécie.

2.2 COMPOSTOS COM PROPRIEDADES FUNCIONAIS

É crescente, nos últimos anos, a atenção que tem sido dada ao papel da alimentação na saúde humana, uma vez que evidências epidemiológicas apontam para a associação entre uma dieta rica em vegetais e a baixa incidência de doenças crônicas não transmissíveis. Por esta razão, os alimentos hoje não são destinados apenas para satisfazer a fome e fornecer os nutrientes necessários, mas também para prevenir doenças relacionadas com a má nutrição e melhorar o bem-estar físico e mental dos consumidores (NICOLI; ANESE; PARPINEL, 1999; BROUNS; VERMEER, 2000; MORAES; COLLA, 2006; SIRÒ et al., 2008; BETORET et al., 2011).

Com muitas vantagens e diferenças em relação a alimentos convencionais, o mercado de alimentos funcionais e produtos está crescendo constantemente em todo o mundo. Embora não exista uma definição oficial aceita para alimentos funcionais a Resolução nº 18 de 1999 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, considera que um alimento com alegação de propriedade funcional é aquele relativo ao papel

metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano.

Os alimentos funcionais representam uma das áreas da ciência de alimentos de maior interesse de investigação e inovação na indústria de alimentos, devido às substâncias químicas serem encontradas em apenas uma fração das plantas, sua aplicação tem um vasto campo de aplicação e de sua disponibilidade ser quase inesgotável para estudo. Além do baixo custo para obtenção de compostos naturais (comparados com muitos sintéticos) (JONES; JEW, 2007; SIRÒ et al., 2008; GOTTI, 2011).

São exemplos de ingredientes funcionais as vitaminas, minerais, antioxidantes, e fibras. As vitaminas e os minerais são comumente conhecidos pelos consumidores, seja como ingredientes ou como suplementos para dietas (ROCK, 2007; BORNKESSEL et al., 2014). Antioxidantes, prebióticos e probióticos requerem mais estudos devido os benefícios que se tem demonstrado sobre a saúde humana.

Antioxidante é um composto que atua protegendo o sistema biológico contra oxidações excessivas oriundas de processos ou reações que possuem efeito nocivo as células (KRINSKY, 1994). Os antioxidantes podem ser classificados de acordo com seu mecanismo de ação. Alguns compostos fitoquímicos ativos tem função antioxidante como, tocoferóis, carotenoides, ácido ascórbico, fenóis, entre outros (HURTADO-FERNÁNDEZ et al., 2010). Um grande número de publicações científicas relacionam a *Opuntia* spp. a fontes desses compostos (GALATI et al., 2003; STINTZING; REINHOLD, 2005; VALENTE et al., 2010; MOUSSA-AYOUB et al., 2011; PRETTI et al., 2014).

Os compostos fenólicos são caracterizados pela presença de um anel aromático contendo uma ou mais hidroxila, que lhes confere propriedade antioxidante. Desse grupo de compostos faz parte tanto moléculas simples como moléculas com alto grau de polimerização, que são encontradas nos vegetais tanto na forma livre, como ligada a açúcares (glicosídeos) e proteínas. Os flavonóides, ácidos fenólicos e taninos são os componentes de maior destaque (BRAVO, 1998; HURTADO-FERNÁNDEZ et al., 2010; CRAFT, 2012).

As fibras alimentares são formadas por uma série de substâncias derivadas de vegetais, resistentes à ação das enzimas digestivas humanas. Segundo a solubilidade em água, podem ser classificadas em fibras solúveis e insolúveis. Os benefícios à saúde associados às fibras dietéticas incluem: redução de glicose no sangue, diminuição do

colesterol ocasionando proteção contra doenças cardiovasculares, regulação da função intestinal, a proteção contra o câncer de cólon (SÁENZ et al., 1992; CÁRDENAS-MEDELLIN et al., 1998; K TENIOUDAKI; GALLAGHER, 2012; FOSCHIA et al., 2013).

2.3 COMPOSTOS COM PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE PALMA

São escassas as pesquisas científicas com enfoque nas propriedades funcionais dos cladódios de palma, fato que pode está relacionado com a discreta produção de alimentos utilizando esse vegetal para consumo humano. A palma possui componentes que se destacam na sua composição, como as fibras, mucilagem, minerais e substâncias bioativas, que podem atuar como ingredientes funcionais.

Cárdenas-Medellin et al. (1998) comprovaram que a ingestão de extratos da *Opuntia* spp. cru e cozido apresentaram efeitos benéficos sobre o teor do colesterol total, sem qualquer efeito secundário na taxa de glicose e lipoproteínas do sangue. Galati et al. (2001) demonstraram o potencial da mucilagem presente nos cladódios, quando essa substância foi liofilizada e administrada em cobaias que apresentaram redução em seus danos ulcerativos.

O cálcio e o potássio são minerais, encontrados em abundância na composição das cactáceas, com cerca de 50 e 18-57 mg/100 g (matéria seca), respectivamente (BATISTA et al., 2003; McCONN et al., 2004). Foi comprovada a biodisponibilidade do cálcio, após a cocção dos cladódios da *Opuntia ficus-indica*, cultivar Milpa Alta, conforme estudos de RAMÍREZ-MORENO et al. (2011) o que torna esse vegetal fonte de cálcio na dieta dos países, principalmente, daqueles em desenvolvimento.

Ayadi et al. (2009) elaboraram farinha com os cladódios da *Opuntia ficus-indica*, para a produção de pães. O resultado foi satisfatório, pois houve aumento no teor das fibras, modificações na textura e coloração do produto, devido às características da matéria-prima. Quanto à análise sensorial o produto teve resultado aceitável.

A *Opuntia ficus-indica* não está devidamente caracterizada como vegetal para consumo humano, nem quanto ao seu potencial antioxidante, o que torna relevante seu estudo mais aprofundado. A maioria das pesquisas realizadas com as cactáceas é direcionada para a produção de forragens e silagens, para o consumo de animais silvestres e domésticos e seus resultados são expressos em matéria seca. O processamento da palma em alimento humano é uma das formas de viabilizar o seu

consumo, compreender as perdas, os ganhos e compará-los com outros vegetais, em base úmida.

Pesquisa realizada por Melo et al. (2009) demonstraram que alguns vegetais quando submetidos ao cozimento mantêm sua propriedade antioxidante e que a aplicação de altas temperaturas não interfere de forma drástica na sua propriedade funcional, tornando muitos vegetais fonte potencial de antioxidante mesmo quando processados para consumo humano.

2.4 BENEFICIAMENTO DA PALMA PARA ALIMENTAÇÃO HUMANA

No México existe o consumo intensivo de brotos da palma por diversas famílias, o que caracteriza um hábito alimentar dessa população. Foi relatado por Sáenz et al. (2006) que o consumo *per capita* de cladódios pelos mexicanos é alto, aproximadamente 6 kg por ano, similar ao consumo de alface e cenoura na região. O nopal como é conhecido o cladódio da palma é muito apreciado em saladas, geleias e xaropes. O nopal em conserva tem sido exportado do México para Europa e Ásia como produto gourmet ganhando mais público e notoriedade no mercado de alimentos (PÉREZ-CACHO et al., 2006; SHETTY; RANA; PREETHAM, 2011).

A conservação de alimentos, pelo emprego do frio, calor e secagem tem por objetivo oferecer ao indivíduo alimentos e produtos alimentícios, não só dotados de qualidade nutricional, mas também organoléptica e principalmente isentos de micro-organismos nocivos e de sua toxina. A transformação de alguns alimentos em conserva permite a manutenção de características próprias da matéria-prima utilizada (EVANGELISTA, 2008).

Segundo Gava, Silva e Farias (2008) um bom agente de conservação dos produtos alimentícios é a utilização do açúcar aliado ao aquecimento. Esse procedimento quando bem sucedido aumenta a pressão osmótica e reduz a atividade de água do meio, criando condições desfavoráveis para o crescimento e reprodução da maioria das espécies de micro-organismos.

Mesmo apresentando uma vasta diversidade de uso e aplicações, a palma forrageira, não têm sido explorada plenamente. Portanto, muitas oportunidades têm sido desperdiçadas para melhoria dos índices de desenvolvimento social e econômico, principalmente no Nordeste do Brasil, onde a geração de novos postos de trabalho, renda, oferta de alimentos e preservação ambiental precisam ser melhorados

(BARBERA, 2001; CHIACCHIO; MESQUITA; SANTOS, 2006). Uma das formas de viabilizar o consumo da palma pela população humana é a produção de geleia, que agregará valor à matéria-prima e manterá as possíveis propriedades funcionais por mais tempo à disposição do consumidor.

As geléias são o segundo produto em importância comercial para a indústria de conservas de frutas no Brasil. A Associação Brasileira da Indústria de Alimentação em 2005, divulgou a existência de 550 empresas e que geravam mais de 15 mil empregos na fabricação de doces e geleias (BRASIL, 2007). O Instituto Brasileiro de Frutas destacou o aumento de 50% no volume de frutas processadas em geleias e marmeladas de diversas frutas para o mercado externo em 2010, em relação ao ano anterior (BRASIL, 2011)

2.5 GELEIA

As Normas Técnicas Relativas à Alimentos e Bebidas contidas na Resolução nº12 de 1978 informam que a geleia é um produto que pode apresentar frutas, sucos ou polpas, além de frutas inteiras, partes ou pedaços. A presença de açúcar pode variar e ingredientes como pectina e ácidos podem ser adicionados à preparação. Após o processamento a geleia deve apresentar estado semissólido quando extraída de seu recipiente.

As geleias podem ser divididas em comum e extra. A geleia comum é preparada na proporção de 40 partes de frutas frescas, ou seu equivalente, para 60 partes de açúcar. A geleia caracterizada como extra, utiliza a proporção de 50 partes de frutas frescas, para 50 partes de açúcar (BRASIL, 1978).

Apesar de ter uma quantidade de açúcar pré-estabelecida pela legislação brasileira, muitos trabalhos estão sendo realizados no Brasil e no mundo visando à redução de açúcar em preparações culinárias, pois os consumidores estão ficando cada vez mais conscientes sobre a relação entre hábitos alimentares e risco de doenças como a obesidade, o diabetes ou até mesmo a preocupação com a estética corporal. Esses fatos geram o desenvolvimento de novos alimentos para satisfazer exigências do novo mercado de consumo.

Mesmo modificando a quantidade de açúcar no processamento da geleia de modo geral as fases são: recepção da matéria-prima, seleção, lavagem, sanitização, corte, extração do suco, clarificação, adição do açúcar, concentração, determinação dos

sólidos solúveis, acondicionamento e tratamento térmico. Algumas dessas fases podem ser desnecessárias para algumas frutas, enquanto para outras, há necessidade de se acrescentar mais algumas (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

A calda deve ser concentrada até atingir a concentração ideal de sólidos solúveis e que ele seja suficiente para ocorrer a geleificação durante o resfriamento. No rótulo deve conter a denominação genérica “geleia”, seguida de sua fruta de origem e poderá conter a palavra extra, quando satisfizer as condições exigidas pela Resolução n°12 de 1978.

2.6 COMPONENTES PARA FABRICAÇÃO DA GELEIA

O termo “frutas” abrange frutos e partes comestíveis de vegetais, incluindo gengibre, tomate, ruibarbo, castanha entre outras. As frutas mais indicadas para geleias são aquelas ricas em pectina e ácido, as que são ricas em pectina ou em ácido ou deficiente em ambos, conforme a necessidade, a complementação é feita com ácido ou pectina comercial, adicionadas dentro de um limite pré-estabelecido pela resolução n°12 de 1978.

As pectinas são polissacarídeos ramificados compostos de ácido poligalacturônico parcialmente esterificado com grupos metoxila. Podem ser isoladas a partir das paredes de células de plantas superiores e são bastante utilizadas como agentes de geleificação ou espessantes importante para a indústria alimentar. Elas são normalmente aplicadas em compotas e geleias, por causa do seu fenômeno coloidal, complexo e controlado, que depende dos seguintes parâmetros externos: temperatura, qualidade da pectina, pH, quantidade de açúcar e íons de cálcio e outros solutos (KASTNER et al., 2014).

Esses polissacarídeos são responsáveis pela formação de géis e o poder de geleificação está relacionado com o grau de metoxilação. Com 50% acima do grau de metoxilação o poder de geleificação é alto na presença de açúcares e ácidos, enquanto com menos de 50% do grau de metoxilação é possível ocorrer a geleificação na ausência de açúcares e na presença de alguns íons metálicos. A quantidade de pectina depende da sua qualidade, se apresentar uma boa estrutura o teor de pectina deve ser de 1% (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

A função do acidulante é promover a redução do pH beneficiando, desta maneira, a formação do gel (BOBBIO; BOBBIO, 2001). A quantidade do ácido

depende do pH da matéria-prima utilizada, sendo indicada uma faixa de pH de 3,2 a 3,7, como ideal (MOURA; TAVARES, 2011). O ácido cítrico é o mais utilizado para correção da acidez nas geleias, porém outros ácidos podem ser usados como o málico, láctico e o tartárico (LOPES, 2007).

Para a obtenção das geleias tradicionais o açúcar é o constituinte indispensável. São utilizados açúcares solúveis, como sacarose, glucose, frutose, entre outros. Quanto maior o poder geleificante da pectina presente ou adicionada, maior a quantidade de açúcar que pode ser adicionada (OETTERER; REGITANDO-D'ARCE; SPOTO, 2006). O teor de sólidos solúveis que deve ser encontrado nas geleias do tipo comum e extra é de 62-65 °Brix (BRASIL, 1978). O açúcar adicionado age no equilíbrio pectina-água e desestabiliza a pectina, formando um emaranhado semelhante a uma rede, capaz de suportar líquidos (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

Um dos conservantes empregados na conservação de geleia é o sorbato, usado na forma de sais de cálcio, sódio e potássio. O sorbato de potássio atua inibindo bolores e leveduras, além de ser o mais utilizado na produção de geleias. A ANVISA recomenda a concentração de até 0,1% desse conservante sozinho ou em combinação entre os ácidos benzóicos, benzoatos de potássio ou de cálcio (BRASIL, 2011).

2.7 ANÁLISE SENSORIAL

O desenvolvimento de novos produtos tem estreita relação com as necessidades e tendências ou modas de consumo da massa consumidora que favorecem rápidas tomadas de decisão das indústrias de alimentos para atender às mudanças do mercado consumidor. Um exemplo claro é a aquisição de alimentos que apresentam maior equilíbrio de nutrientes (menos teor de gordura ou açúcar). Para o cliente não importa que o produto possua excelentes características químicas, físicas ou microbiológicas se a característica sensorial desse produto não preencher suas necessidades e anseios (De PENNA, 1999; ABDULLAH; CHENG, 2001; MINIM, 2006).

Os testes de aceitação avaliam o produto ou produtos numa escala de aceitabilidade e ordenam ou avaliam os principais atributos que determinam a aceitação do produto (STONE; SIDEL, 2004). Enquanto a intenção de compra é um processo decisório complexo, influenciado por vários fatores, sendo as características sensoriais determinantes na sua decisão (GUERRERO et al., 2000).

No teste de aceitação o provador utiliza uma escala hedônica para expressar a aprovação do produto. As amostras são apresentadas de maneira inteiramente ao acaso aos provadores e perguntam-lhes sobre a aceitação entre elas, baseados na escala dos atributos os provadores sinalizam se gostam ou desgostam do produto. Os principais parâmetros observados são cor, textura, sabor e aspecto global do produto. O teste de intenção de compra é similar ao teste de aceitação podendo reduzir o tamanho da escala hedônica e a resposta abrange desde certamente compraria ao certamente não compraria (DUTCOSKY, 2011).

A análise sensorial é realizada em função das respostas transmitidas pelos indivíduos às várias sensações que se originam de reações fisiológicas e são resultantes de certos estímulos, gerando a interpretação das propriedades intrínsecas dos produtos. A utilização da análise sensorial esboça a percepção do cliente e assim será obtido o produto com a melhor qualidade gustativa para as demais análises a serem realizadas (STONE; SIDEL, 2004).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATÉRIA-PRIMA

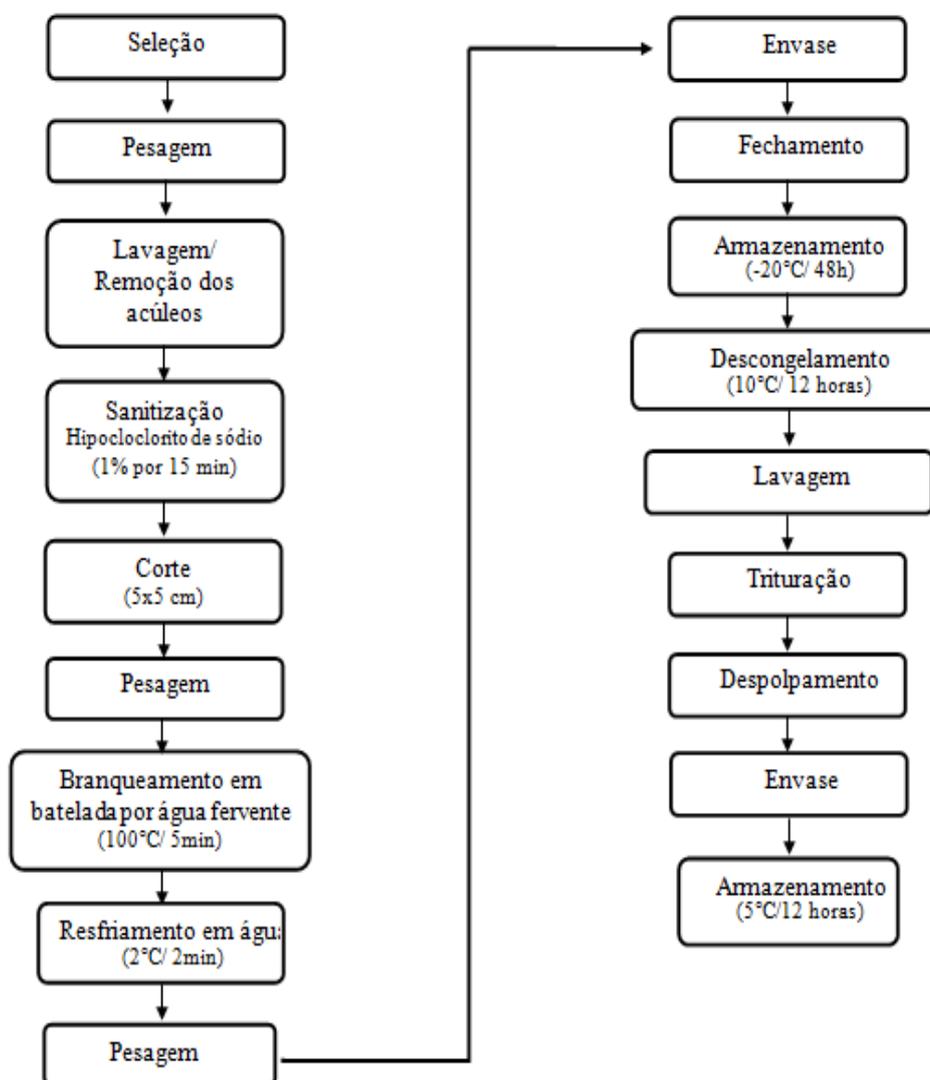
Os cladódios de palma (*Opuntia ficus-indica*) foram colhidos ao amanhecer com o auxílio de luvas e faca de uma área de cultivo particular, localizada na cidade de Alagoa Grande-PB, no brejo paraibano com coordenadas latitude: 7° 09' 30" S, longitude: 35° 37' 48" W e altitude 143 m. Os cladódios foram selecionados de acordo com o tamanho para comercialização do broto jovem, com $22,5 \pm 7$ cm de comprimento e 20 ± 5 cm de largura. Em seguida foram acondicionados em sacos de polietileno de alta densidade e transportados para o Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos Fruto-hortícolas da Universidade Federal da Paraíba.

Para o processamento das geleias foram adquiridos no comércio local, da cidade do Recife-PE, sacarose e sorbato de potássio ($C_6H_7KO_2$) (Kerry), enquanto que a pectina de alto poder de metoxilação (CP Kelpo) e o ácido cítrico anidro ($C_6H_8O_7$) (DINÂMICA, Química contemporânea) foram cedidos pela Predilecta Alimentos Ltda (Brasil).

3.2 PREPARO DA AMOSTRA

O processo para a obtenção da polpa de palma seguiu o fluxograma apresentado na Figura 1. Inicialmente os cladódios foram selecionados considerando a sua integridade física, seguida da pesagem, lavagem, retirada dos acúleos, sanitização em solução de hipoclorito de sódio a 1% por 15 minutos, corte (5x5 cm), pesagem, branqueamento com imersão em batelada em água (100 °C por 5 minutos) para inativar enzimas, resfriamento a 2 °C para interromper o cozimento, pesagem, envase em sacos de polietileno de alta densidade com aproximadamente 700 g, fechamento e armazenamento em congelador horizontal (modelo CHB53C- Consul) a - 20 °C por 48 horas, tempo necessário para ocorrer a maior formação dos cristais de gelo. O descongelamento que ocorreu a 10 °C por 12 horas favoreceu a exsudação do muco que foi retirado na etapa da lavagem. Em seguida houve trituração (triturador basculante, modelo Poli LB-15 com capacidade de 15L), despulpamento (despulpadeira horizontal da marca Hauber, constituída de aço inoxidável, modelo DN JI 05, 20 a 200 Kg/hora), envase em sacos de polietileno de alta densidade, fechamento e armazenamento em refrigerador vertical, com temperatura de 5 °C, por 12 horas.

Figura 1- Fluxograma de preparo da polpa de palma (*Opuntia ficus-indica*)



3.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DA POLPA

Os procedimentos metodológicos para contagem de coliformes a 45 °C, *Staphylococcus* coagulase positiva e *salmonella* spp. seguiram as recomendações da American Public Health Association (APHA, 2001). Os dados obtidos foram confrontados com os parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira para polpas de frutas (BRASIL, 2001) por ser esses produtos os mais próximos da polpa de palma.

- Coliformes a 45 °C: empregou-se a técnica de tubos múltiplos em Caldo CLBVB (coliformes totais) e em caldo EC (coliformes termotolerantes). Os resultados foram expressos em Número Mais Provável por grama da amostra (NMP/g).

- *Staphylococcus coagulase* positiva: utilizou-se o método de contagem “Spread-plate” em Agar Baird Parker (BP). As placas foram incubadas, em estufa, a 35-37 °C, por 24-48 horas. Os resultados foram expressos em Unidade Formadora de Colônia por grama da amostra (UFC/g).

- *Salmonella* spp.: utilizou-se o meio de cultura (Agar Verde Brilhante e Agar *Salmonella-Shigella-SS*). Os meios foram inoculados através de estrias e incubados a 35-37 °C, por 24 horas.

3.4 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Para otimização no processamento da geleia de palma foi utilizado o planejamento fatorial 2^3 , com 3 repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios. Os níveis codificados e decodificados encontram-se na Tabela 1. O planejamento fatorial foi empregado com o objetivo de avaliar a influência das variáveis independentes: concentração de sacarose em relação à concentração de polpa (S/P), concentração de pectina (P) e concentração de ácido cítrico (A). As variáveis dependentes analisadas foram: atividade de água (A_w), pH, parâmetros de cor instrumental (Luminosidade, cromaticidade a^* e b^*), Textura (T), sólidos solúveis (SS) e acidez titulável das geleias de palma.

Tabela 1- Concentrações de sacarose/polpa, ácido cítrico e pectina

Variáveis	Nível -1	Nível 0	Nível +1
Sacarose/Polpa (%)	35/65	40/60	45/55
Ácido cítrico (%)	0,55	0,65	0,75
Pectina (%)	0,5	0,60	0,7

Os valores das variáveis independentes foram estabelecidos tendo como base experimentos preliminares que consideraram a concentração de sacarose e polpa definida por MACIEL et al. (2009) para geleias mistas de frutas com redução de sacarose e o percentual de pectina estabelecido pela legislação brasileira (BRASIL, 1978) e especificação do fabricante (CP KELCO, 2007). O percentual de ácido cítrico foi definido considerando uma curva de acidificação (MOURA; TAVARES, 2011). A utilização do sorbato de potássio foi fixa em 0,05% para todas as formulações obedecendo aos limites da legislação brasileira (BRASIL, 2007; BRASIL, 2009).

Os ensaios foram executados em ordem aleatória e as variáveis dependentes foram analisadas em triplicata. Os resultados obtidos foram ajustados de acordo com o seguinte polinômio:

$$\gamma = \beta_0 + \beta_1 S/P + \beta_2 A + \beta_3 P + \beta_{12} S/P A + \beta_{13} S/P P + \beta_{23} A P + S/P A P$$

Sendo:

γ = variável resposta;

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_{12}, \beta_{13}$ e β_{23} = estimadores dos parâmetros do modelo;

S/P = Sacarose/Polpa (variáveis independentes)

A = Ácido cítrico (variáveis independentes)

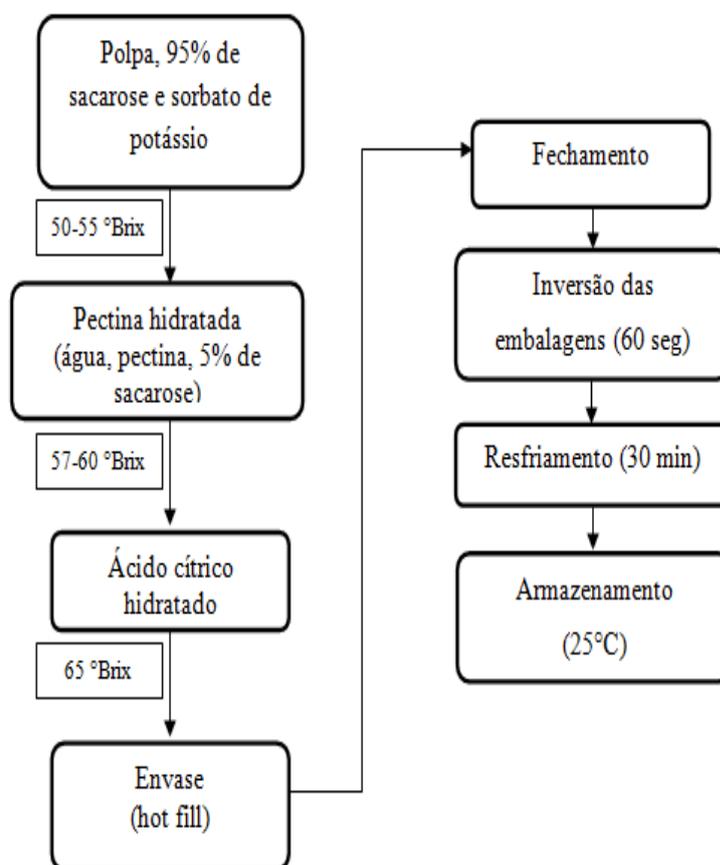
P = Pectina (variáveis independentes)

Nos casos em que houve diferença estatisticamente significativa foram geradas as superfícies de resposta, a fim de visualizar a faixa de otimização do processo. Os cálculos de variância e os gráficos foram obtidos utilizando o programa STATISTICA[®] versão 5.0.

3.5 PROCESSAMENTO DAS GELEIAS DE PALMA

Em um tacho aberto de aço inoxidável, a polpa, 95% da sacarose e o sorbato de potássio foram aquecidos sob agitação até que a concentração dos sólidos solúveis atingisse 50-55 °Brix. A pectina previamente hidratada (água- pectina- 5% da sacarose) com auxílio de um *mix* (Walita) foi adicionada a mistura do tacho que continuou sendo aquecida sob agitação até atingir a concentração de 57- 60 °Brix, momento em que foi adicionado o ácido cítrico hidratado e dado continuidade ao aquecimento da formulação até atingir aproximadamente 65 °Brix. Em seguida a geleia foi envasada em potes de vidro (250 g) previamente esterilizados, que foram tampados e invertidos por 60 segundos, para formação do vácuo e submetidos ao resfriamento em água por 30 minutos de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 2.

Figura 2- Fluxograma do processamento das geleias de palma (*Opuntia ficus-indica*)



3.6 ANÁLISES DAS GELEIAS DE PALMA

3.6.1 Físicas e químicas

Após armazenamento por 3 dias a 25 °C as geleias foram submetidas as análises físicas e químicas e aquelas que apresentaram-se conforme os parâmetros de qualidade de geleia foram submetidas às análises microbiológicas e a análise sensorial. As determinações de atividade de água, pH, cor instrumental (luminosidade, cromaticidade a^* e b^*), textura, sólidos solúveis e acidez titulável foram realizadas em triplicata e seguiram metodologias descritas pela AOAC (2005).

- Atividade de água (A_w): quantificada através de higrômetro Aqua-Lab digital, modelo 4 TE (Decagon devices, EUA) e as leituras foram realizadas na temperatura de $25 \pm 0,5$ °C;

- pH: utilizando-se potenciômetro digital (Tecnal, modelo TEC-5);

- Cor instrumental: realizada com o auxílio do colorímetro eletrônico Minolta, modelo, CR-10 (Minolta Co., Osaka, Japão). Obtendo-se os parâmetros L^* que define a luminosidade ($L^* = 0$ – preto e $L^* = 100$ – branco) e a^* e b^* responsáveis pela cromaticidade ($+a^*$ vermelho e $-a^*$ verde; $+b^*$ amarelo e $-b^*$ azul). Operando conforme especificações da International Commission on Illumination (CIE, 1996).

- Sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix): leitura foi obtida à temperatura de 20 $^{\circ}$ C com o uso do refratômetro portátil Refractometer HI 96801 (Hanna instruments, EUA).

- Acidez titulável: baseada na neutralização da amostra com solução padrão de NaOH 0,1 N expressa em equivalente de ácido cítrico (%) determinada por titulometria.

3.6.2 Textura

Efetuada por observação direta utilizando uma escala não estruturada de 9 cm, ancorada nos extremos direito e esquerdo com os termos gel firme e gel fraco, respectivamente. Os valores próximos a 4,5 cm indicam que a geleia apresentou textura semissólida que é a indicada para o produto.

3.6.3 Microbiológicas

Após armazenamento de 7 dias a 25 $^{\circ}$ C as geleias que apresentaram os melhores parâmetros de qualidade físico e químico foram submetidas às análises microbiológicas para contagem de coliformes a 45 $^{\circ}$ C, bolores e leveduras, segundo as recomendações estabelecidas para geleias pela legislação brasileira (BRASIL, 2001).

Além das análises preconizadas pela legislação vigente, incluíram-se as análises de *Staphylococcus coagulase* positiva e de *Salmonella* spp. com objetivo de melhor avaliar as práticas de fabricação. A metodologia seguiu os padrões da American Public Health Association (APHA, 2001). Os resultados foram confrontados com os parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira de geleias de frutas (BRASIL, 2001), por ser esse produto o mais próximos de geleia de palma.

- Coliformes a 45 $^{\circ}$ C: empregou-se a técnica de tubos múltiplos em Caldo CLBVB (coliformes totais) e em caldo EC (coliformes termotolerantes). Os resultados foram expressos em Número Mais Provável por grama da amostra (NMP/g).

- Bolores e leveduras: aplicada a técnica de plaqueamento em superfície em Agar Sabouraud. Os resultados foram expressos em Unidade Formadora de Colônia por grama da amostra (UFC/g).

- *Staphylococcus coagulase* positiva: utilizou-se o método de contagem “Spread-plate” em Agar Baird Parker (BP). As placas foram incubadas, em estufa, a 35-37 °C, por 24-48 horas. Os resultados foram expressos em Unidade Formadora de Colônia por grama da amostra (UFC/g).

- *Salmonella* spp.: utilizou-se o meio de cultura (Agar Verde Brilhante e Agar *Salmonella-Shigella-SS*). Os meios foram inoculados através de estrias e incubados a 35-37 °C, por 24 horas.

3.6.4 Sensorial

Para compor o painel de julgadores foi realizado um recrutamento por meio da aplicação de um questionário (ANEXO A). Os principais critérios de escolha dos julgadores foram à ausência de doenças relacionadas ao consumo de sacarose, o consumo de doces (geleias, compotas, conservas de frutas e afins) e a disponibilidade de degustar geleias de palma. Participaram dessa etapa 85 possíveis julgadores, dos quais foram selecionados 60 provadores (17 mulheres e 43 homens). Os integrantes deste grupo foram alunos, funcionários e visitantes da Universidade Federal da Paraíba, campus *III*, Bananeiras.

As formulações que apresentaram as melhores características de qualidade foram submetidas ao teste de aceitação e de intenção de compra (STONE; SIDEL, 2004) utilizando painel de julgadores, não treinados, formado por possíveis consumidores de geleia de palma. Foram avaliados os atributos cor, aroma, sabor doce, sabor ácido, textura e aspecto global utilizando uma escala hedônica de categoria verbal de nove pontos, com escores variando de 9 (gostei muitíssimo) até 1 (desgostei muitíssimo). A intenção de compra do produto foi avaliada usando-se uma escala estruturada de cinco pontos variando de 5 (certamente compraria) até 1 (Certamente não compraria) com os mesmos possíveis consumidores.

As amostras de geleia (10 g) foram servidas em temperatura ambiente 22 ($\pm 1^\circ\text{C}$), em copos descartáveis brancos codificados com três dígitos aleatórios, acompanhadas de bolacha tipo água e sal, o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (ANEXO B) e a ficha de avaliação (ANEXO C).

A pesquisa foi submetida à avaliação e apreciação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde/UFPB e aprovada, CAAE: 1234131.7.0000.5183 (ANEXO D).

3.7 ANÁLISES DA PALMA *IN NATURA*, POLPA E GELEIA

3.7.1 Físicas e químicas

Com a finalidade de caracterizar os cladódios *in natura*, polpa e geleia de palma foram realizadas as seguintes determinações analíticas, segundo a metodologia, a seguir:

- Umidade: utilizando secagem sob infravermelho (Marconi-ID50), método descrito pela AOAC (2005);

- Cinzas: obtidas com a incineração em mufla a 550 °C até peso constante, método descrito pela AOAC (2005);

- Proteínas: pelo método Kjeldhal utilizando o fator 5,75 recomendado para proteínas de vegetais, como descrito pela AOAC (2005);

- Lipídios: por extração a frio de acordo com técnica descrita por Bligh e Dyer (1959);

- Carboidratos: calculados por diferença (100 - % água- % de lipídios- % de proteína- % de cinza);

- Valor calórico total foi calculado utilizando os coeficientes de ATWATER que considera 4 kcal/g para proteínas e carboidratos e 9 kcal/g para os lipídios (MERRILL; WATT, 1973);

- Açúcares totais (em frutose): detectados nos cladódios e na polpa pelo método da hidrólise das hexoses pelo ácido sulfúrico concentrado, descrito por Yemn e Willis (1954);

- Açúcares redutores e não redutores: utilizada para geleias a metodologia de Lane-Eynon, método descrito pela AOAC (2005);

- Atividade de água (A_a): quantificada através de higrômetro Aqua-Lab digital, modelo 4 TE (Decagon devices, EUA) e as leituras foram realizadas na temperatura de $25 \pm 0,5$ °C;

- pH: mensurado pelo método potenciométrico, através de medidor digital (modelo TEC-2);

- Sólidos solúveis (°Brix): determinados com o uso do refratômetro portátil (Refractometer HI 96801 Hanna);

- Acidez total titulável: baseada na neutralização da amostra com solução padrão de NaOH 0,1 N determinada por titulometria. Expressa em equivalente de ácido málico para o cladódio e polpa, enquanto equivalente a ácido cítrico para geleia de palma e

- Atividade de água (A_w): quantificada através de higrômetro Aqua-Lab digital, modelo 4 TE (Decagon devices, EUA) e as leituras foram realizadas na temperatura de $25 \pm 0,5$ °C;

3.7.2 Determinação mineral

A digestão nitro-perclórica seguiu metodologia descrita por Sarruge e Haag, (1974). Fósforo por colorimetria pelo método do ácido ascórbico (BRAGA; DeFELIPO, 1974). O potássio por fotometria de chama e os minerais cálcio, magnésio, ferro, cobre, zinco e manganês por espectrofotometria de absorção atômica e o enxofre por turbidimetria (ALVAREZ et al., 2001). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.7.3 Determinação de fitoquímicos

- Compostos fenólicos totais: foi utilizado o reagente Folin Ciocalteu, segundo metodologia descrita por Wettasinghe e Shahidi (1999) e curva padrão de ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg de fenólicos totais em equivalente de ácido gálico por 100g da amostra.

- Flavonóides totais: foi utilizada solução de nitrito de sódio 5%, cloreto de alumínio a 10% e hidróxido de sódio 1M, o volume final aferido para 50 mL e absorbância imediatamente registrada a 510 nm, segundo o método descrito por Dewanto et al. (2002) e curva padrão de catequina. Os resultados foram expressos em μ g em equivalente de catequina por 100 g da amostra.

- Taninos condensados: quantificados empregando método descrito por Tiitto-Julkunen (1985). Os resultados foram expressos em mg de taninos condensados em equivalente de catequina por 100 g de amostra.

- Clorofila total: determinado após trituração e maceração da amostra utilizando acetona 80% para extração do pigmento que após repouso foi filtrada e absorbância

registrada em espectrofotômetro no comprimento de onda de 663 e a 645nm conforme método descrito por Arnon (1949).

- Ácido ascórbico: quantificado por titulometria, utilizando 2,6 diclorofenol indofenol, segundo metodologia da AOAC (2005).

3.7.4 Determinação da atividade antioxidante

3.7.4.1-Capacidade de sequestro do radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH)

A capacidade dos extratos de sequestrar o radical DPPH foi determinada utilizando-se o método descrito por Brand-Williams et al. (1995), modificado por Miliauskas et al. (2004). Extratos com diferentes concentrações de fenólicos totais foram adicionados à solução de DPPH em metanol a 0,1M, atingindo a concentração final de fenólicos totais de 45, 91 e 136 $\mu\text{g.mL}^{-1}$, respectivamente e absorvância registrada a 515 nm, em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650 PC) até a reação atingir o platô. A capacidade de sequestrar o radical DPPH foi expressa em percentual, calculada em relação ao controle (sem antioxidante) de acordo com a seguinte Equação 1:

$$\% \text{ de inibição} = \frac{\text{Taxa de degradação do controle} - \text{taxa de degradação da amostra}}{\text{Taxa de degradação do controle}} \quad (1)$$

3.7.4.2 Capacidade de sequestrar o radical 2,2'-azino-bis-(3-etilbezotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS^{•+})

A capacidade de sequestrar o radical ABTS^{•+} foi determinada segundo o método descrito por RE et al. (1999). O radical ABTS^{•+} foi gerado a partir da reação da solução aquosa de ABTS^{•+} (7mM) com 2,45 mM de persulfato de potássio. Esta solução foi mantida ao abrigo da luz, em temperatura ambiente por 16 horas. Em seguida, a solução do radical foi diluída em etanol até obter uma medida de absorvância de $0,7 \pm 0,05$, em comprimento de onda de 734 nm. Os extratos com diferentes concentrações de fenólicos totais foram adicionadas a solução do ABTS^{•+} e a absorvância medida, após 6 minutos,

em espectrofotômetro (Shimadzu UV- 1650 PC). A capacidade antioxidante da amostra foi calculada em relação à atividade do antioxidante sintético Trolox (6- hidroxí-2,5,7,8- tetrametilcromo- 2 ácido carboxílico), nas mesmas condições, e foram expressos em atividade antioxidante equivalente ao Trolox ($\mu\text{Mol TEAC. g}^{-1}$ de geleia).

3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados resultantes dos efeitos das variáveis independentes foram submetidos à análise de variância. Os resultados que foram estatisticamente significativos foram averiguados empregando a Metodologia de Superfície de Resposta, utilizando o programa *Statistica*® versão 5.0.

Para os resultados da análise sensorial, composição química, mineral, fitoquímicos e antioxidantes foi utilizado o programa computacional *Assistat* versão 7.5 beta onde os valores obtidos foram submetidos ao teste de Tukey (SILVA; AZEVEDO, 2009).

REFERÊNCIAS

ABDULLAH, A.; CHENG, T. C. Optimization of reduced calorie tropical mixed fruits Jam. **Food Quality and Preference**, v. 12, p 63-68, 2001.

ALARCON-AGUILAR; F. J.; VALDES-ARZATE, A.; XOLALPA-MOLINA, S.; BANDERAS-DORANTES, T.; JIMENEZ-ESTRADA, M.; HERNANDEZ-GALICIA, E.; ROMAN-RAMOS, R. Hypoglycemic activity of two polysaccharides isolated from *Opuntia ficus-indica* and *O. streptacantha*. **Proceedings of the Western Pharmacology Society**, v.46, pp. 139–142, 2003.

ALVAREZ, V. V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO JR. E. S.; SOUZA, R. B.; FONSECA, C. A. **Métodos de análises de enxofre em solos e plantas**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 131p.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 18th ed. Washington DC USA, 2005.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 4^a ed. Washington, USA, 2001.

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxylase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Maryland, 24 (1), p. 1-15, 1949.

AYADI, M. A.; ABDELMAKSoud, W.; ENNOURI, M.; ATTIA, H. Cladodes from *Opuntia ficus indica* as a source of dietary fiber: effect on dough characteristics and cake making. **Industrial Crops and Products**, v. 30, p. 40-47, 2009.

BARBERA, G. História e importância econômica e agroecológica. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARRIOS, Paolo (Eds.). **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. FAO/ Sebrae, p. 1-11, 2001.

BASTOS, D.H.M.; ROGERO, M.M.; AREAS, J.A.G. Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 53, n. 5, 2009.

BATISTA, A. M., MUSTAFA, A. F., MCALLISTER, T., WANG, Y., SOITA, H., MCKINNON, J. J. Effects of variety on chemical composition, in situ nutrient disappearance and in vitro gas production of spineless cacti. **Journal of the Science of Food Agriculture**, v. 83, p. 440–445, 2003.

BETANCOURT-DOMÍNGUEZ, M. A.; HERNÁNDEZ-PÉREZ, T.; GARCÍA-SAUCEDO, P.; CRUZ-HERNÁNDEZ, A.; PAREDES-LÓPEZ, O. Physico-chemical changes in cladodes (nopalitas) from cultivated and wild cacti (*Opuntia* spp.). **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 61, p.115-119, 2006.

BETORET, E.; BETORET, N.; VIDAL, D.; FITO, P. Functional foods development: trends and technologies. **Trends in Food Science and Technology**, v. 22, pp. 498–508,

2011.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BLOCK, L. G., GRIER, S. A., CHILDERS, T. L., DAVIS, B., EBERT, J. E. J., KUMANYIKA S., LACZNIAK R. N., MACHIN, J. E., MOTLEY, C.M., PERACCHIO, L., PETTIGREW, S., SCOTT, M. VAN GINKEL BIESHAAR, M. N. G. From nutrients to nurturance. A conceptual introduction to well-being. *Journal of Public Policy and Marketing*, v. 30 (1), pp. 5–13, 2011.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 3º ed. São Paulo: Varela, 2001. 35 p.

BORNKESSEL, S.; BRÖRING, S.; OMTA, S. W. F.; TRIJP, H. V. What determines ingredient awareness of consumers? A study on ten functional food ingredients. *Food Quality and Preference*, v. 32 (C), p. 330-339, 2014.

BRAGA, J. M.; DeFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica do fósforo em extrato de solo e plantas. *Revista Ceres*, v. 21, p. 73-85, 1974.

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

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Resolução de Diretoria Colegiada nº12, de 24 de Julho de 1978. Normas Técnicas Relativas a Alimentos e Bebidas. **Diário Oficial [da] Republica Federativa da Brasil**, Brasília, DF, 1978.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Resolução- RDC Nº 19, de 30 de abril de 1999. Alimentos com alegação funcional e ou de saúde aprovados. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1999.

BRASIL. ANVISA. Resolução Normativa nº 12. Regulamento Técnico sobre os Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial [da] Republica Federativa da Brasil**, Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Resolução- RDC Nº 65, de 04 de outubro de 2007. Atribuição de aditivos alimentares, suas funções e seus limites máximos para geleias (de fruta, de vegetais, de mocotó e com informação nutricional complementar de baixo ou reduzido valor energético). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Ministério da Educação e Secretária de Educação e Profissional e Tecnológica. Novembro de 2007. Doces e geleias. Disponível em:<<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000009567.pdf>> Acesso em: 20/junho/2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Resolução- RDC N° 28, de 26 de maio de 2009. Atribuição de aditivos alimentares, suas funções e seus limites máximos para geleias (de fruta, de vegetais, de mocotó e com informação nutricional complementar de baixo ou reduzido valor energético). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2009.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS- IBRAF. **Estatística frutas processadas**. 2011. Disponível em:<http://www.ibraf.org.br/estatisticas/Export_Processadas/Comparativo_das_Exporta%C3%A7%C3%B5es_Brasileiras_de_Frutas_Processadas_2010-2009.pdf> Acesso em: 20/maio/2012.

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

BROUNS, F.; VERMEER, C. Functional ingredients for reducing the risks of osteoporosis. **Trends in Food Science and Technology**, v. 11, pp. 22–33, 2000.

CÁRDENAS- MEDELLÍN, M.; SERNA SALDÍVAR, S.; VELAZCO DE LA GARZA, J.; Efecto de La ingestión de nopal crudo y cocido (*Opuntia ficus indica*) en el crecimiento y perfil de colesterol total, lipoproteínas y glucosa em sangre de ratas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 48, p. 317-323, 1998.

CHIACCHIO, F. B.; MESQUITA, A. S.; SANTOS, J. R. Palma forrageira: uma oportunidade econômica ainda desperdiçada para o semiárido baiano. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 3, 2006.

CIE e Commission Internationale de l'Éclairage (1996). **Colourimetry** (2nd ed.). Vienna: CIE Publication. **Dairy Journal**, v. 11, p. 175-179, 2001.

CP KELCO BRASIL S/A. A Huber Company. **Pectinas: Especificações técnicas**. Limeira, SP, p. 6, 2007.

CRAFT, B. D; KERRIHARD, A. L.; AMAROWICZ, R.; PEGG, R. B. Phenol – based antioxidants and the in vitro methods used for their assessment. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, n. 2, p. 148-173, 2012.

De KOCK, G.C. Drought resistant fodder shrub crops in South Africa. In: **Browse in Africa: The Current State of Knowledge**. (H.N. Le Houerou ed.), International Livestock Center for Africa, Addis Ababa, Ethiopia, 1980.

DE PENNA, E. W. **Metodos sensoriales y sus aplicaciones**. Avances en análisis sensorial. ALMEIDA, T. C. A.; HOUGH, G.; DAMÁSIO, M. H.; SILVA. M. A. A. P. (Orgs). CYTED. São Paulo. p. 13-22. 1999.

DEWANTO, V.; WU, X.; ADOM, K. K.; LIU, R. H. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 10, p. 3010-2014, 2002.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. 3° edição revisada e ampliada.

Curitiba: Champagnat, 2011, 243-246 pp.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo. Editora: Atheneu, 2008. 102 p.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A.; ALMELA, L.; OBÓN J. M.; CASTELLAR. Determination of antioxidant constituents in Cactus Pear Fruits. **Plant foods for human nutrition**. v. 65, n. 3, p. 253-259, 2010.

FERREIRA, V. L. P.; ALMEIDA T. C. A.; PETTINELLI M. L. C. V.; CHAVES J. B. P.; BARBOSA E. M. M. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos**. Manual: série qualidade. Campinas, SBCTA, 2000. 127p.

FEUGANG, J; KONARSKI, P; ZOU, D; STINTZING, F.C; ZOU, C. Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. **Frontiers in Bioscience** v. 11, p. 2574- 2589, 2006.

FOSCHIA, M.; PERESSINI, D.; SENSIDONI, A.; BRENNAN, C. S. The effects of dietary fibre addition on the quality of common cereal products. **Journal of Cereal Science**, v. 58 (2), p. 216- 227, 2013.

FRATI-MUNARI A. C.; GORDILLO, B. E.; ALTAMIRANO, P. Hypoglycemic effect of *Opuntia streptacantha* Lemaire in NIDD. **Diabetes Care**, v. 11, p. 63-67, 1988.

GALATI, E. M.; MONFORTE, M. T.; TRIPODO, M. M.; D'AQUINO, A.; MONDELLO, MR. Antiulcer activity of *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. (Cactaceae): ultrastructural study. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 76, pp. 1-9, 2001.

GALATI, E.; MONDELLO, M.; GIUFFRIDA, D.; DUGO, G.; MICELI, N.; PERGOLIZZI, S. Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus indica* (L.) mill. fruit juice: Antioxidant and antiulcerogenic activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, pp. 4903–4908, 2003.

GAVA, A. J; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008, 364-373 p.

GOTTI, R. Capillary electrophoresis of phytochemical substances in herbal drugs and medicinal plants. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 55, p. 775-801, 2011.

GUERRERO, L.; COLOMER, Y.; GUÀRDIA, M. D.; XICOLA, J.; CLOTET, R. Consumer attitude towards store brands. **Food Quality and Preference**, v. 11, n. 5, p. 387-395, 2000.

GUEVARA-FIGUEROA, T.; JIMÉNEZ-ISLAS, H.; REYES-ESCOGIDO M. L.; MORTENSEN, A. G.; LAURSEN, B.B.; LIN, L., LEÓN-RODRÍGUEZ A.; FOMSGAARD, I.S., ROSA, A.P.B. Proximate composition, phenolic acids, and flavonoids characterization of commercial and wild nopal (*Opuntia* spp.). **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 23, p. 525-532, 2010.

HURTADO-FERNÁNDEZ, E.; GÓMEZ-ROMERO, M.; CARRASCO-PANCORBO, A.; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ. Application and potential of capillary electroseparation methods to determine antioxidant phenolic compounds from plant food material. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 53, p. 1130-1160, 2010.

JONES, P. J.; JEW, S. Functional food development: Concept to reality. **Trends in Food Science and Technology**, v.18, pp. 387–390, 2007.

KASTNER, H.; KERN, K.; WILDE, R.; BERTHOLD, A.; EINHORN-STOLL, U., DRUSCH, S. Structure formation in sugar containing pectin gels- Influence of tartaric acid content (pH) and cooling rate on the gelation of high-methoxylated pectin. **Food Chemistry**, v. 144, p. 44-49, 2014.

KIM, J. H.; LEE, H. J.; PARK, Y.; RA, K. S.; SHIN, K.; YU, K.; SUH, H. J. Mucilage removal from cactus cladodes (*Opuntia humifusa* Raf.) by enzymatic treatment to improve extraction efficiency and radical scavenging activity. **Food Science and Technology**, v. 51 (1), p. 337-342, 2013.

KRINSKY, N. I. The biological properties of carotenoids. **Pure and Applied Chemistry**, v. 66, p. 1003-1010, 1994.

KTENIOUDAKI, A.; GALLAGHER, E. Recent advances in the development of high-fibre baked products. **Trends in Food Science e Technology**, v. 28 (1), p. 4-14, 2012.

LOPES R. L. T. **Dossiê Técnico: Fabricação de geleias**. CETEC- MG, 2007. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/ODc=>> Acesso em: 20/maio/2012.

LÓPEZ, R.; ITA, A.; VACA, M. Drying of prickly pear cactus cladodes (*Opuntia ficus indica*) in a forced convection tunnel. **Energy Conversion and Management**, v. 50, n. 9, p. 2119–2126, 2009.

LUNA, J. V. U.; RAMOS JR, D. S. Banco de germoplasma de fruteiras nativas e exóticas. **Bahia Agrícola**, Salvador: Seagri, v. 7, n. 1, 2005.

MACIEL, M.I.S.; MELO, E.A.; LIMA, V.L.A.G.; SILVA, W.S.; MARANHÃO, C.M.C.; SOUZA, K. A. Características sensoriais e físico-químicas de geleias mistas de manga e acerola. **Boletim do centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v.27, n.2, p.247-256, 2009.

MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas: Técnica de produção e mercado de feijão, figo-da-índia, fruta-pão, jaca, lichia, mangaba**. Porto Alegre, 2002. 141-245 p.

McCONN, M. M., NAKATA, P. A., Oxalate reduces calcium availability in the pads of the prickly pear cactus through formation of calcium oxalate crystals. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, p. 1371–1374, 2004.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; SANTANA, A. P. M. Capacidade antioxidante de hortaliças submetidas a tratamento térmico. **Revista da**

Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição. São Paulo, SP, v. 34, n. 1, p. 85-95, 2009.

MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO, E. V. S. B. **A palma no nordeste do Brasil:** conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005. 13-213 p.

MERRILL, A. L.; WATT, B. K. Energy value of foods: Basis and derivation, revised U. 513S. Department of Agriculture, retrieved November, 15, 2008 from the Department 514 of Agriculture. **Agriculture Handbook**, v. 74, 1973.

MILIAUSKAS, G.; VENSKUTONIS, P. R.; VAN BEEK, T. A. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. **Food Chemistry**, v.85, p. 231-237, 2004.

MINIM, V. P. R. **Análise Sensorial:** Estudos com Consumidores. Ed. UFV. Viçosa, 2006. 225 p.

MORAES, F. P.; COLLA, L. M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, p. 109-122, 2006.

MORALES, P.; RAMÍREZ-MORENO, E.; SANCHEZ-MATA, M.C.; CARVALHO, A.M.; FERREIRA, I.C.F.R. Nutritional and antioxidant properties of pulp and seeds of two xoconostle cultivars (*Opuntia joconostle* F.A.C.Weber ex Diguët and *Opuntia matudae* Scheinvar) of high consumption in Mexico. **Food Research International** v.46, p. 279–285, 2012.

MOURA, S.C.S.R.; TAVARES, P.E.R. Processamento de compotas, doces em massa e geléias: fundamentos básicos. 2ª ed. Campinas, SP: ITAL/FRUTHOTEC, p. 56, 2011.

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, pp. 527–533, 2011

NICOLI, M. C.; ANESE, M.; PARPINEL, M. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. **Trends in Food Science e Technology**, v. 10, n. 3, p. 94-100, 1999.

NOBEL PS. Environmental biology. In: Barbera G, Inglese P, Pimienta-Barrios E (eds) Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. (FAO) **Plant Production and Protection Paper**, v.132, p. 36–48, 1995.

NOBEL, P.S.; ZUTTA, B.R. Temperature tolerances for stems and roots of two cultivated cacti, *Nopalea cochenillifera* and *Opuntia robusta*: Acclimation, light, and drought, **Journal of Arid Environments**, v. 72, p. 633-642, 2008.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de**

Ciência e Tecnologia de Alimentos. Barueri: Manole, 2006. 553-563 pp.

PAGANO, M. C.; ZANDEVALLI, R. B.; ARAÚJO, F. S. Biodiversity of arbuscular mycorrhizas in three vegetational types from the semiarid of Ceará State, Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 67, p. 37-46, 2013.

PANICO AM, CARDILE V, GARUFI F, PUGLIA C, BONINA F, RONSISVALLE S. Effect of hyaluronic acid and polysaccharides from *Opuntia ficus indica* (L.) cladodes on the metabolism of human chondrocyte cultures. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 111(2), p. 315-321, 2007.

PARK, E. H.; KAHNG, J. H.; PAEK, E. A. Studies on the pharmacological actions of cactus: identification of its anti-inflammatory effect. **Archives of Pharmacal Research**, v. 21, n. 1, pp. 30-34, 1998.

PÉREZ-CACHO, M. P. R.; GALÁN-SOLDEVILLA, H.; GARCIA, J. C.; MONTES, A. H. Sensory characterization of nopalitos (*Opuntia spp.*). **Food Research International**, v. 39, p. 285-293, 2006.

PIMIENTA-BARRIOS, E.; BARBERA, G.; INGLESE, P. Cactus pear (*Opuntia spp.*, cactaceae) international network: an effort for productivity and environmental conservation for arid and semiarid lands. **Cactus and Succulent Journal**, v. 65, n. 5, p. 225-229, 1993.

PRETTI, L.; BAZZU, G.; SERRA, P. A.; NIEDDU, G. A novel method for the determination of ascorbic acid and antioxidant capacity in *Opuntia ficus indica* using *in vivo* microdialysis. **Food Chemistry**, v. 147, p. 131-137, 2014.

RAMADAN, M. F.; MÖRSEL, J. Recovered lipids from prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L.)] peel: a good source of polyunsaturated fatty acids, natural antioxidant vitamins and sterols. **Food Chemistry**, v. 83, p. 447-456, 2003.

RAMÍREZ-MORENO, E.; MARQUÉS, C. D.; SÁNCHEZ-MATA, M.C.; GOÑI, I. In vitro calcium bioaccessibility in raw and cooked cladodes of prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica* L. Miller). **Food Science and Technology**, v. 44, n. 7, p. 1611-1615, 2011.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicin**, v. 26, n. 9/10, p. 1231-1237, 1999.

ROCK, C. L. Multivitamin-multimineral supplements: Who uses them? **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 85 (1), p. 277S, 2007.

RUSSELL, C. E.; FELKER, P. The prickly pear (*Opuntia spp.*, *Cactaceae*): a source of human and animal food in semi-arid regions. **Economic Botany**, v. 41, pp. 433-445, 1987.

SÁENZ, C.; VÁSQUEZ, M.; TRUMPER, S.; FLUXÁ, C. Extracción y composición

química de mucílago de tuna (*Opuntia ficus indica*). **Actas II Congresso Internacional de Tuna y Cochinilla**. Santiago, Chile, p. 93-96, 1992.

SÁENZ, C.; BERGER, H.; CORRALES GARCIA, J.; GALLETTI, L.; GARCIA DE CORTAZAR; V., HIGUERA, I.; MONDRAGON, C.; RODRIGUEZ-FELIX, A.; SEPULVEDA, E.; VARNERO, M.T.; ROSELL, C., (ed.) *In: Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO (FAO)*, n.º. 162 / FAO, Rome (Italy). Dirección de Sistemas de Apoyo a la Agricultura , 2006. 44-165 p.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análise química de plantas**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, v. 56, 1974.

SCALBERT, A.; WILLIAMSON, G. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. **Journal of Nutrition**, v. 130, pp. 2073S–2085S, 2000.

SHETTY A. A.; RANA M. K.; PREETHAM S.P. Cactus: a medicinal food. **Journal of Food Science and Technology**, v. 49, pp. 530-536, 2011.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal Components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance**. In: world congress on computers in agriculture, 7, Reno-nv-usa: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SIRÒ I.; KAPOLNA, E.; KAPOLNA, B.; LUGASI, A. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance- A review. **Appetite**, v. 51, pp. 456–467, 2008.

STINTZING, F. C.; CARLE, R. Cactus stems (*Opuntia* spp.): a review on their chemistry, technology, and uses. **Molecular Nutrition and Food Research**, v. 49, (2), pp.175–194, 2005.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3ed. London: Academic Press, 2004. 247 p.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.; BARBETA, P. A. **Análise sensorial dos alimentos**, Florianópolis: Ed. da UFSC, 1987. 182p.

TIITTO-JULKUNEN, R. Phenolic constituents in the leaves of Northern Willows: Methods for the analysis of certain phenolics. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v.33, n.2, p.213- 217, 1985.

VALENTE, L. M. M.; PAIXÃO, D.; NASCIMENTO, A. C.; SANTOS, P. F. P.; SCHEINVAR, L. A.; MIRIAN MOURA R. L.; TINOCO, L. W.; GOMES, L. N. F.; SILVA J. F. M. Antiradical activity, nutritional potential and flavonoids of the cladodes of *Opuntia monacantha* (Cactaceae). **Food Chemistry**, v. 123, (4), p. 1127-1131, 2010.

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening primrose meal: a source of natural antioxidants and scavenger of hydrogen peroxide and oxygen-derived free radicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 47, n. 5, p. 1801-1812, 1999.

YANG, N.; ZHAO, M.M.; ZHU, B.H.; YANG, B.; CHEN, C.H.; CUI, C.; JIANG, Y.M. Anti-diabetic effects of polysaccharides from *Opuntia megacantha* cladode in normal and streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal Innovative Food Science Emerging Technologies*, v. 9, pp. 570–574, 2008.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. *The Biochemical Journal*, v. 57, p. 508-514, 1954.

ZHAO, L. Y.; LAN, Q. J.; HUANG, Z. C.; OUYANG, L. J.; ZENG, F. H. Antidiabetic effect of a newly identified component of *Opuntia dillenii* polysaccharides. *Phytomedicine*, v. 18, p. 661- 668, 2011.

ZHAO, L.; HUANG, W.; YUAN, Q.; CHENG, J.; HUANG, Z.; OUYANG, L.; ZENG, F. Hypolipidaemic effects and mechanisms of the main component of *Opuntia dillenii* *Haw.* Polysaccharides in high-fat emulsion-induced hyperlipidaemic rats. *Food Chemistry*, v. 134 (2), p. 964-971, 2012.

4 RESULTADOS

Os resultados do presente estudo foram descritos sob forma de artigos, os quais serão apresentados a seguir:

Artigo	Título
1	Otimização do processo para obtenção de geleia de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>)
2	Propriedades nutracêuticas da geleia de palma (<i>Opuntia ficus-indica</i>)

ARTIGO 1

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO PARA OBTENÇÃO DE GELEIA DE PALMA (*Opuntia ficus-indica*)

RESUMO

As cactáceas têm distribuição mundial, os brotos da espécie *Opuntia* spp. são utilizados no México e em outros países do mundo, para alimentação humana, enquanto que os cladódios maduros são direcionados para alimentação animal. A variedade *Opuntia ficus-indica* é encontrada na região Nordeste do Brasil, porém pouco explorada na sua potencialidade para o consumo humano e para as pesquisas científicas. Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de formulações de geleia de palma (*Opuntia ficus-indica*) visando à obtenção de um produto de qualidade. Para elaborar as formulações foi utilizado o planejamento fatorial 2^3 , com 3 pontos centrais, totalizando 11 ensaios; tendo como variáveis independentes as concentrações de sacarose em relação à concentração de polpa (S/P), concentração de ácido cítrico (A) e concentração de pectina (P). Os resultados das análises de atividade de água, cor instrumental (luminosidade, cromaticidade a^* e b^*) não sofreram influência estatística das variáveis independentes. As análises de pH, textura, sólidos solúveis e acidez titulável apresentaram modelos com significância de 95% de confiança. Considerando os parâmetros de qualidade físicos e químicos, foram selecionadas quatro formulações para análises microbiológicas, que permitiu a realização da análise sensorial sem causar risco à saúde dos provadores. As características sensoriais das geleias não diferiram significativamente ($p < 0,05$) entre si. As duas formulações contendo 35% de sacarose, 65% de polpa, 0,55% de ácido cítrico e 0,7% pectina e 45% de sacarose, 55% de polpa, 0,55% de ácido cítrico e 0,5% de pectina apresentaram índice de intenção de compra de 70%. Esses dados tornam a palma um produto com viabilidade tecnológica.

PALAVRAS-CHAVE: *Opuntia ficus-indica*, planejamento experimental, análises microbiológicas; análises sensoriais.

ABSTRACT

The cacti are distributed worldwide, the shoots of the species *Opuntia* spp. are used in Mexico and other countries in the world for human consumption, while the mature cladodes are directed to animal feed. The variety *Opuntia ficus-indica* is found in the Northeast region of Brazil, but little explored in its potentiality for human consumption and for scientific research. This study aimed to develop formulations jelly palm (*Opuntia ficus-indica*) in order to obtain a quality product. To prepare the formulations was used a 2^3 factorial design, with 3 central points, totaling 11 trials; having as independent variables the concentrations of sucrose in relation to pulp concentration (S/P), citric acid concentration (A) and concentration pectin (P). The analyzes results of water activity, instrumental color (brightness, chromaticity a^* and b^*) were not statistically influenced by independent variables. The analysis of pH, texture, soluble solids and titratable acidity showed models with significance level of 95% confidence. Considering the parameters of physical and chemical quality, four formulations have been selected for microbiological analysis, which allowed the realization of sensory analysis without causing health risk to assessors. The sensory characteristics of the jam did not differ significantly ($p < 0.05$) between them. The two formulations containing 35% sucrose, 65% pulp, 0.55% citric acid and 0.7% pectin and 45% sucrose, 55% pulp, 0.55% citric acid and 0.5% pectin showed an index of intent to purchase 70%. These data make the palm a product with technological feasibility.

KEYWORDS: *Opuntia ficus-indica*, experimental design, microbiological analyzes, sensory analyzes.

1 INTRODUÇÃO

As cactáceas são vegetais que tem distribuição mundial e possuem cerca de 130 gêneros e 1500 espécies, das quais 300 espécies são *Opuntia* spp. produtoras de hastes conhecidas como raquetes, cladódios ou nopal. É uma cultura importante no México e em parte dos Estados Unidos, onde são utilizados brotos tenros desse vegetal para consumo humano, enquanto que os cladódios maduros são direcionados para alimentação animal (RUSSELL; FELKER, 1987; GUEVARA-FIGUEROA et al., 2010; BLANCO-MACÍAS et al., 2010; MORALES et al., 2012).

Devido a problemas agrícolas ligados ao aumento das zonas áridas e à redução de recursos hídricos, *Opuntia* spp. tem ganhando importância como fonte de alimento para populações humanas, com respaldo da “Food Agriculture Organization” (FAO) (STINTZING; SCHIEBER; CARLE, 2001; GUEVARA-FIGUEROA et al., 2010). A variedade *Opuntia ficus-indica* é encontrada na região Nordeste do Brasil, porém pouco explorada na sua potencialidade para o consumo humano e para pesquisas científicas.

Enquanto isso existe diversos trabalhos utilizando vegetais com apelo exótico, como açaí (*Euterpe oleracea* Martius) (PAVAN; SCHMIDT; FENG, 2012), atemoya (*Annona atemoya* Mabb), bacuri (*Scheelea phalerata*) e jaboticaba (*Myrciaria cauliflora*) (CLERICI; CARVALHO-SILVA, 2011) o que torna esses vegetais mais atrativos ao mercado consumidor.

Uma forma de agregar valor comercial à palma *Opuntia ficus-indica* é empregá-la como ingrediente na elaboração de geleia. Sendo assim, para definir as formulações desse produto é interessante o uso do planejamento experimental, ferramenta eficaz que permite identificar os efeitos das variáveis de processo, além de otimizar e alcançar os resultados esperados com apenas alguns ensaios, tornando possível a obtenção de produtos dentro das especificações desejadas, embasada na teoria estatística (BOX; HUNTER; HUNTER, 1978).

Segundo as Normas Técnicas Relativas a Alimentos e Bebidas contidas na Resolução nº12 de 1978, geleia é definida como um produto obtido pela concentração do suco ou polpa de frutas, podendo conter frutas inteiras, partes ou pedaços com quantidade adequada de pectina, ácido e açúcar de modo a favorecer a geleificação após o resfriamento. As geleias podem ser divididas em comum e extra. A geleia comum é preparada na proporção de 40 partes de frutas frescas, ou seu equivalente, para 60 partes

de açúcar, enquanto que, a extra utiliza a proporção de 50 partes de frutas frescas, para 50 partes de açúcar.

Entretanto o consumo excessivo de açúcar, como a sacarose, está diretamente relacionado a doenças como obesidade, diabetes e a preocupação com a estética corporal. Políticas públicas, profissionais de saúde e consumidores estão pressionando as indústrias de alimentos no processamento de alimentos menos calóricos, com a redução desse ingrediente (NAVARRO et al., 2012).

Vale ressaltar que o processamento de alimentos permite sua preservação por período prolongado, porém é importante que as propriedades benéficas ao ser humano e as características sensoriais do alimento sejam mantidas ao máximo (MACIEL et al., 2009). Nesse contexto, para garantir a qualidade do produto com redução de açúcar é importante caracterizá-lo utilizando para isso a análise sensorial como ferramenta eficaz e sensível para mensurar os atributos de qualidade dos produtos, perceptíveis pelos órgãos dos sentidos dos seres humanos (DRAKE, 2007).

Dentre os vários testes sensoriais o mais adequado para o desenvolvimento de produtos ou melhorias de suas propriedades sensoriais é o teste de aceitação. Esse teste utiliza, muitas vezes, a escala hedônica para diagnosticar a necessidade de modificações no processo produtivo de modo que o produto atenda as expectativas sensoriais do consumidor. Enquanto que o teste de intenção de compra detecta a viabilidade econômica do produto, dando as empresas maior confiança para expandir seu mercado com maior segurança (BECHOFF et al., 2013).

Assim, frente a estas constatações e fazendo uso do planejamento fatorial, análises físicas, químicas, microbiológica e sensorial, este trabalho teve como objetivo desenvolver formulações de geleia de palma (*Opuntia ficus-indica*) visando à obtenção de um produto de qualidade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATÉRIA-PRIMA

Os cladódios de palma (*Opuntia ficus-indica*) foram colhidos ao amanhecer com o auxílio de luvas e faca de uma área de cultivo particular, localizada na cidade de Alagoa Grande-PB, no brejo paraibano com coordenadas latitude: 7° 09' 30" S, longitude: 35° 37' 48" W e altitude 143 m. Os cladódios foram selecionados de acordo com o tamanho para comercialização do broto jovem com $22,5 \pm 7$ cm de comprimento e 20 ± 5 cm de largura. Em seguida foram acondicionados em sacos de polietileno de alta densidade e transportados para o Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos Fruto-hortícolas da Universidade Federal da Paraíba.

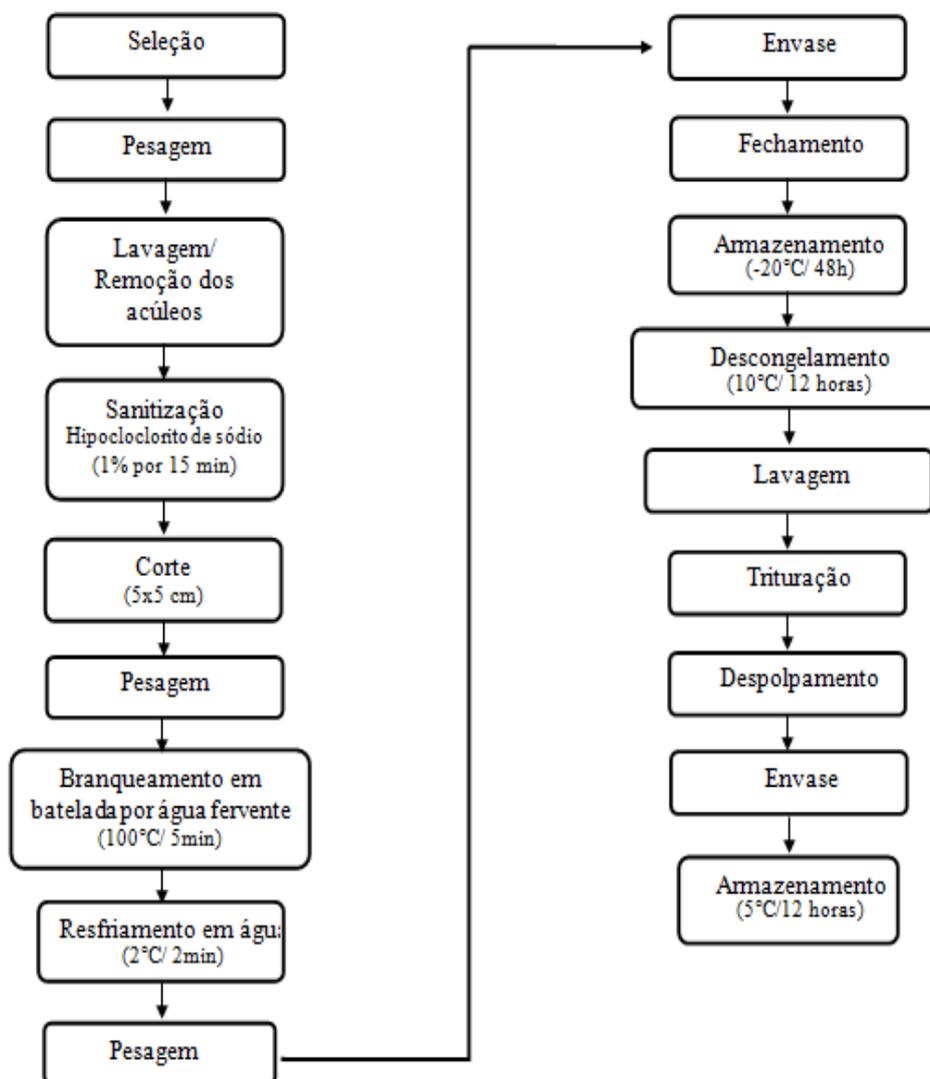
Para o processamento das geleias foram adquiridos no comércio local, da cidade do Recife- PE, sacarose e sorbato de potássio ($C_6H_7KO_2$) (Kerry), enquanto que a pectina de alto poder de metoxilação (CPKelpo) e o ácido cítrico anidro ($C_6H_8O_7$) (DINÂMICA, Química contemporânea) foram cedidos pela Predilecta Alimentos Ltda (Brasil).

2.2 PREPARO DA AMOSTRA

O processo para a obtenção da polpa de palma seguiu o fluxograma apresentado na Figura 1. Inicialmente os cladódios foram selecionados considerando a sua integridade física, seguida da pesagem, lavagem, retirada dos acúleos, sanitização em solução de hipoclorito de sódio a 1% por 15 minutos, corte (5x5 cm), pesagem, branqueamento com imersão em batelada em água (100 °C por 5 minutos) para inativar enzimas, resfriamento a 2 °C para interromper o cozimento, pesagem, envase em sacos de polietileno de alta densidade com aproximadamente 700 g, fechamento e armazenamento em congelador horizontal (modelo CHB53C- Consul) a - 20 °C por 48 horas, tempo necessário para ocorrer a maior formação dos cristais de gelo. O descongelamento que ocorreu a 10 °C por 12 horas favoreceu a exsudação do muco que foi retirado na etapa de lavagem. Em seguida, houve a trituração (triturador basculante, modelo Poli LB-15 com capacidade de 15L), despulpamento (despulpadeira horizontal da marca Hauber, constituída de aço inox, modelo DN JI 05, 20 a 200 Kg/hora), envase

em sacos de polietileno de alta densidade, fechamento e armazenamento em refrigerador vertical, com temperatura de 5 °C, por 12 horas.

Figura 1- Fluxograma de preparo da polpa de palma (*Opuntia ficus-indica*)



2.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DA POLPA

Os procedimentos metodológicos para contagem de coliformes a 45 °C, *Staphylococcus* coagulase positiva e *salmonella* spp. seguiram as recomendações da American Public Health Association (APHA, 2001). Os dados obtidos foram confrontados com os parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira para polpas de frutas (BRASIL, 2001), por serem esses produtos os mais próximos da polpa de palma.

2.4 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Para otimização no processamento da geleia de palma foi utilizado o planejamento fatorial 2^3 , com 3 repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios. Os níveis codificados e decodificados encontram-se na Tabela 1. O planejamento fatorial foi empregado com o objetivo de avaliar a influência das variáveis independentes: concentração de sacarose em relação à concentração de polpa (S/P), concentração de pectina (P) e concentração de ácido cítrico (A). As variáveis dependentes analisadas foram: atividade de água (A_a), pH, parâmetros de cor instrumental (Luminosidade, cromaticidade a^* e b^*), textura (T), sólidos solúveis (SS) e acidez titulável das geleias de palma.

Tabela 1- Concentrações de sacarose/polpa, ácido cítrico e pectina

Variáveis	Nível -1	Nível 0	Nível +1
Sacarose/Polpa (%)	35/65	40/60	45/55
Ácido cítrico (%)	0,55	0,65	0,75
Pectina (%)	0,5	0,60	0,7

Os valores das variáveis independentes foram estabelecidos tendo como base experimentos preliminares que consideraram a concentração de sacarose e polpa definida por MACIEL et al. (2009) para geleias mistas de frutas com redução de sacarose e o percentual de pectina estabelecido pela legislação brasileira (BRASIL, 1978) e especificação do fabricante (CP KELCO, 2007). O percentual de ácido cítrico foi definido considerando uma curva de acidificação (MOURA; TAVARES, 2011). A utilização do sorbato de potássio foi fixa em 0,05% para todas as formulações obedecendo aos limites da legislação brasileira (BRASIL, 2007; BRASIL, 2009).

Os ensaios foram executados em ordem aleatória e as variáveis dependentes foram analisadas em triplicata. Os resultados obtidos foram ajustados de acordo com o seguinte polinômio:

$$\gamma = \beta_0 + \beta_1 S/P + \beta_2 A + \beta_3 P + \beta_{12} S/P A + \beta_{13} S/P P + \beta_{23} A P + S/P A P$$

Sendo:

γ = variável resposta;

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_{12}, \beta_{13}$ e β_{23} = estimadores dos parâmetros do modelo;

S/P = Sacarose/Polpa (variáveis independentes)

A = Ácido cítrico (variáveis independentes)

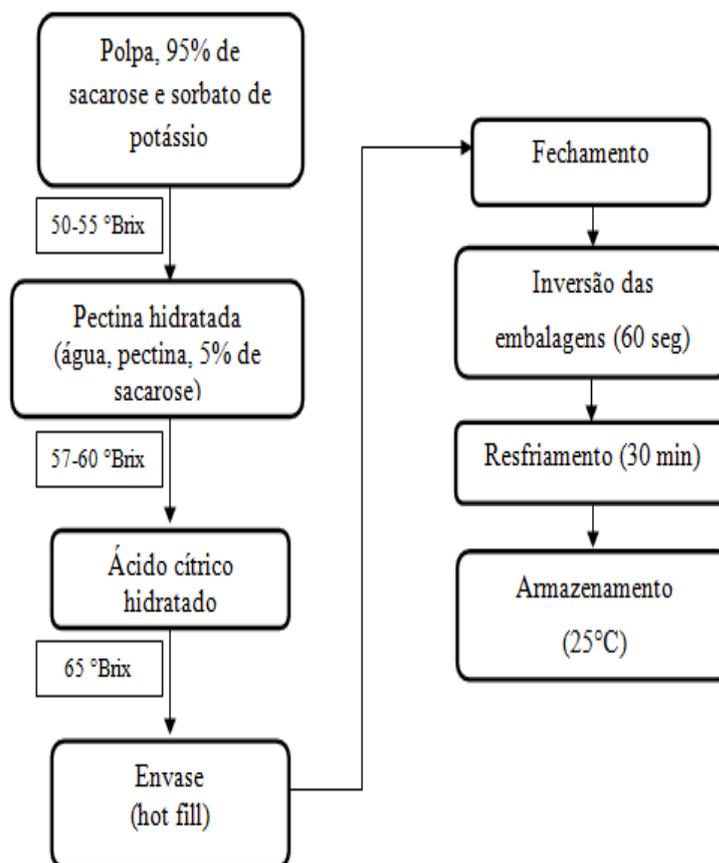
P = Pectina (variáveis independentes)

Nos casos em que houve diferença estatisticamente significativa, foram geradas as superfícies de resposta, a fim de visualizar a faixa de otimização do processo. A análise de variância e os gráficos foram obtidos utilizando o programa STATISTICA[®] versão 5.0.

2.5 PROCESSAMENTO DAS GELEIAS DE PALMA

Em um tacho aberto de aço inoxidável, a polpa, 95% da sacarose e o sorbato de potássio foram aquecidos sob agitação até que a concentração dos sólidos solúveis atingisse 50-55 °Brix. A pectina previamente hidratada (água- pectina- 5% da sacarose) com auxílio de um *mix* (Walita) foi adicionada a mistura do tacho que continuou sendo aquecida sob agitação até atingir a concentração de 57- 60 °Brix, momento em que foi adicionado o ácido cítrico hidratado e dado continuidade ao aquecimento da formulação até atingir aproximadamente 65 °Brix. Em seguida, a geleia foi envasada em potes de vidro (250 g) previamente esterilizados, que foram tampados e invertidos por 60 segundos, para formação do vácuo, sendo submetidos ao resfriamento em água por 30 minutos, de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 2.

Figura 2- Fluxograma do processamento das geleias de palma (*Opuntia ficus-indica*)



2.6 ANÁLISES DAS GELEIAS DE PALMA

2.6.1 Físicas e químicas

Após armazenamento por 3 dias, a 25 °C, as geleias foram submetidas as análises físicas e químicas e aquelas que apresentaram-se conforme os parâmetros de qualidade de geleia foram submetidas às análises microbiológicas e a análise sensorial. As determinações de atividade de água, pH, cor instrumental (luminosidade, cromaticidade a* e b*), textura, sólidos solúveis e acidez titulável foram realizadas em triplicata e seguiram metodologias descritas pela AOAC (2005).

2.6.2 Textura

Foi realizada por observação direta utilizando uma escala não estruturada de 9 cm, ancorada nos extremos direito e esquerdo com os termos gel firme e gel fraco, respectivamente. Os valores próximos a 4,5 cm indicam uma geleia de textura semissólida, ou seja, indicada para o produto.

2.6.3 Microbiológicas

Após armazenamento de 7 dias a 25 °C, as geleias que apresentaram os melhores parâmetros de qualidade físico e químico foram submetidas às análises microbiológicas para contagem de coliformes a 45 °C, bolores e leveduras, segundo as recomendações estabelecidas para geleias pela legislação brasileira (BRASIL, 2001).

Além das análises preconizadas pela legislação vigente, incluíram-se as análises de *Staphylococcus coagulase* positiva e de *Salmonella* spp. com objetivo de melhor avaliar as práticas de fabricação. A metodologia seguiu os padrões da American Public Health Association (APHA, 2001). Os resultados foram confrontados com os parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira de geleias de frutas (BRASIL, 2001), por ser esse produto o mais próximos de geleia de palma.

3.6.4 Sensorial

Para compor o painel de julgadores foi realizado um recrutamento por meio da aplicação de um questionário (ANEXO A). Os principais critérios de escolha dos julgadores foram: a ausência de doenças relacionadas ao consumo de sacarose, o consumo de doces (geleias, compotas, conservas de frutas e afins) e a disponibilidade de degustar geleias de palma. Participaram dessa etapa 85 possíveis julgadores, dos quais foram selecionados 60 provadores (17 mulheres e 43 homens). Os integrantes deste grupo foram alunos, funcionários e visitantes da Universidade Federal da Paraíba, campus III, Bananeiras.

As formulações que apresentaram as melhores características de qualidade foram submetidas ao teste de aceitação e de intenção de compra (STONE; SIDEL, 2004) utilizando painel de julgadores, não treinados, formado por possíveis consumidores de geleia de palma. Foram avaliados os atributos cor, aroma, sabor doce, sabor ácido,

textura e aspecto global utilizando uma escala hedônica de categoria verbal de nove pontos, com escores variando de 9 (gostei muitíssimo) até 1 (desgostei muitíssimo). A intenção de compra do produto foi avaliada usando-se uma escala estruturada de cinco pontos variando de 5 (certamente compraria) até 1 (certamente não compraria) com os mesmos possíveis consumidores.

As amostras de geleia (10g) foram servidas em temperatura ambiente 22 (± 1 °C), em copos descartáveis brancos codificados com três dígitos aleatórios, acompanhadas de bolacha tipo água e sal, o Termo de Consentimento Livre Esclarecido (ANEXO B) e a ficha de avaliação (ANEXO C).

A pesquisa foi submetida à avaliação e apreciação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde/UFPB e aprovada, CAAE: 1234131.7.0000.5183 (ANEXO D).

2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados resultantes dos efeitos das variáveis independentes foram submetidos à análise de variância. Os resultados que foram estatisticamente significativos foram averiguados empregando a Metodologia de Superfície de Resposta, utilizando o programa *Statistica*® versão 5.0. Os dados resultantes da análise sensorial foram submetidos ao teste de Tukey utilizando o programa computacional *Assistat* versão 7.5 beta (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA POLPA DE PALMA

A polpa da palma empregada na elaboração das geleias encontrava-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira. Todos os parâmetros microbiológicos estavam abaixo dos preconizados pela legislação (Tabela 2), tornando-a apropriada para o consumo humano.

Tabela 2- Qualidade microbiológica da polpa de palma (*Opuntia ficus-indica*)

Parâmetros	Polpa de palma	BRASIL, 2001
Coliformes a 45°C (NMP/g)	< 3	Máximo 10 ²
<i>Staphylococcus</i> (UFC/g)	< 1 x 10 ¹	Máximo 10 ³
<i>Salmonella</i> spp.	Ausência	Ausência

3.2 RESPOSTAS DO PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

O planejamento fatorial foi aplicado para avaliar os efeitos da concentração de sacarose em relação à concentração de polpa (S/P), concentração de pectina (P) e da concentração de ácido cítrico (A), sobre os parâmetros de qualidade da geleia, que teve como resposta os dados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3- Matriz do planejamento experimental com valores codificados/reais e a média dos parâmetros físicos e químicos medidos nas amostras de geleia de palma (*Opuntia ficus-indica*)

Ensaio	Codificadas/reais			Respostas								
	S/P* (%)	A* (%)	P* (%)	A _a * pH	Cor	T*	SS* (°Brix)	Acidez* (%)	L*	-a*	+b*	
1	-1 (35/65)	-1 (0,55)	-1 (0,5)	0,88	3,65	41,07	1,70	32,70	4,40	63,89	1,10	
2	-1 (35/65)	-1 (0,55)	+1 (0,7)	0,88	3,66	47,16	3,55	28,04	4,50	63,85	1,09	
3	-1 (35/65)	+1 (0,75)	-1 (0,5)	0,88	3,56	44,41	3,72	30,29	7,30	63,20	1,36	
4	-1 (35/65)	+1 (0,75)	+1 (0,7)	0,88	3,55	50,52	3,28	38,58	8,50	63,63	1,38	
5	+1 (45/55)	-1 (0,55)	-1 (0,5)	0,87	3,65	41,38	1,76	29,35	3,60	63,83	0,85	
6	+1 (45/55)	-1 (0,55)	+1 (0,7)	0,87	3,66	41,65	2,02	29,63	5,70	63,13	0,90	
7	+1 (45/55)	+1 (0,75)	-1 (0,5)	0,88	3,44	33,83	1,01	22,80	7,50	63,13	1,13	
8	+1 (45/55)	+1 (0,75)	+1 (0,7)	0,87	3,41	37,75	1,84	28,60	8,70	63,23	1,15	
9	0 (40/60)	0 (0,65)	0 (0,6)	0,88	3,59	36,99	0,70	23,59	7,0	63,43	1,12	
10	0 (40/60)	0 (0,65)	0 (0,6)	0,88	3,59	38,72	1,60	31,12	6,8	63,57	1,13	
11	0 (40/60)	0 (0,65)	0 (0,6)	0,88	3,54	40,37	2,83	31,60	7,1	63,67	1,13	

* S/P- concentração de sacarose em relação à concentração de polpa; A- concentração de ácido cítrico; P- concentração de pectina; A_a- atividade de água; L*- luminosidade; -a*- cromaticidade de cor (verde); +b*- cromaticidade de cor (amarelo); T- textura; SS- sólidos solúveis (°Brix) e Acidez titulável em ácido cítrico (%).

Os resultados da atividade de água não apresentaram variações dentre as formulações. Na Tabela 4 está apresentada a análise de variância da atividade de água, os resultados não foram significativos, pois o Teste F foi menor que 1 indicando que o modelo não foi estatisticamente significativo com 95% de confiança. Sendo assim, não é possível gerar modelos e superfícies de resposta que o represente.

Tabela 4- Análise de variância para a resposta atividade de água das geleias de palma

Variação	S.Q.	G.L.	Q.M.	F_{cal}	Test F
Regressão	0,0001870	7	0,0000267	2,59	0,29
Resíduo	0,0000310	3	0,0000103		
Falta de ajuste	0,0000310	1			
Erro puro	0,0000000	2			
TOTAL	0,0002180	10			
R ²	0,858				
F tab.	5%	8,89			

S.Q.- Soma dos Quadrados; G.L.- Grau de Liberdade; Q.M.- Quadrado Médio; F_{cal}- Variável do tratamento; Test F- Variável do test F

A alta concentração de açúcares interfere na atividade de água do alimento reduzindo a velocidade das reações químicas e enzimáticas e ampliando a vida de prateleira do produto (SAAD, 2005, DAMODARAN et al., 2010; ESCOBEDO-AVELLANEDA et al., 2012). Geleias com atividade de água de 0,88 a 0,96 são consideradas semiperecíveis, necessitando adição de conservante (MOURA et al., 2011). Por esta razão, e tendo com base resultados de estudos preliminares foi adicionado sorbato de potássio às formulações das geleias.

O modelo obtido para pH está representado na Equação 1, onde o coeficiente que foi estatisticamente significativo está representado. Como o esperado, o ácido cítrico influenciou as respostas dos tratamentos.

$$\text{pH} = 3,57 - 0,17 A$$

(1)

Onde: A- ácido cítrico.

Assim tem-se 97,8% das variações explicadas para o modelo com valor de F_{calculado} por F_{tabelado} de 2,08 indicando que o modelo foi estatisticamente significativo

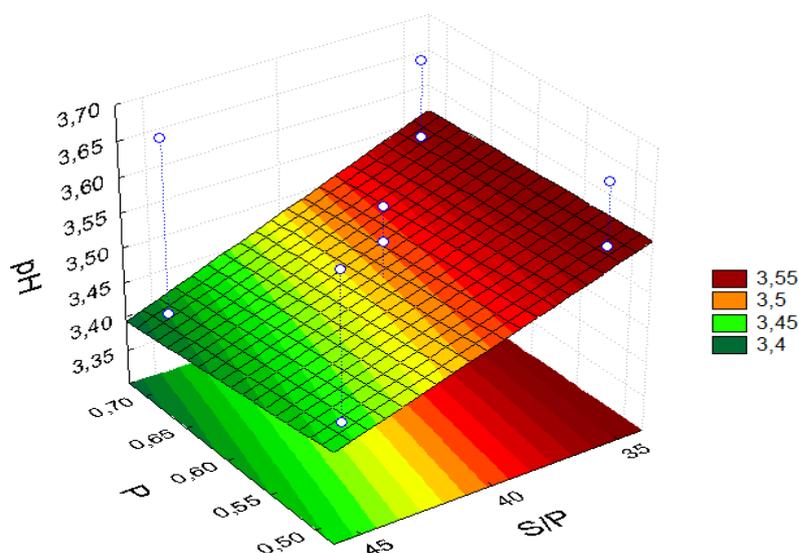
com 95% de confiança. Na Tabela 5 está apresentada a análise de variância. Pode-se observar na Figura 3 as superfícies de respostas que relacionam pH com as variáveis independentes.

Tabela 5- Análise de variância do pH das geleias de palma

Varição	S.Q.	G.L.	Q.M.	F _{cal}	Test F
Regressão	0,071949	7	0,01028	18,48	2,08*
Resíduo	0,001669	3	0,00056		
Falta de ajuste	0,000002	1			
Erro puro	0,001667	2			
TOTAL	0,073618	10			
R ²	0,977				
F tab.	5%	8,89			

*Significativo a 5% de probabilidade; S.Q.- Soma dos Quadrados; G.L.- Grau de Liberdade; Q.M.- Quadrado Médio; F_{cal}- Variável do tratamento; Test F- Variável do test F

Figura 3- Influência da adição da pectina e da sacarose/polpa no pH, fixando-se o ácido cítrico em 0,75 (+1)



Constata-se que as concentrações da pectina não influenciaram nos efeitos do pH e como o esperado a adição do ácido cítrico influenciou nos resultados desse parâmetro. Houve uma maior redução do pH quando ocorreu o acréscimo da maior concentração de sacarose e menor concentração da polpa 45/55(+1), aliado com aumento na concentração do ácido cítrico de 0,75% (+1).

Os valores encontrados para geleia de palma estão dentro da faixa relatada por Martínez-Garcia et al. (2002) para geleias de laranja obtidas no comércio local de Valência (Espanha). A legislação brasileira não estabelece para geleias um valor ideal de pH, mas o Instituto Tecnológico de Alimentos do Brasil (Moura et al., 2011) trabalha com uma variação de 3,20 a 3,70, espectro de valores que contemplam os resultados obtidos pela geleia de palma. Além disso, o fabricante da pectina estabelece que o melhor pH para manutenção do gel é de 2,50 a 3,60 (CP KELPO, 2007).

Alguns ensaios (3, 4, 7, 8, 9, 10 e 11) de geleia de palma apresentaram um comportamento diferenciado, pois mesmo os resultados permanecendo dentro da faixa (pH de 3,41 a 3,59) relatada por alguns autores, apresentou características de defeito relacionadas à redução do pH, devido a desestabilização do gel ocorrendo a β -eliminação e a hidrólise ácida (KRALL; MCFEETERS, 1998; SILA et al., 2006; FRAEYE et al., 2007). A intensidade dessas reações possivelmente contribuiu com a liberação de água para a superfície da geleia de palma tornando o gel duro, o que indica que o pH ideal para geleia depende das características da matéria-prima utilizada.

O modelo da estimativa dos efeitos está representado na Equação 2, onde existe uma tendência para o efeito da sacarose/polpa de quanto maior a quantidade de sacarose em relação a polpa menor o valor da luminosidade.

$$\text{Luminosidade} = 41,25 - 7,13 \text{ S/P}$$

(2)

Onde: P- pectina.

Na Tabela 6 podem-se observar os resultados da análise de variância, onde o modelo não foi estatisticamente significativo com 95% de confiança. O $F_{\text{calculado}}$ é inferior ao F_{tabelado} , indicando que o mesmo não é válido para fins preditivos. A variabilidade na resposta para Luminosidade (L^*) pode ser explicada pelo R^2 de 0,853, considerando o erro puro.

Tabela 6- Análise de variância de cor instrumental parâmetro L* (luminosidade) das geleias de palma (*Opuntia ficus-indica*)

Varição	S.Q.	G.L.	Q.M.	F _{cal}	Test F
Regressão	190,8157	7	27,2590	2,488	0,28
Resíduo	32,8686	3	10,9562		
Falta de ajuste	27,1553	1			
Erro puro	5,7133	2			
TOTAL	223,6843	10			
R ²	0,853				
F tab.	5%	8,89			

S.Q.- Soma dos Quadrados; G.L.- Grau de Liberdade; Q.M.- Quadrado Médio; F_{cal}- Variável do tratamento; Test F- Variável do test F

As geleias que receberam menor concentração de sacarose em relação à polpa apresentaram o maior resultado para L*. Wojdylo et al. (2008) encontraram em geleias de morango com e sem aditivos (27,78 e 40,32, respectivamente) valores próximos ao encontrado nas geleias de palma. Igual et al. (2013) também relataram valor de L* de 33,2 para geleias de laranja obtidas com aplicação de procedimentos convencionais.

Para a cromaticidade a* e b* observou-se R² de 0,688 e 0,761 respectivamente, considerados baixo para representar o modelo (Tabela 7 e 8). Além disso, o valor do F_{calculado} pelo F_{tabelado} é menor que 1, indicando que o modelo não é estatisticamente significativo com 95% de confiança. Portanto as diferentes concentrações das variáveis independentes não influenciaram os parâmetros de cromaticidade, não sendo possível gerar as curvas de níveis e a superfície de resposta.

Tabela 7- Análise de variância de cor instrumental parâmetro a* das geleias de palma (*Opuntia ficus-indica*)

Varição	S.Q.	G.L.	Q.M.	F _{cal}	Test F
Regressão	7,1162	7	1,01660	0,951	0,11
Resíduo	3,20842	3	1,06947		
Falta de ajuste	0,92182	1			
Erro puro	2,28660	2			
TOTAL	10,32462	10			
R ²	0,688				
F tab.	5%	8,89			

S.Q.- Soma dos Quadrados; G.L.- Grau de Liberdade; Q.M.- Quadrado Médio; F_{cal}- Variável do tratamento; Test F- Variável do test F

Tabela 8- Análise de variância de cor instrumental parâmetro b* das geleias de palma (*Opuntia ficus-indica*)

Varição	S.Q.	G.L.	Q.M.	F _{cal}	Test F
Regressão	139,1915	7	19,88450	1,366	0,15
Resíduo	43,658	3	14,55267		
Falta de ajuste	3,2942	1			
Erro puro	40,3638	2			
TOTAL	182,8495	10			
R ²	0,761				
F tab.	5%	8,89			

S.Q.- Soma dos Quadrados; G.L.- Grau de Liberdade; Q.M.- Quadrado Médio; F_{cal}- Variável do tratamento; Test F- Variável do test F

A cromaticidade verde (- a* 0,70 a 3,72) e amarelo (b* 22,80 a 38,58) demonstra que as geleias apresentam coloração amarelo-esverdeado. A predominância do pigmento amarelo pode ser explicada pelas alterações térmicas do processamento, devido à feofitinação da clorofila (HEATON; MARANGONI, 1996).

Na Equação 3 está representado o modelo da estimativa dos efeitos, onde a adição do ácido cítrico, pectina e as interações sacarose/polpa com pectina e sacarose/polpa, ácido e pectina interferem de forma significativa na textura do gel.

$$\text{Textura} = 6,46 + 3,45 A + 1,15 P + 0,50 S/P P - 0,50 S/P A P \quad (3)$$

Onde: T- textura; A- ácido cítrico; P- pectina; S/P- sacarose/polpa

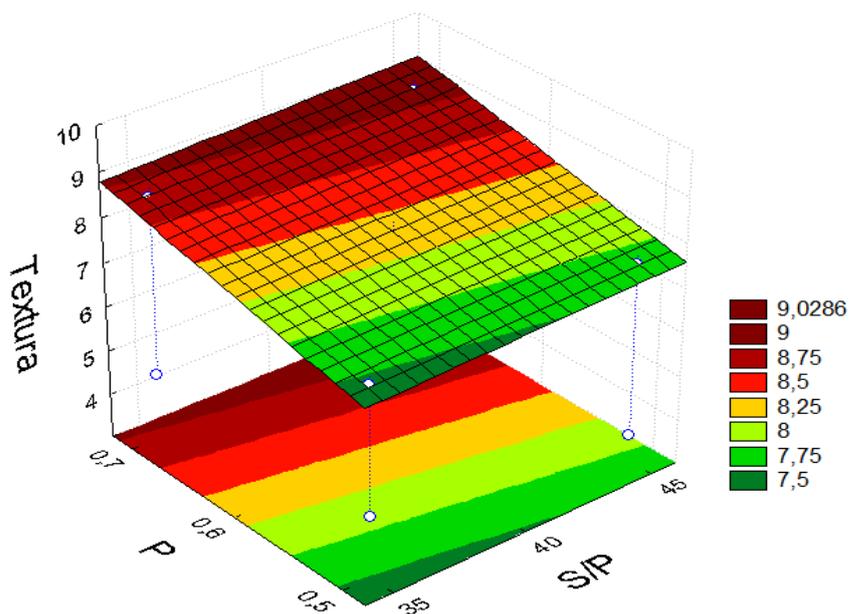
Na Tabela 9 é observada a análise de variância, onde o modelo possui um $F_{\text{calculado}}$ superior ao F_{tabelado} , sendo um modelo significativo com 95% de confiança. Onde a variabilidade pode ser explicada pelo R^2 de 0,962, considerando o erro puro. Na Figura 4 está apresentada a superfície de resposta de textura.

Tabela 9- Análise de variância de textura das geleias de palma (*Opuntia ficus-indica*)

Varição	S.Q.	G.L.	Q.M.	Fcal	Test F
Regressão	27,53499	7	3,93357	10,822	1,22*
Resíduo	1,09046	3	0,36349		
Falta de ajuste	1,04379	1			
Erro puro	0,04667	2			
TOTAL	28,62545	10			
R^2	0,962				
F tab.	5%	8,89			

*Significativo a 5% de probabilidade; S.Q.- Soma dos Quadrados; G.L.- Grau de Liberdade; Q.M.- Quadrado Médio; F_{cal} - Variável do tratamento; Test F- Variável do test F

Figura 4- Influência da adição da sacarose/polpa e da pectina na textura, fixando-se o ácido cítrico em 0,75% (+1)



Observa-se que as concentrações de sacarose/polpa não influenciaram nos resultados de textura, no entanto o aumento da concentração do ácido cítrico e pectina contribuíram para o acréscimo dos valores desse parâmetro. Isso pode ser explicado pelo processo de geleificação da pectina que é influenciado pelas variações do pH, força iônica, sólidos solúveis e quantidade de pectina (KASTNER et al., 2014). A textura indicada pela legislação brasileira para geleia é semissólida e os ensaios 1, 2, 5 e 6 apresentaram essa característica de qualidade, pois obtiveram valores que variaram na faixa (3,60 a 5,70) onde o gel assim era classificado.

O modelo obtido para sólidos solúveis está representado na Equação 4, onde o coeficiente que foi estatisticamente significativo está representado. O teor de sólidos solúveis das geleias variou de forma significativa em função da quantidade do ácido cítrico adicionada. A análise de variância apresenta uma variação explicada em até 95,4%, considerando o erro puro (Tabela 10). A superfície de resposta está apresentada na Figura 5.

$$SS = 63,50 - 0,38 A$$

(4)

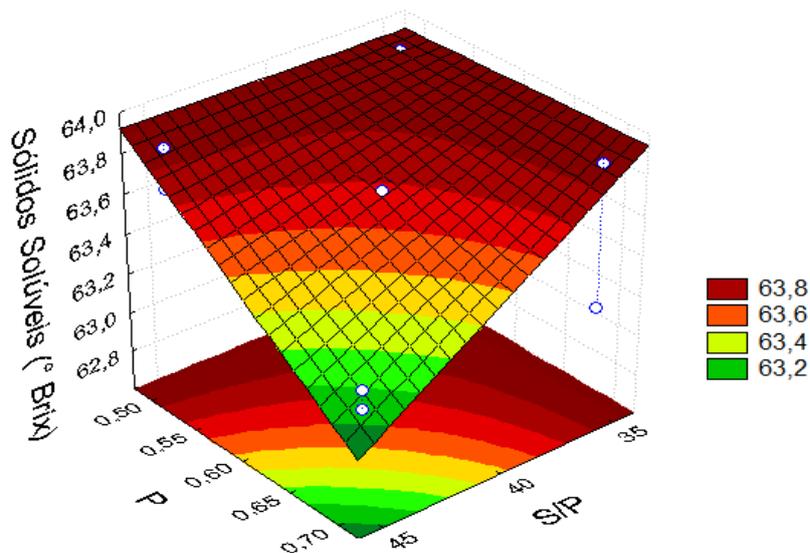
Onde: SS- sólidos solúveis; A- concentração de ácido cítrico.

Tabela 10- Análise de variância dos sólidos solúveis das geleias de palma (*Opuntia ficus-indica*)

Variação	S.Q.	G.L.	Q.M.	F _{cal}	Test F
Regressão	0,835587	7	0,11937	8,978	1,01*
Resíduo	0,039886	3	0,01329		
Falta de ajuste	0,010819	1			
Erro puro	0,029067	2			
TOTAL	0,875473	10			
R ²	0,954				
F tab.	5%	8,89			

*Significativo a 5% de probabilidade; S.Q.- Soma dos Quadrados; G.L.- Grau de Liberdade; Q.M.- Quadrado Médio; F_{cal}- Variável do tratamento; Test F- Variável do test F

Figura 5- Influência da adição da sacarose/polpa e da pectina no teor de sólidos solúveis, fixando-se o ácido cítrico em 0,55 (-1)



De acordo com o observado na superfície de resposta os menores valores de sólidos solúveis foram obtidos nos ensaios com as maiores concentrações de pectina 0,7% (+1), as maiores concentrações de sacarose em relação à concentração de polpa 45/55 (+1). Como previsto a variável independente de maior influência na variação dos SS foi o acréscimo do ácido cítrico. A redução nos valores dos sólidos solúveis pode está relacionada à liberação de água causada pelas reações de β -eliminação e hidrólise

ácida gerada pela diminuição do pH, que promove a redução na concentração de açúcares do meio.

Apesar da variação do teor de sólidos solúveis, todas as geleias atendem ao que estabelece a legislação brasileira para geleias de frutas (62 – 65 °Brix) (BRASIL, 1978). Fasogbon, Gbadamosi e Taiwo (2013) relatam teor de sólidos solúveis de 62 e 64 °Brix para geleias de abacaxi produzidas por método tradicional e de desidratação osmótica, respectivamente.

O modelo obtido para acidez titulável está representado na Equação 5, onde os coeficientes significativos estão representados. A acidez das geleias variou de forma significativa em função da quantidade adicionada de sacarose/polpa, de ácido cítrico e de pectina.

$$\text{ACIDEZ} = 1,12 - 0,22 \text{ S/P} + 0,27 \text{ A} + 0,02 \text{ P}$$

(5)

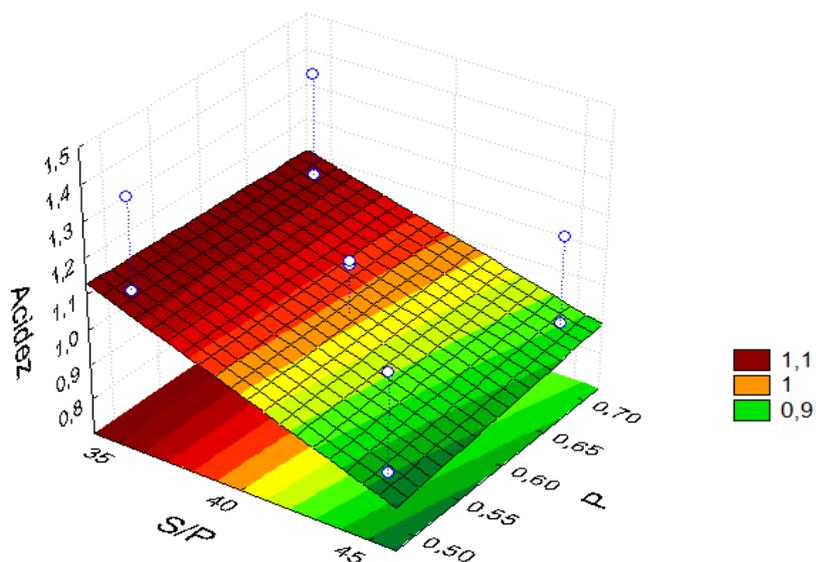
Onde: S/P- sacarose/polpa; A- ácido cítrico; P- pectina.

O modelo explicou 99,9% da variação dos dados experimentais, considerando o erro puro. A análise de variância que está apresentada na Tabela 11 demonstra que o $F_{\text{calculado}}$ foi maior que o F_{tabelado} indicando que o modelo é estatisticamente significativo, ao nível de 95% de confiança. Na Figura 6 está apresentada a superfície de resposta que relaciona acidez com as variáveis independentes.

Tabela 11- Análise de variância da acidez das geleias de palma (*Opuntia ficus-indica*)

Varição	S.Q.	G.L.	Q.M.	F _{cal}	Test F
Regressão	0,2488	7	0,03554	650,174	73,14*
Resíduo	0,000164	3	0,00005		
Falta de ajuste	0,000097	1			
Erro puro	0,000067	2			
TOTAL	0,248964	10			
R ²	0,999				
F tab.	5%	8,89			

*Significativo a 5% de probabilidade; S.Q.- Soma dos Quadrados; G.L.- Grau de Liberdade; Q.M.- Quadrado Médio; F_{cal}- Variável do tratamento; Test F- Variável do test F

Figura 6- Influência da adição da sacarose/polpa e da pectina na acidez, fixando-se o ácido cítrico em 0,55 (-1)

Nela observa-se que os mais baixos de acidez estão relacionados à maior concentração de sacarose em relação à concentração de polpa 45/55% (+1), a variação na concentração da pectina não interferiram os resultados da acidez. No entanto como o esperado a concentração do ácido cítrico influenciou de forma significativa a acidez das geleias de palma.

A legislação brasileira não padroniza valores para a acidez titulável em geleias de fruta. Lago-Vanzela et al. (2001) elaboraram geleia da polpa do cajá-manga e obtiveram acidez titulável (em ácido cítrico) de 0,98%, valor próximo ao encontrado para os menores teores de acidez obtidos na geleia de palma. A acidez elevada pode promover a desesterificação das moléculas de pectina (KERTESZ, 1951;

SELVAMUTHUKUMARAN; KHANUM; BAWA, 2007). Os ensaios 3, 4, 7, 8, 9, 10 e 11 apresentaram valores de acidez (1,12 a 1,38) que afetou a estrutura do gel.

De acordo com os resultados obtidos, as geleias de palma que apresentaram as melhores características físicas e químicas foram as formulações do ensaio 1 (35% de sacarose, 65% de polpa, 0,55% de ácido e 0,5% de pectina); ensaio 2 (35% de sacarose, 65% de polpa, 0,55% de ácido e 0,7% de pectina); ensaio 5 (45% de sacarose, 55% de polpa, 0,55% de ácido e 0,5% de pectina) e o ensaio 6 (45% de sacarose, 55% de polpa, 0,55% de ácido e 0,7% de pectina).

3.3 QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DAS GELEIAS DE PALMA

Os resultados microbiológicos da geleia de palma estão apresentados na Tabela 12. Todas as geleias estavam em conformidade com a legislação vigente, pois atenderam a RDC n°12 de 02/01/2001 que estabelece para geleias os seguintes padrões: Coliformes a 45°C (NMP/g): < 5; Bolores e leveduras (UFC/g): máximo 10⁴. A contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva e *Salmonella* spp. também encontravam-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação (máximo 10³ UFC/g e ausência, respectivamente), demonstrando que as Boas Práticas de Fabricação foram adotadas durante o processamento das geleias. A qualidade microbiológica das geleias permitiu que a análise sensorial fosse realizada sem risco à saúde dos provadores.

Tabela 12- Resultados microbiológicos das geleias de palma (*Opuntia ficus-indica*)

Ensaio	Parâmetros analisados			
	Coliformes a 45°C (NMP/g)	Bolores e leveduras (UFC/g)	<i>Salmonella</i> spp.	<i>Staphylococcus</i> (UFC/g)
1	<3	<1x 10 ⁻¹	Ausente	< 1 x 10 ¹
2	<3	<1x 10 ⁻¹	Ausente	< 1 x 10 ¹
5	<3	<1x 10 ⁻¹	Ausente	< 1 x 10 ¹
6	<3	<1x 10 ⁻¹	Ausente	< 1 x 10 ¹

3.4 TESTE DE ACEITAÇÃO

As médias das notas atribuídas às geleias de palma pelos julgadores, no teste de aceitação, para os atributos cor, aroma, sabor doce, sabor ácido, textura e aspecto global e o respectivo índice de aceitação da geleia não apresentaram diferença estatisticamente significativa (Tabela 13). Os atributos sabor doce, textura e aspecto global de todas as formulações obtiveram médias entre 6,3 a 6,9, indicando que os julgadores gostaram ligeiramente das geleias e apresentaram índices de aceitação de 70,5% a 75,5% podendo ser consideradas aceitas. Segundo Teixeira, Meinert e Barbetta (1987), para que um produto seja considerado aceito se faz necessário que o mesmo apresente índice de aceitabilidade igual ou superior a 70%. No entanto, para os atributos cor, aroma e sabor ácido as médias variaram de 5,9 (nem gostei nem desgostei) a 6,3 (gostei ligeiramente), com índice de aceitação de 65,6% a 69,4%. Estes dados demonstram que as formulações ainda precisam ser ajustadas de modo a melhorar estes atributos. É válido ressaltar que alguns julgadores registraram na ficha de avaliação que as geleias tinham “cheiro forte de palma” e “a geleia de palma tem um gosto ácido, mas quando comemos com bolacha fica boa”.

Tabela 13- Média da escala hedônica para os atributos sensoriais e aspecto global de geleias de palma (*Opuntia ficus-indica*) para os quatro ensaios propostos

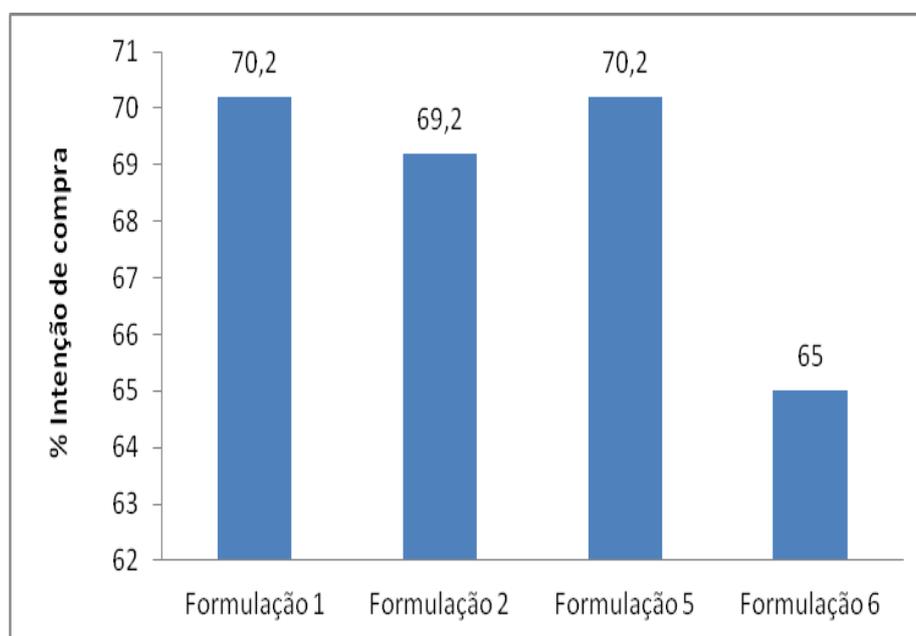
Atributos avaliados												
Ensaio	Cor	IA (%)	Aroma	IA (%)	Sabor doce	IA (%)	Sabor ácido	IA (%)	Textura	IA (%)	Aspecto Global	IA (%)
1	6,1 ^a	67,6	5,9 ^a	65,6	6,3 ^a	70,0	6,2 ^a	69,3	6,7 ^a	74,1	6,9 ^a	76,1
2	6,2 ^a	68,3	5,8 ^a	64,3	6,2 ^a	69,3	6,1 ^a	67,4	6,8 ^a	75,2	6,8 ^a	75,6
5	6,5 ^a	71,9	5,9 ^a	65,0	6,6 ^a	72,8	6,1 ^a	67,6	6,8 ^a	75,4	6,8 ^a	75,0
6	6,3 ^a	70,0	5,7 ^a	63,3	6,3 ^a	70,2	6,0 ^a	66,7	6,6 ^a	73,0	6,8 ^a	75,6
MG	6,3	69,4	5,8	64,5	6,3	70,5	6,1	67,7	6,7	74,4	6,8	75,5

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferiram estatisticamente em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

3.5 INTENÇÃO DE COMPRA

As formulações 1 e 5 obtiveram a mesma média 3,51 enquanto que as médias das formulações 2 e 6 foram 3,46 e 3,25, respectivamente. Evidencia-se que 70,20% dos provadores demonstraram que ”provavelmente” ou “certamente” comprariam as formulações 1 e 5 (Figura 7). Com base no teste de intenção de compra as formulações 1 (35% de sacarose, 65% de polpa, 0,55% de ácido e 0,5% de pectina) e 5 (45% de sacarose, 55% de polpa, 0,55% de ácido e 0,5% de pectina) podem ser apontadas como as melhores geleias de palma.

Figura 7- Percentual de intenção de compra das geleias de palma



4 CONCLUSÃO

Das formulações de geleia de palma testadas, quatro apresentaram características físicas, químicas e microbiológicas adequadas a um produto de qualidade. As características sensoriais dessas quatro geleias foram consideradas aceitas pelos provadores, no entanto os atributos cor, aroma e sabor ácido obtiveram os menores índices de aceitação.

As geleias das formulações 1 e 5, contendo 35% e 45% de sacarose, 65% e 55% de polpa, respectivamente, apresentaram índice de intenção de compra de 70%, porém a formulação 1 foi selecionada para dar continuidade ao estudo, de modo a avaliar suas propriedades nutricionais e funcionais uma vez que nessa formulação se empregou o menor teor de açúcar e maior teor de polpa de palma.

REFERÊNCIAS

- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 18th ed. Washington DC USA, 2005.
- APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4 ed. APHA, Washignton, 2001.
- BECHOFF, A.; CISSÉ, M.; FLIEDEL, G.; DECLEMY, A.L; AYEISSOU, N.; AKISSOE, N.; TOURÉ, C.; BENNETT, B.; PINTADO, M.; PALLET, D.; TOMLINS, K. I. Relationships between anthocyanins and other compounds and sensory acceptability of Hibiscus drinks. **Food Chemistry**. 3 out. 2013 <http://www-sciencedirect.com.ez15.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308814613013976>
- BLANCO-MACÍAS, F.; MAGALLANES-QUINTANAR, R.; VALDEZ-CEPEDA, R.D.; VÁZQUEZ-ALVARADO, R.; OLIVARES-SÁENZ, E.; GUTIÉRREZ-ORNELAS, E.; VIDALES-CONTRERAS, J.A.; MURILLO-AMADOR, B. Nutritional reference values for *Opuntia ficus-indica* L. determined by means of the boundary-line approach. **Journal of Plant Nutricion and Soil Science**, v. 173 (6), pp. 927–934, 2010.
- BOX, G. E. P.; HUNTER, W. G.; HUNTER, J. S. **Statistics for experimenters**. An introduction to designs, data analysis and model building. Wiley. New York, 1978.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Resolução de Diretoria Colegiada nº12, de 24 de Julho de 1978. Normas Técnicas Relativas a Alimentos e Bebidas. **Diário Oficial [da] Republica Federativa da Brasil**, Brasília, DF, 1978.
- BRASIL. ANVISA. Resolução Normativa nº 12. Regulamento Técnico sobre os Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial [da] Republica Federativa da Brasil**, Brasília, DF, 2001.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Resolução- RDC N° 65, de 04 de outubro de 2007. Atribuição de aditivos alimentares, suas funções e seus limites máximos para geleias (de fruta, de vegetais, de mocotó e com informação nutricional complementar de baixo ou reduzido valor energético). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2007.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Resolução- RDC N° 28, de 26 de maio de 2009. Atribuição de aditivos alimentares, suas funções e seus limites máximos para geleias (de fruta, de vegetais, de mocotó e com informação nutricional complementar de baixo ou reduzido valor energético). **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2009.
- CIE e Commission Internationale de l'Éclairage (1996). Colourimetry (2nd ed.). Vienna: CIE Publication. **Dairy Journal**, v. 11, p. 175-179, 2001.

CLERICI, M. T. P. S.; CARVALHO-SILVA, L. B. Nutritional bioactive compounds and technological aspects of minor fruit grown in Brazil. **Food Research International**, v. 55 (7), p. 1658-1670.

CP KELCO BRASIL S/A. A Huber Company. **Pectinas: Especificações técnicas**. Limeira, SP, p. 6, 2007.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O. R. Química de Alimentos de Fennema (4 ed). Editora Artmed.

DRAKE, M.A. Invited review: sensory analysis of dairy foods. **Journal of Dairy Science**, v. 90 (11), p. 4925-4937, 2007.

ESCOBEDO-AVELLANEDA, Z.; VELAZQUEZ, G.; TORRES, A. Inclusion of the variability of model parameters on shelf-life estimations for low and intermediate moisture vegetables. **LWT- Food Science and Technology**, v. 47(2), p. 364-370, 2012.

FASOGBON, B. M.; GBADAMOSI, S. O.; TAIWO, K. Studies on the chemical and sensory properties of jam from osmotically dehydrated Pineapple Slices. **British Journal of Applied Science e Technology**, v. 3, n. 4, p. 1327-1335, 2013.

FRAEYE, I.; DE ROECK, A.; DUVETTER, T.; VERLENT, I.; HENDRICKX, M.; VAN LOEY, A. Influence of pectin properties and processing conditions on thermal pectin degradation. **Food Chemistry**, v. 105(2), p. 555-63, 2007.

GUEVARA-FIGUEROA, T.; JIMENEZ-ISLAS, H.; REYES-ESCOGIDO, M.; MORTENSEN, A.; LAURSEN, B.; LIN, L.; DE LEON-RODRIGUEZ, A.; FOMSGAARD I.; ROSA, A. Proximate composition, phenolic acids, and flavonoids characterization of commercial and wild nopal (*Opuntia* spp.). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n. 6, p. 525-532, 2010.

HEATON, J.W.; MARANGONI, A.G. Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. **Trends in Food Science and Technology**, v. 7, p. 8-15, 1996.

IGUAL, M.; GARCÍA-MARTÍNEZ, E.; CAMACHO, M. M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE. Jam processing and storage effects on β - carotene and flavonoids content in grapefruit. **Journal of Functional Foods**, v. 5, p. 736-744, 2013.

KASTNER, H.; KERN, K.; WILDE, R.; BERTHOLD, A.; EINHORN-STOLL, U., DRUSCH, S. Structure formation in sugar containing pectin gels- Influence of tartaric acid content (pH) and cooling rate on the gelation of high-methoxylated pectin. **Food Chemistry**, v. 144, p. 44-49, 2014.

KERTESZ, Z.L. The pectic substances. **Interscience Publishers**. New York. 1951.

KRALL, S.M.; McFEETERS, R.F. Pectin hydrolysis: effect of temperature, degree of methylation, pH, and calcium on hydrolysis rates. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46(4), p. 1311-5, 1998.

LAGO-VANZELA, E. S.; RAMIN, P.; UMSZA-GUEZ, M. A.; SANTOS, G. V.; GOMES, E.; SILVA, R. Chemical and sensory characteristics of pulp and peel 'cajámanga' (*Spondias cytherea* Sonn.) jelly. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 31, n. 2, p. 398-405, 2011.

MACIEL, M.I.S.; MELO, E.A.; LIMA, V.L.A.G.; SILVA, W.S.; MARANHÃO, C.M.C.; SOUZA, K. A. Características sensoriais e físico-químicas de geleias mistas de manga e acerola. **Boletim do centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 247-256, 2009.

MORALES, P.; RAMÍREZ-MORENO, E.; SANCHEZ-MATA, M.C.; CARVALHO, A.M.; FERREIRA, I.C.F.R. Nutritional and antioxidant properties of pulp and seeds of two xoconostle cultivars (*Opuntia joconostle* F.A.C.Weber ex Diguet and *Opuntia matudae* Scheinvar) of high consumption in Mexico. **Food Research International** v. 46, p. 279–285, 2012.

MOURA, S. C. S. R.; PRATI, P.; VISSOTTO, F. Z.; ORMENESE, R. C.S. C.; RAFACHO, M.S. Color degradation kinetics in low-calorie strawberry and guava jellies. **Food Science and Technology**, v. 31, n. 3, p. 758-764, 2011.

MOURA S.C.S.R, TAVARES P.E.R . Processamento de compotas, doces em massa e geléias: fundamentos básicos. 2ª ed. Campinas, SP: ITAL/FRUTHOTEC, p. 56, 2011.

NAVARRO, V.; SERRANO,G.; LASA,D.; LUIS ADURIZ, A.; AYO, J. Cooking and nutritional science: gastronomy goes further. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, v.1, p. 37–45, 2012.

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

RUSSELL, C. E.; FELKER, P. The prickly pear (*Opuntia* spp., *Cactaceae*): a source of human and animal food in semi-arid regions. **Economic Botany**, v. 41, pp. 433–445, 1987.

SAAD, B.; BARI, M. F.; SALEH, M. I.; AHMAD, TALIB, M. Simultaneous determination of preservatives (benzoic acid, sorbic acid, methylparaben and propylparaben) in foodstuffs using high-performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography**, v. 1073, n. 1/2, p. 393-397, 2005.

SELVAMUTHUKUMARAN, M.; KHANUM, F.; BAWA A. S. Development of sea buckthorn mixed fruit jelly. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 42, n. 4, p. 403-410, 2007.

SILA, D.N.; SMOUT, C.; ELLIOT, F.; VAN LOEY, A.; HENDRICKX, M. Non-enzymatic depolymerization of carrot pectin: toward a better understanding of carrot texture during thermal processing. **Journal of Food Science**, v. 71(1), p. E1–E9, 2006.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal Components analysis in the**

software Assistat-Statistical Attendance. In: world congress on computers in agriculture, 7, Reno-nv-usa: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Phytochemical and nutritional significance of cactus pear. **European Food Research Technology**, v. 212, n. 4, p. 396-407, 2001.

STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory evaluation practices.** 3ed. London: Academic Press, 2004. 247 p.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.; BARBETA, P. A. **Análise sensorial dos alimentos,** Florianópolis: Ed. da UFSC, 1987. 182p.

WOJDYIO, A.; OSZMIAJSKI, J.; BOBER, I. The effect of addition of chokeberry, Xowering quince fruits andbrhubab juice to stawberry Jam on their polyphenol content, antioxidant activity and colour. **European Food Research and Technology**, v. 227, n. 4, p. 1043-1051, 2008.

ARTIGO 2

PROPRIEDADES NUTRACÊUTICAS DA GELEIA DE PALMA *(Opuntia ficus-indica)*

RESUMO

Alimentos de origem vegetal se destacam por apresentarem teor relevante de micronutrientes, especialmente vitaminas e minerais, e também de fitoquímicos com propriedades antioxidantes. Os componentes químicos e o valor nutricional da palma *Opuntia* spp. têm atraído a atenção da comunidade científica para este vegetal que na maioria dos países é destinado à alimentação animal. No entanto, o processamento da palma em geleia poderá viabilizá-la para o consumo humano. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar as características nutricionais e o potencial antioxidante da polpa e da geleia de palma elaborada com redução de sacarose. O processamento da palma para obtenção da polpa promoveu redução no teor de alguns componentes (matéria seca e açúcares solúveis totais) e aumento no teor de outros (proteína, sólidos solúveis e acidez titulável). A geleia de palma é um produto de baixo valor calórico, com quantidade apreciável de compostos bioativos, entretanto com capacidade de sequestrar o radical DPPH e ABTS pouco expressiva.

PALAVRAS-CHAVES: compostos bioativos, teor mineral, antioxidantes, ABTS, DPPH.

ABSTRACT

Plant foods are highlighted by presenting micronutrients relevant content's, especially vitamins and minerals, as well as phytochemicals with antioxidant properties. The chemical components and nutritional value of palm *Opuntia* spp. have attracted the attention of the scientific community for this plant which in most countries is intended for animal feed. However, the palm processing in jelly will be able to allow human consumption. Therefore, this study aimed to evaluate the nutritional characteristics and antioxidant potential of the pulp and jelly palm made with reduced sucrose. The palm processing for obtaining the pulp promoted reduction in the content of some components (dry matter and total soluble sugars) and content's increase the others (protein, soluble solids and titratable acidity). The jelly palm is a low-calorie product, with significant quantities of bioactive compounds, however with low ability to sequester DPPH and ABTS radical.

KEYWORDS: bioactive compounds, mineral content, antioxidants, ABTS, DPPH.

1 INTRODUÇÃO

As cactáceas são originalmente cultivadas no México, tendo se adaptado às condições climáticas das regiões áridas e semiáridas do mundo. A principal variedade comercial é a *Opuntia ficus-indica*, que apresenta menos espinhos e seus cladódios jovens são consumidos, no México e em alguns países, como legumes, frescos ou cozidos (GUEVARA-FIGUEROA et al., 2010; RAMÍREZ-MORENO et al., 2011).

A palma, assim como os outros vegetais, apresenta em sua composição fitoquímicos com propriedade antioxidante, além de outros nutrientes. Nas últimas décadas, constata-se um grande interesse pelos compostos antioxidantes dos alimentos em virtude de seu papel na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis. A combinação de vitaminas, minerais, compostos fitoquímicos bioativos e fibras nos alimentos está associada ao menor risco de doenças crônicas devido à ação de alguns componentes antioxidantes desses alimentos (SAURA-CALIXTO; GOÑI, 2006; YAHIA, 2010; CAYUPÁN; OCHOA; NAZARENO, 2011).

Estudos realizados por Valente et al. (2010) sobre as propriedades nutricionais e os fitoquímicos bioativos de cladódios da espécie Brasileira *O. monacantha* demonstraram que essa planta tem potencial antioxidante, podendo ser utilizado como fonte alternativa para a alimentação de humanos. No entanto, apesar das pesquisas relatarem propriedades benéficas de algumas cactáceas, no Brasil a maior parte desse vegetal é direcionada para produção de forragens para alimentar o gado.

Transformar a palma em produto alimentício é uma forma de agregar valor a essa planta e a geleia é uma alternativa viável capaz de manter as características nutricionais e funcionais do vegetal, fornecer fonte imediata de energia, apresentar praticidade para o consumo e boa característica sensorial. O desenvolvimento de um novo produto é desafiador frente às exigências dos consumidores, que estão cada vez mais bem informados sobre dieta e saúde, e anseiam por alimentos saborosos, de boa qualidade, de consumo prático e com redução de caloria (ABDULLAH; CHENG, 2001).

Frente a estas constatações este trabalho teve como objetivo avaliar as características nutricionais, funcionais e o potencial antioxidante da geleia de palma (*Opuntia ficus-indica*) com redução de sacarose.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIA-PRIMA

Os cladódios de palma (*Opuntia ficus-indica*) foram colhidos ao amanhecer, com o auxílio de luvas e faca, de uma área de cultivo particular, localizada na cidade de Alagoa Grande-PB, no brejo paraibano com coordenadas latitude: 7° 09' 30" S, longitude: 35° 37' 48" W e altitude 143 m. Os cladódios foram selecionados de acordo com o tamanho para comercialização do broto jovem, com $22,5 \pm 7$ cm de comprimento e 20 ± 5 cm de largura. Em seguida foram acondicionados em sacos de polietileno de alta densidade e transportados para o Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos Fruto-hortícolas da Universidade Federal da Paraíba.

Para o processamento das geleias foram adquiridos no comércio local, da cidade do Recife- PE, sacarose e sorbato de potássio ($C_6H_7KO_2$) (Kerry), enquanto que a pectina de alto poder de metoxilação (CP Kelpo) e o ácido cítrico anidro ($C_6H_8O_7$) (DINÂMICA, Química contemporânea) foram cedidos pela Predilecta Alimentos Ltda (Brasil).

2.2 PREPARO DA AMOSTRA

2.2.1 Cladódio *in natura*

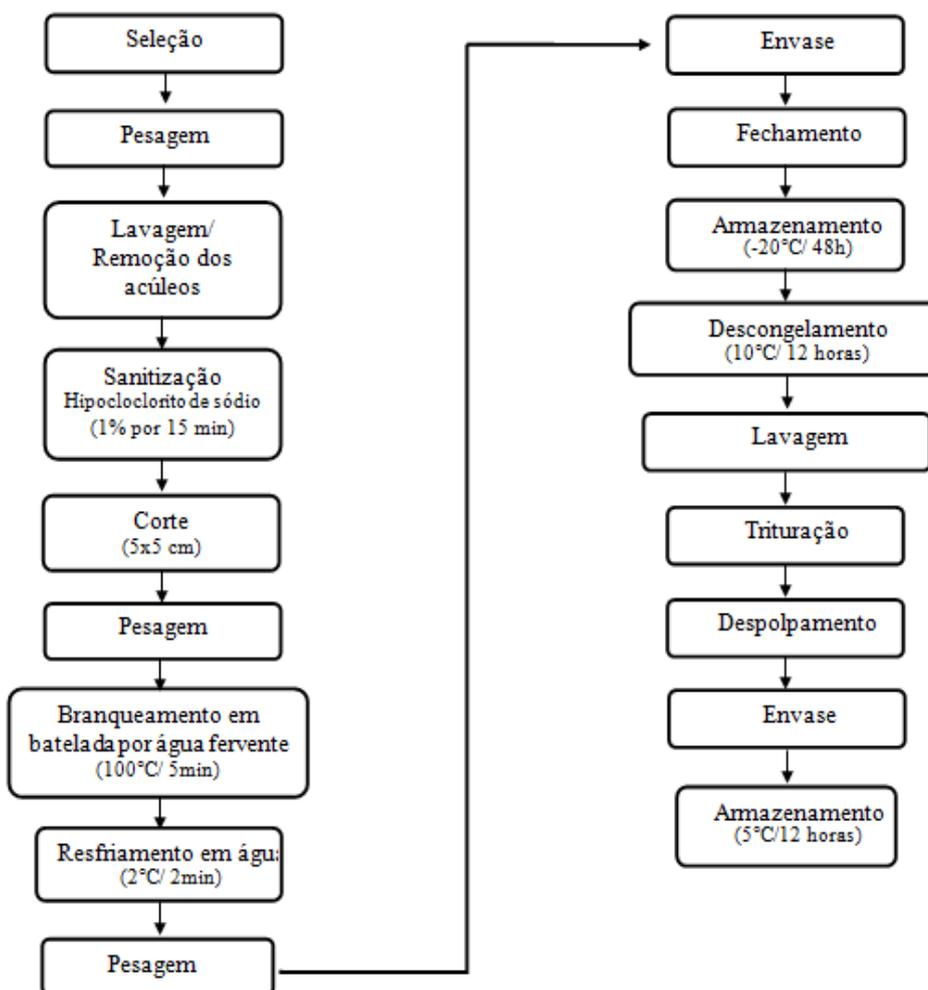
Após seleção, os cladódios *in natura* foram pesados, lavados, retirados os acúleos, sanitizados (hipoclorito de sódio a 1% por 15 minutos), cortados com faca (5x5 cm), triturados, envasados em sacos de polietileno de alta densidade com cerca de 100 g, fechados e armazenados a -20 °C, até utilização nas determinações analíticas.

2.2.2 Polpa de palma

O processo para a obtenção da polpa de palma seguiu o fluxograma apresentado na Figura 1. Inicialmente os cladódios foram selecionados considerando a sua integridade física, seguida da pesagem, lavagem, retirada dos acúleos, sanitização em solução de hipoclorito de sódio a 1% por 15 minutos, corte (5x5 cm), pesagem,

branqueamento com imersão em batelada em água (100°C por 5 minutos) para inativar enzimas, resfriamento a 2 °C para interromper o cozimento, pesagem, envase em sacos de polietileno de alta densidade com aproximadamente 700 g, fechamento e armazenamento em congelador horizontal (modelo CHB53C- Consul) a - 20 °C por 48 horas, tempo necessário para ocorrer a maior formação dos cristais de gelo. O descongelamento que ocorreu a 10 °C por 12 horas favoreceu a exsudação do muco que foi retirado na etapa da lavagem. Em seguida houve trituração (tritador basculante, modelo Poli LB-15 com capacidade de 15L), despulpamento (despulpadeira horizontal da marca Hauber, constituída de aço inoxidável, modelo DN JI 05, 20 a 200 Kg/hora), envase em sacos de polietileno de alta densidade, fechamento e armazenamento em refrigerador vertical, com temperatura de 5 °C por 12 horas.

Figura 1- Fluxograma de preparo da polpa de palma (*Opuntia ficus-indica*)



2.2.3 Geleia de palma

Em estudo prévio, a formulação contendo 30% de sacarose, 70% de polpa de palma. Desse total foram adicionados 0,55% de ácido cítrico, 0,5% de pectina e 0,05% de sorbato de potássio foi selecionada por ter apresentado características física, química e sensorial de qualidade. Após serem pesados os ingredientes, em balança semianalítica, foi preparada uma mistura com parte da sacarose (5%) e a pectina, que foi adicionada de 50 mL de água a 60 °C, e homogeneizada com auxílio de um *mix* (Walita) por 5 minutos, para hidratação da pectina. Em um tacho aberto de aço inoxidável, a polpa, 95% do açúcar e o sorbato de potássio foram aquecidos sobre contínua agitação até a concentração dos sólidos solúveis atingirem a faixa de 55°Brix, ocasião em que foi adicionada a pectina hidratada. O ácido cítrico diluído em água (1:10) foi adicionado quando o teor de sólidos solúveis atingiu de 60 °Brix. A concentração foi finalizada quando o teor de sólidos solúveis atingiu 65 °Brix. A geleia obtida foi acondicionada em potes de vidro (250g) previamente esterilizados, que foram tampados e invertidos por 60 segundos, para formação do vácuo. Em seguida, a geleia envasada foi resfriada em água fria por 30 minutos.

2. 2. 4 Composição mineral

As amostras de geleia foram desidratadas em estufa de circulação forçada a uma temperatura entre 68 e 72 °C, durante 72 horas. Em seguida, as amostras foram pesadas em balança de precisão e moídas em moinhos de facas de aço inoxidável para homogeneização da amostra e submetida à digestão nitro-perclórica, conforme metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974). O fósforo foi quantificado por colorimetria pelo método do ácido ascórbico (BRAGA; DeFELIPO, 1974). O potássio por fotometria de chama e os minerais cálcio, magnésio, ferro, cobre, zinco e manganês por espectrofotometria de absorção atômica e o enxofre por turbidimetria (ALVAREZ et al., 2001). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

2.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Com a finalidade de caracterizar os cladódios *in natura*, polpa e geleia de palma foram realizadas as seguintes determinações analíticas, segundo a metodologia, a seguir:

- Umidade: utilizando secagem sob infravermelho (Marconi-ID50), método descrito pela AOAC (2005);

- Cinzas: obtidas com a incineração em mufla a 550 °C até peso constante, método descrito pela AOAC (2005);

- Proteínas: pelo método Kjeldhal utilizando o fator 5,75 recomendado para proteínas de vegetais, como descrito pela AOAC (2005);

- Lipídios: por extração a frio de acordo com técnica descrita por Bligh e Dyer (1959);

- Carboidratos: calculados por diferença (100 - % água- % de lipídios- % de proteína- % de cinza);

- Valor calórico total foi calculado utilizando os coeficientes de ATWATER que considera 4 kcal/g para proteínas e carboidratos e 9 kcal/g para os lipídios (MERRILL; WATT, 1973);

- Açúcares totais (em frutose): detectados nos cladódios e na polpa pelo método da hidrólise das hexoses pelo ácido sulfúrico concentrado, descrito por Yemn e Willis (1954);

- Açúcares redutores e não redutores: utilizada para geleias a metodologia de Lane-Eynon, método descrito pela AOAC (2005);

- Atividade de água (A_a): quantificada através de higrômetro Aqua-Lab digital, modelo 4 TE (Decagon devices, EUA) e as leituras foram realizadas na temperatura de $25 \pm 0,5$ °C;

- pH: mensurado pelo método potenciométrico, através de medidor digital (modelo TEC-2);

- Sólidos solúveis (°Brix): determinados com o uso do refratômetro portátil (Refractometer HI 96801 Hanna);

- Acidez total titulável: baseada na neutralização da amostra com solução padrão de NaOH 0,1 N determinada por titulometria. Expressa em equivalente de ácido málico para o cladódio e polpa, enquanto equivalente a ácido cítrico para geleia de palma e

- Atividade de água (A_w): quantificada através de higrômetro Aqua-Lab digital, modelo 4 TE (Decagon devices, EUA) e as leituras foram realizadas na temperatura de $25 \pm 0,5$ °C;

2. 2. 5 Obtenção dos extratos

Alíquotas das polpas de palma (20g) e geleia (15g) foram colocadas, separadamente, sob agitação permanente com agitador magnético, em acetona 60%, a temperatura ambiente (24 ± 2 °C) por 20 minutos, e em seguida, centrifugados a 4000 rotações por minuto em centrífuga (CT- 6000 R- CIENTEC). O sobrenadante foi coletado, o precipitado resuspenso em metanol 60% e submetido ao mesmo processo acima descrito, por mais dois períodos de 20 minutos, totalizando 60 minutos de extração. O sobrenadante foi reservado em vidros âmbar a -20 °C para as análises de compostos fitoquímicos bioativos.

Para as análises de antioxidantes na palma *in natura*, polpa e geleia foram realizadas os mesmos procedimentos acima citado, porém foi utilizada acetona 60% no primeiro ciclo e metanol 80% no segundo. Os sobrenadantes para as análises de antioxidantes ficaram sob pressão reduzida a 40 °C, e o volume final aferido para 10 mL. Este material foi reservado em vidros âmbar a -20 °C até as análises de antioxidantes.

2.5 QUANTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS FITOQUÍMICOS

- Compostos fenólicos totais: foi utilizado o reagente Folin Ciocalteu, segundo metodologia descrita por Wettasinghe e Shahidi (1999) e curva padrão de ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg de fenólicos totais em equivalente de ácido gálico por 100g da amostra.

- Flavonóides totais: foi utilizado solução de nitrito de sódio 5%, cloreto de alumínio a 10% e hidróxido de sódio 1M, o volume final aferido para 50 mL e absorbância imediatamente registrada a 510 nm, segundo o método descrito por Dewanto et al. (2002) e curva padrão de catequina. Os resultados foram expressos em µg em equivalente de catequina por 100 g da amostra.

- Taninos condensados: quantificados empregando método descrito por Tiitto-Julkunen (1985). Os resultados foram expressos em mg de taninos condensados em equivalente de catequina por 100 g de amostra.

- Clorofila total: determinado após trituração e maceração da amostra utilizando acetona 80% para extração do pigmento que após repouso foi filtrada e absorvância registrada em espectrofotômetro no comprimento de onda de 663 e a 645nm conforme método descrito por Arnon (1949).

- Ácido ascórbico: quantificado por titulometria, utilizando 2,6 diclorofenol indofenol, segundo metodologia da AOAC (2005).

2.6 DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

2.6.1- 1-Capacidade de sequestro do radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH)

A capacidade dos extratos de sequestrar o radical DPPH foi determinada utilizando-se o método descrito por Brand-Williams et al. (1995) modificado por Miliauskas et al. (2004). Extratos com diferentes concentrações de fenólicos totais foram adicionados à solução de DPPH em metanol a 0,1M, atingindo a concentração final de fenólicos totais de 45, 91 e 136 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, respectivamente e absorvância registrada a 515 nm, em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1650 PC) até a reação atingir o platô. A capacidade de sequestrar o radical DPPH foi expressa em percentual, calculada em relação ao controle (sem antioxidante) de acordo com a seguinte Equação 1:

$$\% \text{ de inibição} = \frac{\text{Taxa de degradação do controle} - \text{taxa de degradação da amostra}}{\text{Taxa de degradação do controle}}$$

(1)

2.6.2- Capacidade de sequestrar o radical 2,2'-azino-bis-(3-etilbezotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS^{•+})

A capacidade de sequestrar o radical ABTS^{•+} foi determinada segundo o método descrito por RE et al. (1999). O radical ABTS^{•+} foi gerado a partir da reação da solução

aquosa de ABTS^{°+} (7mM) com 2,45 mM de persulfato de potássio. Esta solução foi mantida ao abrigo da luz, em temperatura ambiente por 16 horas. Em seguida, a solução do radical foi diluída em etanol até obter uma medida de absorbância de $0,7 \pm 0,05$, em comprimento de onda de 734 nm. Os extratos com diferentes concentrações de fenólicos totais foram adicionadas a solução do ABTS^{°+} e a absorbância medida, após 6 minutos, em espectrofotômetro (Shimadzu UV- 1650 PC). A capacidade antioxidante da amostra foi calculada em relação à atividade do antioxidante sintético Trolox (6- hidroxí-2,5,7,8- tetrametilcromo- 2 ácido carboxílico), nas mesmas condições, e foram expressos em atividade antioxidante equivalente ao Trolox ($\mu\text{Mol TEAC. g}^{-1}$ de geleia).

2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para os resultados da composição química, mineral, fitoquímicos e antioxidantes foi utilizado o programa computacional *Assistat* versão 7.5 beta onde os valores obtidos foram submetidos ao teste de Tukey (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DO CLADÓDIO *IN NATURA* E DA POLPA DE PALMA

Os dados referentes à composição química da palma *in natura* e da polpa estão exibidos na Tabela 1. Observa-se que o teor de matéria seca do cladódio *in natura* foi diferente estatisticamente do teor da polpa. Costa et al. (2009) e Costa et al. (2012) encontraram valores médios de 10 a 14% e confirmam o baixo teor de matéria seca para espécie *Opuntia ficus-indica*.

Em relação à umidade e aos compostos voláteis evidencia-se que a palma fresca apresentou teor inferior ($90,21 \pm 0,01\%$) ao da polpa ($91,42 \pm 0,01\%$). Ayadi et al. (2009) avaliaram a composição química dessa espécie e obtiveram valor médio de $91,04\% \pm 0,53$ próximo ao encontrado neste estudo. Em geral os cladódios da *Opuntia* spp. têm um alto teor de água (85-90%) devido ao seu diferenciado metabolismo que retém e utiliza a água de forma muito eficiente, sendo capaz de resistir à seca e extremo calor (BEN SALEM; SMITH, 2008).

De acordo com Stintzing e Carle (2005) o teor de cinza da *Opuntia* spp. pode variar de 19-23%, no entanto os valores médios encontrados neste estudo foram inferiores aos relatados para os cladódios ($6,95 \pm 0,71\%$) e para a polpa ($6,22 \pm 0,14\%$), e não diferiram estatisticamente entre eles ($p < 0,01$). Este fato pode ser explicado pela influência de fatores intrínsecos (cultivar, variedade e estágio de maturação) e extrínsecos (condições climáticas, solo e uso de fertilizantes) sobre a composição química dos vegetais (Ekholm et al., 2007).

Tabela 1- Composição física e química da palma *in natura* e polpa branqueada da *Opuntia ficus-indica*

Parâmetros	<i>In natura</i> *	Polpa*
Matéria seca (%)	$9,79 \pm 0,01^a$	$8,58 \pm 0,01^b$
Umidade e Compostos voláteis (%)	$90,21 \pm 0,01^b$	$91,42 \pm 0,01^a$
Cinzas (%) ¹	$6,95 \pm 0,71^a$	$6,22 \pm 0,14^a$
Proteína total (%) ¹	$4,11 \pm 0,12^b$	$6,06 \pm 0,34^a$
Lipídios (%) ¹	$1,72 \pm 0,03^a$	$1,71 \pm 0,08^a$
Carboidratos totais (%) ¹	$87,18 \pm 0,74^a$	$86,03 \pm 0,42^a$
Açúcares solúveis totais (% frutose)	$0,71 \pm 0,02^a$	$0,53 \pm 0,01^b$
Sólidos Solúveis	$3,17 \pm 0,06^b$	$4,20 \pm 0,00^a$
pH	$4,33 \pm 0,03^a$	$4,36 \pm 0,00^a$
Acidez total titulável em málico (%)	$0,29 \pm 0,01^b$	$0,44 \pm 0,01^a$

* Valores referem-se às médias resultantes de triplicatas, com os respectivos desvios padrões; Médias seguidas por letras diferentes na linha apresentam diferença significativa pelo Teste de Tukey ($p < 0,01$);

¹ g/100g de matéria-seca.

Costa et al. (2009) relataram que o teor de proteína bruta em cladódios de cactos pode variar 4-6% de matéria seca. Neste estudo os valores para este nutriente encontram-se dentro da faixa relatada, sendo a quantidade de proteína na palma *in natura*, estatisticamente inferior a da polpa. Porém, valores superiores foram encontrados por Guevara-Figueroa et al. (2010) para diferentes variedades de palma (6,7- 19,0%).

Em relação aos teores de lipídios verificou-se que não há diferença significativa entre o do cladódio ($1,72 \pm 0,03\%$) e o da polpa ($1,71 \pm 0,08\%$). Estudos realizados por

Guevara-Figueroa et al. (2010) em palma (*Opuntia* spp.) relatam valores que variaram de 0,1-1,5%, próximos aos encontrados no presente estudo, enquanto que Ayadi et al. (2009) relatam para esta mesma espécie teores superiores a faixa de 3,95- 4,69%.

Os cladódios *in natura* apresentaram $87,18 \pm 0,74\%$ de carboidratos totais e $0,71 \pm 0,02\%$ de açúcares solúveis totais, quantidades, respectivamente, semelhante e superior à polpa que continha $86,03 \pm 0,42\%$ de carboidratos totais e $0,53 \pm 0,01\%$ de açúcares solúveis totais. Valores inferiores foram encontrados por Stintzing e Carle (2005) em cladódios da espécie *Opuntia* ($64-71\%$ de carboidratos totais e $0,32\%$ de açúcares solúveis totais).

Os sólidos solúveis do cladódio fresco ($3,17 \pm 0,06\%$) foi igual ao encontrado por Beltrão Filho et al. (2007) ($3,17 \pm 0,05\%$) em palma da mesma cultivar, porém os da polpa ($4,20 \pm 0,00\%$) encontravam-se em maior quantidade. Os valores de pH do cladódio *in natura* ($4,33 \pm 0,03\%$) e da polpa ($4,36 \pm 0,00\%$) não diferiram estatisticamente entre si. Estes valores são superiores aos relatados por Ayadi et al. (2009) para palma *Opuntia ficus-indica* f. *amylocea*, ($4,02 \pm 0,4\%$).

A acidez titulável apresentaram diferenças estatísticas entre os valores do cladódio ($0,29 \pm 0,01\%$) e da polpa ($0,44 \pm 0,01\%$). Esses valores foram inferiores ao encontrado por Ayadi et al. (2009) para a *Opuntia ficus-indica* f. *inermis* ($0,652 \pm 0,06\%$).

Evidencia-se, portanto, que o processo para obtenção de polpa propiciou redução de alguns componentes (matéria seca e açúcares solúveis totais) e aumento nos teores de outros (proteínas, sólidos solúveis e acidez titulável). Estas alterações podem ter sido decorrentes da lixiviação e da concentração de substâncias que aconteceram durante o processamento da palma.

3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DA GELEIA DE PALMA

Estudos sobre o processamento e composição física e química de geleias de palma ainda são escassos na literatura, com isso, as discussões realizadas neste estudo foram estabelecidas de acordo com geleias elaboradas tanto de polpa como de cascas de frutas. Na Tabela 2 estão apresentados os valores médios, da composição física e química da geleia de palma. O teor de umidade e compostos voláteis ($27,38 \pm 1,11\%$) atende a legislação brasileira que estabelece no máximo 35% para este parâmetro

(BRASIL, 1978). Lago-Vanzela et al. (2011) desenvolveram geleias da polpa e da casca de cajá-manga (*Spondias cytherea* Sonn.) com teor de umidade de $34,2 \pm 0,14\%$ e $29,5 \pm 0,23\%$, respectivamente.

Tabela 2- Resultados obtidos das análises físicas e químicas da geleia de palma *Opuntia ficus-indica*

Parâmetros	Geleia*
Umidade e Compostos voláteis (%)	$27,38 \pm 1,11$
Cinza (%) ¹	$0,74 \pm 0,01$
Proteína total (%) ¹	$0,57 \pm 0,00$
Lipídios (%) ¹	**
Carboidratos totais (%) ¹	$71,31 \pm 0,05$
Valor calórico (Kcal) ¹	$287,48 \pm 0,04$
Açúcares totais (%)	$30,49 \pm 0,00$
Açúcares redutores (% glicose)	$20,74 \pm 0,00$
Açúcares não redutores (% sacarose)	$9,75 \pm 0,00$
Sólidos solúveis (°Brix)	$63,89 \pm 0,06$
Atividade de água (A _a)	$0,88 \pm 0,00$
pH	$3,65 \pm 0,02$
Acidez total titulável em ácido cítrico (%)	$1,11 \pm 0,01$

* Valores médios resultantes de triplicatas, com os respectivos desvios padrões;

** não encontrado;

¹ g/100g de matéria úmida.

No tocante ao teor de cinzas, a geleia da *Opuntia ficus-indica* apresentou quantidade superior a de outras geleias, com a de pinha (*Annona squamosa* L.), atemóia (*Annona cherimola* Mill. X *Annona squamosa* L.) e graviola (*Annona squamosa* L.) com 50% de sacarose e 50% de polpa, cujos valores foram de $0,11 \pm 0,01$, $0,07 \pm 0,02$ e $0,08 \pm 0,01$ g.100 g⁻¹, respectivamente (ORSI et al., 2012) estudando geleias elaboradas com diferentes concentrações de casca de jabuticaba (*Myrciaria* spp.) apresentaram valores médios de 0,09% (DESSIMONI-PINTO et al., 2011). O mais elevado teor de cinzas da geleia de palma pode ser explicado pela quantidade de matéria inorgânica,

abundante na palma, como o potássio e cálcio, que foram concentrados no momento do cozimento da geleia (AYADI et al., 2009; RODRÍGUEZ-GARCIA et al., 2007).

A geleia de palma apresentou teor de proteína ($0,57 \pm 0,00\%$) superior ao encontrado em geleias de jabuticaba elaboradas, com 80% da casca e 20% da polpa; 50% da casca e 50% da polpa ($0,22 \pm 0,02\%$ e $0,19 \pm 0,01\%$, respectivamente) (DISSIMONI-PINTO et al., 2011) e geleia da polpa de cajá-manga ($0,27 \pm 0,02\%$) (LAGO-VANZELA et al., 2011). O maior teor de proteína da geleia de palma pode ser compreendido pela concentração da polpa e redução da umidade, bem como pelo fato de que menor concentração de sacarose na formulação pode ter retardado a reação de Maillard, impedindo a formação dos compostos voláteis que atuam na redução do teor de proteínas (BESBES et al., 2009).

A geleia de palma, diferentemente de outras geleias, não apresentou lipídios em sua composição. Lago-Vanzela et al. (2011) e Dessimoni-Pinto et al. (2011) relatam teores de lipídios de $0,16 \pm 0,00\%$, $0,11 \pm 0,00\%$ em geleias de cajá-manga e de $0,24 \pm 0,04\%$, $0,26 \pm 0,02\%$ em geleias de jabuticabas (*Myrciaria* spp.).

Carboidratos totais da geleia de palma ($71,31 \pm 0,05\%$) foi inferior ao encontrado por Orsi et al. (2012) em geleia de pinha ($73,05 \pm 0,05\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) e de graviola ($77,83 \pm 0,04\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$), respectivamente. A menor quantidade de sacarose na formulação da geleia de palma propiciou a obtenção de um produto menos calórico quando comparado com outras geleias. Enquanto que a geleia de palma continha $287,48 \pm 0,04\text{ kcal}$, a geleia de graviola apresentava $314,85 \pm 0,10\text{ kcal}$ (ORSI et al., 2012). Dissimoni-Pinto et al. (2011) desenvolveram geleias de jabuticaba, com variação na quantidade de polpa e de casca e apresentaram valor calórico entre $303,87 \pm 6,59$ a $304,54 \pm 5,24\text{ kcal}$.

Conseqüentemente, os teores de açúcares totais ($30,49 \pm 0,00\%$), açúcares redutores ($20,74 \pm 0,00\%$) e açúcares não redutores ($9,75 \pm 0,00\%$) também foram inferiores aos da foram diferentes dos resultados obtidos por Orsi et al. (2012) em geleias de graviola elaboradas com 50% de sacarose e 50% de polpa ($56,19\text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de açúcares totais; $44,10\text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de açúcares redutores e $12,38\text{ g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de açúcar não redutores). O teor de sólidos solúveis da geleia de palma foi semelhante ao encontrado por García-Martínez et al. (2002) em geleia de laranja, formulada com 67% de sacarose e 22% de fruta ($63,8^\circ\text{Brix}$), cuja atividade de água foi menor ($0,815$) que a encontrada na geleia de palma.

O pH e a acidez titulável ($3,65 \pm 0,02$ e $1,11 \pm 0,01\%$, respectivamente) da geleia de palma foram superiores aos relatados por García-Martínez et al. (2002) para geleias de laranja ($3,35 \pm 0,01$ a $3,97 \pm 0,01$ e $0,068 \pm 0,00$ a $0,182 \pm 0,00 \text{g.}100\text{g}^{-1}$ em ácido cítrico, respectivamente). No entanto, a acidez da geleia de palma foi semelhante a da geleia de cajá-manga (*Spondias cytherea* Sonn.) elaborada com a polpa ($0,98 \pm 0,01 \text{g.}100\text{g}^{-1}$), porém inferior a da geleia formulada com casca desse fruto ($1,75 \pm 0,02 \text{g.}100\text{g}^{-1}$) (LAGO-VANZELA et al., 2011).

3.3 COMPOSIÇÃO MINERAL

O cladódio *in natura* apresentou os maiores teores de minerais, com destaque para o cálcio, magnésio e potássio por estarem em maior concentração tanto no cladódio *in natura* como na polpa e na geleia (Tabela 3). Os menores teores de minerais foram encontrados na geleia quando comparados com os da polpa e os do cladódio fresco.

Tabela 3- Teor de minerais em cladódios de palma *in natura*, polpa e geleia de *Opuntia ficus-indica*

Minerais	Palma <i>in natura</i> *	Polpa*	Geleia*
Macro			
P (mg/100g)	$12,20 \pm 0,96^a$	$11,77 \pm 0,35^a$	$1,10 \pm 0,00^b$
K (mg/100g)	$145,57 \pm 1,50^b$	$169,70 \pm 16,60^a$	$35,40 \pm 0,00^c$
Ca (mg/100g)	$181,93 \pm 2,35^a$	$118,37 \pm 9,08^b$	$4,40 \pm 0,20^c$
Mg (mg/100g)	$161,43 \pm 6,10^a$	$126,83 \pm 9,55^b$	$9,20 \pm 0,72^c$
Micro			
Cu (mg/100g)	$0,62 \pm 0,02^a$	$0,57 \pm 0,00^b$	$0,15 \pm 0,01^c$
Fe (mg/100g)	$5,82 \pm 0,38^a$	$2,88 \pm 0,12^b$	$1,09 \pm 0,07^c$
Zn (mg/100g)	$3,30 \pm 0,08^a$	$2,68 \pm 0,09^b$	$0,41 \pm 0,04^c$
Mn (mg/100g)	$58,52 \pm 0,40^a$	$36,37 \pm 0,49^b$	$1,62 \pm 0,16^c$

^{a,b} Diferentes letras minúsculas sobscritas em uma linha indicam diferença significativa ($p < 0,01$);

* Valores médios resultantes de triplicatas, com os respectivos desvios padrões.

Sanchez-Castilho et al. (1998) analisando os minerais presentes em cladódios frescos da *Opuntia ficus-indica* detectaram que o magnésio, potássio e fósforo

encontravam-se na faixa de 63-41 mg/100g; 284-170 mg/100g e de 96-18 mg/100g, respectivamente. Evidencia-se que teor de magnésio foi inferior, porém o de potássio e fósforo foram superiores aos da palma fresca e da polpa deste estudo. Para o teor de cálcio, magnésio e potássio dos cladódios *in natura* e na polpa também superaram o encontrado em brócolis e a couve-flor, ficando próximo ao do feijão, ervilha, chuchu, abobrinha, beterraba, cenoura, batata, inhame e tomate. No que se refere ao teor de cobre e zinco, Ben Salen et al. (2005) relatam em cladódios de palma (*Opuntia ficus-indica*) valores de 0,56 mg/100g e 3,56 mg/100g, respectivamente, estando portanto próximos aos encontrados neste estudo para a palma *in natura* e a polpa.

Esperava-se que a maior perda do material inorgânico, ocorresse no processo para a obtenção da polpa, devido à lixiviação durante o branqueamento, no entanto isso não ocorreu. Porém, na geleia evidencia-se uma redução, na faixa de 75,68 a 97,58%, no teor destes elementos. O fato da geleia contendo 65% de polpa em sua formulação pode justificar os teores mais reduzidos encontrados nesse produto. Por outro lado, ao confrontar os dados do perfil mineral, com os valores de cinzas da palma fresca ($0,68 \pm 0,07\%$), da polpa ($0,53 \pm 0,01\%$) e da geleia ($0,74 \pm 0,01\%$), (em base úmida) observa-se que também pode ter ocorrido interferência de matriz uma vez que na geleia continha outros constituintes como a sacarose.

3.4 FITOQUÍMICOS BIOATIVOS E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DOS CLADÓDIOS, POLPA E GELEIA DE PALMA.

3.4.1 Compostos fitoquímicos

A geleia de palma apresentou teores de taninos condensados, compostos fenólicos totais e clorofila total, superiores ao da palma *in natura*, cujo percentual de acréscimo foi na ordem de 342,57%, 44,42%, 74,64%, respectivamente. Entretanto, ao comparar os fitoquímicos da polpa e da geleia evidencia-se que os teores de flavonóides totais, fenólicos totais e a clorofila total não diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) (Tabela 4).

Tabela 4- Teores de fitoquímicos em cladódios da palma *in natura*, polpa e geleia de *Opuntia ficus-indica*

Compostos bioativos	<i>In natura</i> *	Polpa*	Geleia*
Flavonóides totais µg/100g	363,03 ± 21,70 ^a	331,98 ± 2,56 ^{ab}	312,12 ± 8,08 ^b
Taninos condensados mg/100g	20,20 ± 0,60 ^b	10,88 ± 0,68 ^c	89,40 ± 3,80 ^a
Fenólicos totais µg/mL	96,64 ± 3,39 ^b	132,85 ± 3,52 ^a	139,57 ± 1,99 ^a
Clorofila total mg/100g	63,84 ± 3,75 ^b	116,48 ± 6,17 ^a	111,49 ± 6,57 ^a
Ácido ascórbico mg/100g	8,30 ± 0,33 ^a	3,73 ± 0,77 ^b	2,60 ± 0,34 ^c

* Valores médios resultantes de triplicatas, com os respectivos desvios padrões;

^{a,b} Diferentes letras minúsculas sobrescritas em uma linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

Igual et al. (2013) analisando diferentes tipos de processamento para obtenção de geleias de uva (*Citrus paradise* var. Star Ruby) constataram perdas de 33-47% no teor de flavonóides. Essa redução estava relacionada ao aumento da temperatura do processo. Na geleia de palma a redução foi de 14% na quantidade destes constituintes quando comparada com o teor da polpa. Os valores para flavonóides dos cladódios *in natura* e da polpa também não apresentaram diferença estatística ($p < 0,05$).

Turkmen, Sari e Velioglu (2005) relatam aumento significativo no teor de fenólicos totais ($p < 0,05$), em pimenta, brócolis e feijão verde submetido a tratamento térmico. Estudos realizados por Plessi, Bertelli, Albasini (2007) e Zafrilla, Ferreres, Tomás-Barberán (2001) demonstram que o teor dos fenólicos totais após o processamento de geleias aumenta quando comparados com o da matéria-prima. Esses autores justificam que o aumento do teor de ácido gálico durante o cozimento da geleia, pode está relacionado com a liberação e a transformação de outros compostos fenólicos em ácido gálico, devido à degradação das estruturas celulares. O mesmo comportamento foi evidenciado ao processar a palma fresca em polpa e em geleia.

A clorofila da palma fresca ($63,84 \pm 3,75$ mg/100g) encontrava-se em menor quantidade, quando comparada com a da polpa ($116,48 \pm 6,17$ mg/100g) e a da geleia ($111,49 \pm 6,57$ mg/100g). Com a aplicação de calor, a pigmentação dos vegetais é alterada ocorrendo transformações na molécula de clorofila. A modificação mais comum é a substituição do íon magnésio, ligado ao anel pirrólico da clorofila, por íons hidrogênio formando a feofitina, que confere uma coloração verde-oliva escura e opaca (HAYAKAWA, 1977). Os dois produtos da degradação da clorofila *a*, o feoforbídeo *a*

e a feofitina *a*, podem ter interferido na determinação da clorofila *a* absorvendo luz e fluorescendo na mesma região do espectro. Se esses feopigmentos estiverem presentes na amostra, poderão ocorrer erros significativos na concentração de clorofila *a* (BARROSO, 1998).

A palma *in natura* apresentou teor de ácido ascórbico de $8,30 \pm 0,33$ mg/100g, este valor encontra-se dentro da faixa relatada por Stintzing e Carle (2005) para o teor de ácido ascórbico em *Opuntia* spp. (7- 22 mg/100g). Após o tratamento para obtenção da polpa o teor foi reduzido para $3,73 \pm 0,77$ mg/100g e na geleia para $2,60 \pm 0,34$ mg/100g, a perda deste nutriente decorrente do processamento foi de 55,06 e 68,67%, respectivamente. A degradação do ácido ascórbico em função do cozimento, por 20 minutos, dos cladódios da *Opuntia ficus-indica* foi relatada por Ramírez- moreno et al. (2013) com perda variando de 12,34 - 31,76% no teor de ácido ascórbico.

3.4.2 Capacidade antioxidante

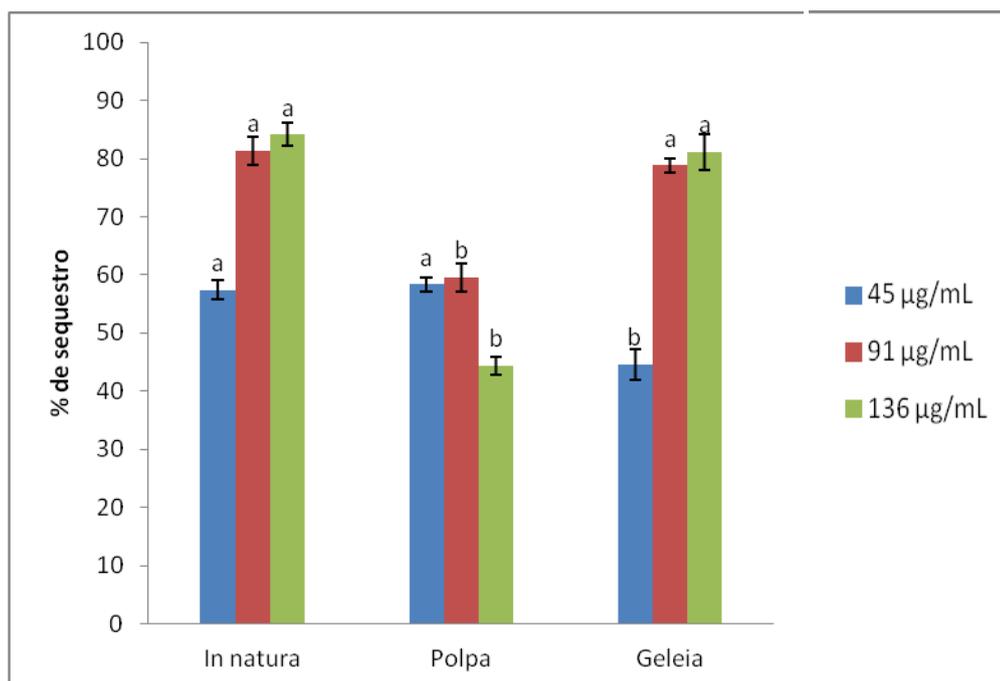
Os compostos antioxidantes atuam protegendo o sistema biológico contra oxidações excessivas oriundas de processos ou reações que possuem efeito nocivo às células (KRINSKY, 1994). Existem dois tipos de antioxidantes, os exógenos e os endógenos. A ingestão de alimentos de origem vegetal fornece compostos bioativos, dentre eles vitaminas, compostos fenólicos e carotenóides que contribuem com o sistema de defesa antioxidante endógeno (HALLIWELL, 1996; WILLCOX et al., 2004).

A capacidade antioxidante de alimentos, bebidas e componentes da dieta pode ser mensurada por vários métodos *in vitro*, incluindo o da capacidade de sequestro do radical 2,2- difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) e do radical 2,2-azinobis 3 etil-benzotiazolina-6-ácido sulfônico (ABTS). Estes métodos avaliam a capacidade de sequestro do antioxidante que ocorre por transferência de hidrogênio e/ou de elétrons do composto antioxidante para o radical (CRAFT et al., 2012).

A capacidade dos extratos do cladódio *in natura*, da polpa e da geleia de palma de sequestrar o radical DPPH, expressa em percentual de sequestro, encontra-se apresentada na Figura 2. O percentual de sequestro da palma *in natura* e da geleia foi semelhante, pois quanto maior a concentração de fenólicos, maior foi à resposta.

Entretanto, a polpa exibiu comportamento diferente, observa-se que houve redução na capacidade antioxidante, quando foi empregada a maior concentração de fenólicos.

Figura 2- Capacidade de sequestrar o radical DPPH (% de sequestro) dos extratos do cladódio *in natura*, polpa e geleia de palma



* Letras iguais nas colunas referentes às concentrações de 45 µg/mL, 91 µg/mL e 136 µg/mL de fenólicos totais, respectivamente, não diferiram estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$). O percentual de sequestro calculado aos 70 minutos da reação.

A eficiência do antioxidante está relacionada ao tempo, pois se espera que a sua ação seja rápida. Portanto, o antioxidante deve exibir elevado percentual de sequestro em curto período de tempo, o que não ocorreu com a palma e seus produtos. Estudos realizados com extratos de brócolis e de couve exibiram percentuais de sequestro de 75-77% e 73-79%, respectivamente, empregando concentração de fenólicos totais de 1,6 mg/mL, e tempo de reação de 10 minutos (ZHOU; YU, 2006).

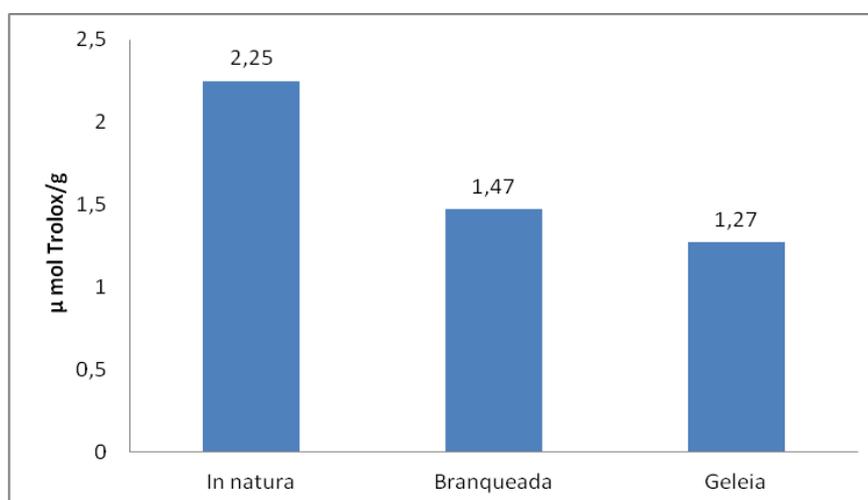
Considerando o tempo de reação pode-se constatar que os extratos desses vegetais apresentaram capacidade antioxidante superior ao dos extratos de palma e seus produtos. Alterações na estrutura dos compostos fenólicos podem afetar as propriedades antioxidantes de alimentos vegetais processados (NICOLI; ANESE; PARPINEL, 1999).

A capacidade da pimenta, feijão verde, brócolis e espinafre processados em sequestrar o radical DPPH, aos 60 minutos de reação aumentou de forma significativa ($p < 0,05$) quando comparada com a desses vegetais frescos (TURKMEN; SARI; VELIOGLU, 2005). O aumento da capacidade de sequestro do radical DPPH de alguns vegetais após tratamento térmico pode ser justificada pelo calor que inativa as peroxidases permitindo que os compostos fenólicos atuem livremente como antioxidantes nesses alimentos (GAZZANI et al., 1998).

Alguns autores afirmam que o processamento de frutas e legumes, pode aumentar a ação antioxidante dos compostos existentes ou formar novos compostos, a exemplo dos produtos da reação de Maillard que possui propriedade antioxidante (NICOLI; ANESE; PARPINEL, 1999; MANZOCCO et al., 2001).

Frente ao radical ABTS, a palma *in natura* exibiu capacidade de sequestro de $2,25 \mu\text{mol Trolox/g}$ (TEAC/g^{-1}) enquanto que os produtos (polpa e geleia) apresentaram menor ação antioxidante. Evidencia-se que o processamento promoveu redução de 34,66% na polpa e de 43,56% na geleia da atividade antioxidante (Figura 3). A palma e seus produtos apresentaram menor capacidade de sequestrar o radical ABTS do que algumas frutas, como a acerola, manga, morango, açaí e uva, com ação antioxidante de 67,6; 13,2; 12,0; 9,4 e $9,2 \mu\text{Mol TEAC.g}^{-1}$ de polpa, respectivamente (KUSKOSKI et al., 2005).

Figura 3- Capacidade de sequestrar o radical ABTS nos extratos do cladódio *in natura*, polpa e geleia de palma



Ramírez-Moreno et al. (2013) analisando o efeito do cozimento de cladódios (*Opuntia ficus-indica*) sobre a capacidade antioxidante, empregando o método FRAP e ABTS, verificaram comportamentos antioxidante distintos. Os autores afirmam que o método FRAP estava relacionado com a atividade dos polifenóis, enquanto que o ABTS estava associado à quantidade de ácido ascórbico.

Não é possível comparar os resultados dos diferentes métodos de antioxidantes, pois cada método tem sua escala de valores. Huang e Prior (2005) abordaram sobre a necessidade da padronização das metodologias e que as mesmas utilizem moléculas biologicamente relevantes, técnicas simples, mecanismos químicos bem definidos, instrumentos de fácil manuseio e disponível, aplicação da repetibilidade e reprodutibilidade e adaptação dos ensaios (antioxidantes hidrofílicos e lipofílicos).

4 CONCLUSÃO

A geleia de palma é um produto hipocalórico quando comparado a outras geleias que apresentam em suas constituições compostos bioativos em quantidade apreciável, porém com capacidade antioxidante pouco expressiva. Porém, apresenta-se como um produto importante pelo menor valor calórico e por veicular fitoquímicos com propriedade antioxidante que irão contribuir com o aporte dietético.

Além disso, a geleia de palma pode ser utilizada como fonte de energia imediata, mas oferecendo um produto hipocalórico e assim beneficiando a saúde dos seus consumidores. Com o processamento da palma em geleia é possível encontrar propriedades que atendam as características nutricionais e funcionais, valorizando um vegetal pouco utilizado na alimentação humana.

REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, A.; CHENG, T. C. Optimization of reduced calorie tropical mixed fruits Jam. **Food Quality and Preference**, v. 12, p 63-68, 2001.
- ALVAREZ, V. V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO JR. E. S.; SOUZA, R. B.; FONSECA, C. A. **Métodos de análises de enxofre em solos e plantas**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 131p.
- AOAC. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC INTERNATIONAL. 16th ed. Gaithersburg: AOAC international, 2005.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxylase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Maryland, v. 24 (1), p. 1-15, 1949.
- AYADI, M. A.; ABDELMAKSOU, W.; ENNOURI, M.; ATTIA, H. Cladodes from *Opuntia ficus-indica* as a source of dietary fiber: effect on dough characteristics and cake making. **Industrial Crops and Products**, v. 30, p. 40-47, 2009.
- BARROSO, G.F. BMLP - Programa Brasileiro de Intercâmbio em Maricultura. Programa de Monitoramento Ambiental. Protocolo para Análise de clorofila *a* e feopigmentos pelo método fluorímetro TD-700. Vitória, Espírito Santo, 1998. p. 1-21.
- BELTRÃO FILHO, E. M.; COSTA, R. G.; ROCHA, J. K. P.; QUEIROGA, R. C. R. E.; SANTOS, N. M.; MAIA, M. O. Evaluation of cactus pear species for jelly processing. **Acta Horticulturae**, n. 811, 2007.
- BEN SALEM, H.; ABDOULI, H.; NEFZAOU, A.; EL-MASTOURI, A.; BEN SALEM, L. Nutritive value, behaviour, and growth of Barbarine lambs fed on oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L.) and supplemented or not with barley grains or spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) pads. **Small Ruminant Research**, v. 59, (2-3), p. 229-237, 2005.
- BEN SALEM, H.; SMITH, T. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. **Small Ruminant Research**, v. 77, p. 174-194, 2008
- BESBES, S.; DRIRA, L.; BLECKER, C.; DEROANNE, C.; ATTIA, H. Adding value to hard date (*Phoenix dactylifera* L.): Compositional, functional and sensory characteristics of date jam. **Food Chemistry**, v. 112, p. 406-411, 2009.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BRAGA, J. M.; DeFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica do fósforo em extrato de solo e plantas. **Revista Ceres**, v. 21, p. 73-85, 1974.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical

method to evaluate antioxidant activity. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 25-30, 1995.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. Resolução de Diretoria Colegiada nº12, de 24 de Julho de 1978. Normas Técnicas Relativas a Alimentos e Bebidas. **Diário Oficial [da] Republica Federativa da Brasil**, Brasília, DF, 1978.

CAYUPÁN, Y. S. C.; OCHOA, J. M.; NAZARENO, M. A. Health-promoting substances and antioxidant properties of *Opuntia* sp. Fruits. Changes in bioactive-contents during ripening process. **Food Chemistry**, v. 126 (2), p. 514-519, 2011.

COSTA, R. G.; BELTRÃO FILHO, E. M.; MEDEIROS, A. N.; GIVISIEZ, P. E. N.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MELO, A. A. S. Effects of increasing levels of cactus (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) in the diet of dairy goats and its contribution as a source of water. **Small Ruminant Research**, v.82, (1), p.62-65, 2009.

COSTA, R. G.; TREVIÑO, I. H.; MEDEIROS, G. R.; MEDEIROS, A. N.; PINTO, T. F.; OLIVEIRA, R. L. Effects of replacing corn with cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) on the performance of Santa Inês lambs. **Small Ruminant Research**, v. 102, p.13– 17, 2012.

CRAFT, B. D; KERRIHARD, A. L.; AMAROWICZ, R.; PEGG, R. B. Phenol – based antioxidants and the in vitro methods used for their assessment. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, n. 2, p. 148-173, 2012.

DESSIMONI-PINTO, N. A. V.; MOREIRA, W. A.; CARDOSO, L. M.; PANTOJA, L. A. Jaboticaba peel for jelly preparation: na alternative technology. **Food Science and Technology, Campinas**, v. 31, (4), p. 864-869, 2011.

DEWANTO, V.; WU, X.; ADOM, K. K.; LIU, R. H. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 10, p. 3010-2014, 2002.

EKHOLM, P.; REINIVUO, H.; MATTILA, P.; PAKKALA, H.; KOPONEN, J.; HAPPONEN, A.; HELLSTROM, J.; OVASKAINEN, M. L. Changes in the mineral and trace element contents of cereals, fruits and vegetables in Finland. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, p. 487-495, 2007.

GARCÍA-MARTÍNEZ, E.; RUIZ-DIAZ, G.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J., CAMACHO, M. M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; CHIRALT, A. Jam manufacture with osmodehydrated fruit. **Food Research International**, v. 35, p. 301-306, 2002.

GAZZANI, G.; PAPETTI, A.; MASSOLINI, G.; DAGLIA, M. Antioxidant activity of water soluble components of some common diet vegetables and effect of thermal treatment. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 4118–4122, 1998.

GUEVARA-FIGUEROA, T.; JIMÉNEZ-ISLAS, H.; REYES-ESCOGIDO, M.;

- MORTENSEN, A.; LAURSEN, B.; LIN, L.; DE LEÓN-RODRIGUEZ, A.; FOMSGAARD I.; ROSA, A. Proximate composition, phenolic acids, and flavonoids characterization of commercial and wild nopal (*Opuntia* spp.). **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, (6), p. 525-532, 2010.
- HALLIWELL, B. Antioxidants in human health and disease. **Annual Review of Nutrition**, v. 16, p. 33-50, 1996.
- HAYAKAWA, K.I. Influence of heat treatment on the quality of vegetables: changes in visual green color. **Journal of Food Science**, v.42, p.778-781, 1977.
- HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1841, 2005.
- IGUAL, M.; SAMPEDRO, F.; MARTÍNEZ-NAVARRTE, N.; FAN, X. Combined osmodehydration and high pressure processing on the enzyme stability and antioxidant capacity of a grafruit Jam. **Journal of Food Engineering**, v. 114, (4), p. 514-521, 2013.
- KRINSKY, N. I. The biological properties of carotenoids. **Pure and Applied Chemistry**, v. 66, p. 1003-1010, 1994
- KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante em pulpa de frutos. **Food Science and Technology, Campinas**, v. 25, n. 4, p. 726-732, 2005.
- LAGO-VANZELA, E. S.; RAMIN, P.; UMSZA-GUEZ, M. A.; SANTOS, G. V.; GOMES, E.; SILVA, R. Chemical and sensory characteristics of pulp and peel 'cajámanga' (*Spondias cytherea* Sonn.) jelly. **Food Science and Technology, Campinas**, v. 31, n. 2, p. 398-405, 2011.
- MANZOCCO, L.; CALLIGARIS, S.; MASRROCOLA, D.; NICOLI, M. C.; LERICI, C. R. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 11, p. 340–346, 2001.
- MERRILL, A. L.; WATT, B. K. Energy value of foods: Basis and derivation, revised U. 513S. Department of Agriculture, retrieved November, 15, 2008 from the Department 514 of Agriculture. **Agriculture Handbook**, 74, 1973. In: <http://www.nal.usda.515gov/fnic/foodcomp/Data/Classics/index.html>. 1973.
- MILIAUSKAS, G.; VENSKUTONIS, P. R.; VAN BEEK, T. A. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. **Food Chemistry**, Washington, v. 85, p. 231-237, 2004.
- NICOLI, M. C.; ANESE, M.; PARPINEL, M. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v. 10, p. 94–100, 1999.

ORSI, D. C.; CARVALHO, V. S.; NISHI, A. C. F.; DAMIANI, C.; ASQUIERI, E. R. Use of sugar Apple, atemoya and soursop for technological development of Jam- Chemical and sensorial composition. **Ciência e Agrotecnologia, Larvas**, v. 3, n. 5, p. 560-566, 2012.

PLESSI, M.; BERTERLLI, D. A.; ALBASINI, A. Distribution of metals and phenolic compounds as a criterion to evaluate variety of berries and related jams. **Food Chemistry**, London, v. 100, p. 419-427, 2007.

RAMÍREZ-MORENO, E.; MARQUÉS, C. D.; SÁNCHEZ-MATA, M. C.; GOÑI, I. In vitro calcium bioaccessibility in raw and cooked cladodes of prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica* L. Miller). **Food Science and Technology**. v. 44, (7), p. 1611-1615, 2011.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9/10, p. 1231-1237, 1999.

RODRÍGUEZ-GARCIA, M. E.; DE LIRA, C.; HERNÁNDEZ-BECERRA, E.; CORNEJO-VILLEGAS, M. A.; PALACIOS-FONSECA, A. J.; ROJAS-MOLINAS, I.; REYNOSO, R.; QUINTERO, L. C.; DEL-REAL, A.; ZEPEDA, T. A.; MUÑOZ-TORRES, C. Physicochemical characterization of nopal pads (*Opuntia ficus indica*) and dry vacuum nopal powders as a function of the maturation. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 62, (3), p. 107-112, 2007.

SANCHEZ-CASTILLO, C. P.; DEWEY, P. J. S.; AGUIRRE, A.; LARA, J. J.; VACA, R.; LA BARRA, P. L.; ORTIZ, M.; ESCAMILLA, I.; JAMES, P. T. The mineral content of mexican fruit and vegetables. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 11, p. 340-356, 1998.

SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análise química de plantas**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, v. 56, 1974.

SAURA-CALIXTO, F.; GOÑI, I. Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. **Food Chemistry**, v. 94, pp. 442-447, 2006.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. **Principal Components analysis in the software Assisat-Statistical Attendance**. In: world congress on computers in agriculture, 7, Reno-nv-usa: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

STINTZING, F. C.; CARLE, R. Cactus stems (*Opuntia* spp.): a review on their chemistry, technology, and uses. **Molecular Nutrition and Food Research**, v. 49, (2), pp. 175-194, 2005.

TIITTO-JULKUNEN, R. Phenolic constituents in the leaves of Northern Willows: Methods for the analysis of certain phenolics. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 33, n. 2, p. 213-217, 1985.

TURKMEN, N.; SARI, F.; VELIOGLU, S. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. **Food Chemistry**, v. 93, (4), p. 713–718, 2005.

VALENTE, L. M. M.; PAIXÃO, D.; NASCIMENTO, A. C.; SANTOS, P. F. P.; SCHEINVAR, L. A.; MIRIAN MOURA R. L.; TINOCO, L. W.; GOMES, L. N. F.; SILVA J. F. M. Antiradical activity, nutritional potential and flavonoids of the cladodes of *Opuntia monacantha* (Cactaceae). **Food Chemistry**, v. 123, (4), p. 1127–1131, 2010.

WETTASINGHE, M.; SHAHIDI, F. Evening primrose meal: a source of natural antioxidants and scavenger of hydrogen peroxide and oxygen-derived free radicals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, n. 5, p. 1801–1812, 1999.

WILLCOX, J.K.; ASH, S.L.; CATIGNANI, G.L. Antioxidants and prevention of chronic disease. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, pp. 275–295, 2004.

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

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. **The Biochemical Journal**, London, v. 57, p. 508–514, 1954.

ZAFRILLA, P.; FERRERAS, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A. Effect of processing and storage on the antioxidant ellagic acid derivatives and flavonoids of red raspberry (*Rubus idaeus*) jams. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, p. 3651–3655, 2001.

ZHOU, K; YU, L. Total phenolic contents and antioxidant properties of commonly consumed vegetables grown in Colorado. **Food Science and Technology**, v. 39, (10), p. 1155–1162, 2006.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho demonstrou que é possível elaborar geleia de palma com redução de sacarose. Quatro geleias de palma obtiveram características de qualidade e não apresentaram diferenças significativas no teste de aceitabilidade e intenção de compra e que receberam boas pontuações dos julgadores. A composição nutricional da geleia apresentou bons resultados em relação aos teores mencionados com outros produtos processados ou até mesmo se comparada com a palma *in natura*. Os teores de alguns fitoquímicos (compostos fenólicos, taninos e clorofila), aumentaram significativamente. A ação dos antioxidantes não foi expressiva na matéria-prima e no produto e o processamento pode ter causado perdas nos teores de ácido ascórbico e minerais.

Com o processamento da palma em geleia é possível encontrar propriedades que atendam as características nutricionais e funcionais, valorizando um vegetal pouco utilizado na alimentação humana. Além de ser fonte de energia imediata, com uma menor caloria beneficiando a saúde dos seus consumidores.

ANEXOS

ANEXO A

QUESTIONÁRIO PARA RECRUTAMENTO DE PROVADORES
IMPORTANTE: AS INFORMAÇÕES CONTIDAS NESTE QUESTIONÁRIO SÃO
CONFIDENCIAIS.

Ser um degustador não exigirá de você nenhuma habilidade excepcional, não tomará muito do seu tempo e não envolverá nenhuma tarefa difícil. Se você deseja participar da equipe de provadores, por favor, preencha este formulário assinando-o no final.

Nome: _____ Data: ___/___/___

Gênero: ()M ()F Idade: _____ Telefone: _____

Escolaridade: _____

E-mail: _____

1. Você sabe o que é ou tem alguma ideia do que é análise sensorial? () Sim () Não

2. Existe algum alimento ou ingrediente pelo qual você apresenta intolerância, aversão ou alergia? Explique o motivo.

3. Você toma alguma medicação que afete seus sentidos, especialmente o paladar e o olfato? Em caso positivo, qual?

4. Indique se você possui:

- () Diabetes () Doença do trato digestório
 () Hipoglicemia () Prótese dentária
 () Hipertensão () Doença crônica das vias nasais superiores
 () Hipotensão () É fumante?

5. Você consome geleias? () Sim () Não

6. Tem alguma preferida? Qual? _____

7. Qual frequência do consumo?

- () uma vez ao ano
 () 1 a 2 vezes por mês () menos de 1 vez por mês () 1 vez por semana
 () 2 a 3 vezes por semana () 4 vezes ou mais por semana () todos os dias

8. Você já consumiu algum produto alimentício que tinha a raquete da Palma? () Sim () Não

9. Cite um exemplo de alimento que considere gelatinoso.

Assinatura: _____

Muito Obrigada!

ANEXO B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

As pesquisas envolvendo seres humanos são norteadas pela Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde

Prezado(a) Senhor(a)

Esta pesquisa é sobre análise sensorial de geleias produzidas a partir das raquetes (estruturas verde) da palma forrageira *Opuntia ficus-indica*, cultivar gigante, que está sendo desenvolvida por Marília Cícera Gomes dos Santos, aluna do Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba, sob a orientação do professor Dr. Edvaldo Mesquita Beltrão Filho.

O objetivo do estudo é conhecer qual a melhor formulação e qual intenção de compra para a geleia de palma.

A palma (*Opuntia ficus-indica*) é uma planta cheia de espinho e sua utilização está associada no Nordeste brasileiro a produção de forragem e silagem para consumo de animais ruminantes. Os alimentos de origem vegetal são fontes de energia, proteína, vitaminas, minerais e a única ou principal fonte de vitamina C, folato, fibras e compostos bioativos. Investigações mais recentes sobre os componentes químicos e valores nutricionais do cacto, têm atraído a atenção de muitos pesquisadores na área das ciências. A exploração econômica de várias espécies de cactos, pode gerar conseqüências muito positivas para o meio ambiente e para a saúde humana.

Os participantes escolherão a melhor formulação da geleia e comunicarão sua intenção de compra sobre o produto escolhido. A finalidade do estudo é contribuir com informações científicas sobre um vegetal abundante no Nordeste brasileiro, porém pouco utilizado no processamento de alimentos para as populações humanas. Para endossar a pesquisa serão realizadas análises físicas, químicas, microbiológicas, compostos bioativos e antioxidantes da polpa obtida pelo vegetal e da geleia.

Solicitamos a sua colaboração para a realização das análises sensoriais, como também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área de alimentos e publicar em revista científica. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo.

Informamos que os produtos apresentados passaram por testes microbiológicos, sendo os mesmos aprovados para o consumo e não acarretando risco ao consumidor.

Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o (a) senhor (a) não é obrigado(a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo Pesquisador(a).

Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano.

Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido (a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma cópia desse documento.

Assinatura do Participante da Pesquisa

Assinatura da Testemunha

Contato com o Pesquisador (a) Responsável:

Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, favor ligar para a pesquisadora Marília Cícera Gomes dos Santos, (83) 9320-0258. Endereço (Setor de Trabalho): Universidade Federal da Paraíba- Campus III, Cidade Universitária- Bananeiras- PB, Brasil - CEP: 58220-000 ou Comitê de Ética em Pesquisa do CCS/UEPB – Cidade Universitária/ Campus I Bloco Arnaldo Tavares, sala 812 – Fone: (83) 3216-7791.

Atenciosamente,

Marília Cícera Gomes dos Santos

ANEXO C

Ficha de Avaliação

Nome: _____ Idade: _____

Gênero: F () M ()

Você está recebendo quatro amostras de geleias de palma codificadas. Por favor, avalie da esquerda para direita segundo a escala hedônica abaixo, quanto aos atributos: **cor, aroma, sabor doce, sabor ácido, textura e aspecto global**. Utilize o quadro de avaliação para deixar sua opinião. Por último, avalie as amostras quanto a sua **intenção de compra**.

Atenção: utilizar a bolacha como veículo da geleia. Entre uma amostra e outra beber um pouco de água para que não haja sabor residual para as demais análises

Escala hedônica de nove pontos:

- | |
|-------------------------------|
| 9- Gostei muitíssimo |
| 8- Gostei muito |
| 7- Gostei moderadamente |
| 6- Gostei ligeiramente |
| 5- Não gostei e nem desgostei |
| 4- Desgostei ligeiramente |
| 3- Desgostei moderadamente |
| 2- Desgostei muito |
| 1- Desgostei muitíssimo |

Quadro de avaliação:

Amostra (CÓDIGO)	Cor	Aroma	Sabor doce	Sabor ácido	Textura	Aspecto global

Você compraria este produto?

- 5- Certamente compraria
 4- Provavelmente compraria
 3- Talvez comprasse talvez não comprasse
 2- Provavelmente não compraria
 1- Certamente não compraria

AMOSTRA (CÓDIGO)	INTENÇÃO DE COMPRA

Comentários:

Muito obrigada!

ANEXO D



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB
 HOSPITAL UNIVERSITÁRIO LAURO WANDERLEY – HULW
 COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS-CEP

**CERTIDÃO**

Comitê de Ética em Pesquisa
 Hospital Universitário Lauro Wanderley
 Universidade Federal da Paraíba

Com base na Resolução nº 196/96 do CNS/MS que regulamenta a ética da pesquisa em seres humanos, certificamos que o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Lauro Wanderley-HULW, da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, APROVOU em reunião Ordinária realizada em 18/06/2013 a pesquisa intitulada PROPRIEDADES NUTRICIONAIS E FUNCIONAIS DE PALMA (*Opuntia ficus indica*) E SUA UTILIZAÇÃO NO PROCESSAMENTO DE GELEIAS, dos pesquisadores Marília Cícera Gomes dos Santos, Edvaldo Mesquita Beltrão Filho (Orientador) e Enayde de Almeida Melo (Coorientadora). Certificado de Apresentação para Apreciação Ética – CAAE:12341313.7.0000.5183, tendo a retrocitada pesquisa sido concluída e entregue cópia neste Comitê.

João Pessoa, 22 de julho de 2013.

Prof^a Dr^a Iaponira Cortez Costa de Oliveira
 Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa-HULW

Iaponira Cortez Costa de Oliveira
 Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa

Endereço: Hospital Universitário Lauro Wanderley-HULW - 4ª andar, Campus I - Cidade Universitária,
 Bairro: Castelo Branco - João Pessoa - PB. CEP: 58056-900 CNPJ: 24008477/007-03
 Fone: (83) 32167964 — Fone/fax: (083)32167964 e-mail: comiteetica@hulw.ufpb.br