

MARTA ASSUNÇÃO ALVES

**CARACTERIZAÇÃO E ASPECTOS PÓS-COLHEITA DOS
FRUTOS DE *OPUNTIA FICUS-INDICA* (L.) MILLER
ORIUNDOS DE ARCOVERDE - PERNAMBUCO**

RECIFE – 2008

MARTA ASSUNÇÃO ALVES

**CARACTERIZAÇÃO E ASPECTOS PÓS-COLHEITA DOS
FRUTOS DE *OPUNTIA FICUS-INDICA* (L.) MILLER
ORIUNDOS DE ARCOVERDE - PERNAMBUCO**

Tese apresentada ao colegiado do Programa de Pós-Graduação em Nutrição do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, para obtenção do Grau de Doutor.

Orientadora: Nonete Barbosa Guerra

Co-orientadora: Samara Alvachian Cardoso Andrade

Recife - 2008

**CARACTERIZAÇÃO E ASPECTOS PÓS-COLHEITA DOS
FRUTOS DE *OPUNTIA FICUS-INDICA* (L.) MILLER ORIUNDOS
DE ARCOVERDE - PERNAMBUCO**

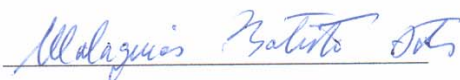
MARTA ASSUNÇÃO ALVES

Tese defendida e aprovada em 22 de fevereiro de 2008.

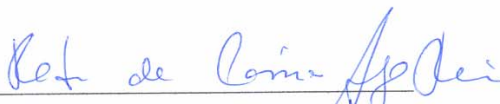
Membros da Banca Examinadora



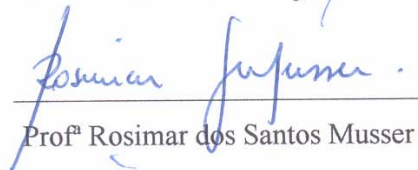
Profª Alda Verônica Sousa Livera



Profº Malaquias Batista Filho



Drª Rita de Cácia Araújo Pereira



Profª Rosimar dos Santos Musser



Profª Silvana de Melo Silva

Recife - 2008

Olhe para o alto ...

Olhe para o alto e veja a sua montanha

A montanha que está aí, dentro de você!

São imensos os desafios, os medos, a descrença,

os conflitos, as dúvidas, as inseguranças.

Mas você tem dentro de si forças poderosas

que precisam ser despertadas!

Olhe para o Alto e ouse ser aquilo que você deseja ser.

Olhe para o alto e ouse ter grandes esperanças,

acreditando poder transformar sonhos em realidade.

Olhe para o alto e ouse fazer de cada desafio

um motivo para reforçar em si o espírito de luta,

garra e determinação de vencer.

Por isso, esforce-se o mais que puder!

E quando chegar ao topo e olhar para baixo,

sentirá a satisfação de ter a montanha a seus pés,

e o prazer supremo da conquista.

(autor: desconhecido)

DEDICO

Em especial, aos meus pais **Carlos e Violante**, por me ensinarem a ter fé em Deus, pelo eterno amor, apoio, força e incentivo durante minha vida, através do carinho e dedicação que contribuíram para a execução desta pesquisa.

Às minhas filhas, **Violante Lina e Joana Carolina**, pelo apoio, carinho extremo, incentivo, confiança e paciência demonstrada através da compreensão e companheirismo em todas as horas.

Ao meu irmão **Marcos**, meus **tios, primos, cunhados, sobrinhos e sogra**, que apoiaram através de palavras de força e confiança, e sempre acreditaram neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

- A Deus, pela graça da vida e por permitir a realização de mais uma etapa de minha vida.
- À Professora Nonete Barbosa Guerra, pela sua incansável paciência, amizade, apoio, incentivo, orientação e contribuição à minha formação, científica e pessoal, através de suas palavras de força.
- À Professora Samara Alvachian Cardoso Andrade, pela co-orientação, apoio e incentivo para a realização deste trabalho, através de suas sugestões, experiências e principalmente amizade.
- Ao IPA (Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária), na pessoa do seu Presidente, pelo incentivo e apoio técnico prestado no transcorrer desta pesquisa.
- Às Doutoradas Rita de Cássia A. P. Galindo e Maria Cristina Lemos da Silva, e aos Doutores Antônio Félix da Costa, Hélio de Almeida Burity, Djalma Cordeiro dos Santos, Iderval Farias, Rildo Sartori B. Coelho, Ildo Eliezer Lederman, João Emmanuel Fernandes Bezerra e Luiz Gonzaga Biones Ferraz e Antônio Raimundo de Souza pela confiança, orientação, incentivo, apoio e suporte técnico prestado no transcorrer desta pesquisa.
- Às Professoras Silvana Magalhães Salgado, Alda Verônica de Souza Livera e Margarida Angélica Vasconcelos, pela amizade, orientação, sugestões, atenção e apoio incondicional durante esta caminhada.
- Aos donos das propriedades, que acreditaram na importância do trabalho e forneceram os frutos, que compuseram a amostra, para sua realização.

- Às funcionárias da biblioteca do IPA, em especial Almira e Sônia, pela amizade, presteza, empenho, gentileza e apoio técnico dispensado constantemente durante a realização deste trabalho.
- Aos funcionários e amigos do Laboratório de Experimentação e Análises de Alimentos (Leaal) do Departamento de Nutrição – UFPE, cuja solidariedade e suporte técnico permitiram a realização dos experimentos.
- Aos Professores da Área de Alimentos, que forneceram, através de suas experiências, informações técnicas e palavras de força para a execução deste trabalho.
- A Cristina Malta, pelo auxílio na revisão do português e na padronização das referências bibliográficas.
- À Secretária de Pós – Graduação Neco, por estar sempre disponível a nos ajudar e orientar.
- A todos, tios, cunhados, amigos e em especial ao meu irmão, Marcos Assunção, Guiomar, Graciete e Letícia Maria do Nascimento, Idalina Pontes Assunção, Antônio José e Marta Ferreira Alves, Maria do Carmo e Antônio Alves, Luíza Maria e José Edmilson de Melo, que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.
- Ao amigo Josué Francisco da Silva Júnior, pela sua incansável colaboração, força e apoio em todos os momentos.
- Às amigas Karla Suzanne Damasceno, Andréa Carla Mendonça de Souza e Maria do Socorro Furtado Bastos, pelo apoio, amizade e atenção em todos os momentos vividos durante a execução deste trabalho.

- A todos os amigos, parentes, funcionários do IPA (da sede e das estações de Ibimirim e Arcoverde) e aos funcionários da UFPE (Departamento de Nutrição), que contribuíram, direta e indiretamente, para a execução deste trabalho.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	11
LISTA DE FIGURAS	14
LISTA DE QUADROS E TABELAS.....	17
RESUMO	20
ABSTRACT	22
1 – INTRODUÇÃO	24
2 – REVISÃO DA LITERATURA	28
2.1 – As cactáceas	29
2.2 – Morfologia, fisiologia e composição química	30
2.3 – Índices de colheita	36
2.4 – Tecnologia pós-colheita	38
2.5 – Considerações finais	43
2.6 – Referências bibliográficas	44
3 – OBJETIVOS	49
3.1 – Geral.	50
3.2 – Específicos	50
4 – PLANO DE TRABALHO	51
5 – EXPERIMENTOS	53
5.1 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E QUÍMICA DOS FRUTOS DE <i>OPUNTIA FICUS-INDICA</i> (L.) MILLER PRODUZIDOS POR PLANTAS ADAPTADAS AO SEMI-ÁRIDO PERNAMBUCANO	54
5.1.1 – Resumo	55

5.1.2 – Abstract	56
5.1.3 – Introdução	57
5.1.4 – Material e métodos	58
5.1.5 – Resultados e discussão	61
5.1.6 – Conclusões	71
5.1.7 – Referências bibliográficas	72
5.2 – OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DA <i>OPUNTIA FICUS-INDICA</i> (L.) MILLER	77
5.2.1 – Resumo	78
5.2.2 – Abstract	79
5.2.3 – Introdução	80
5.2.4 – Material e métodos	82
5.2.5 – Resultados e discussão	87
5.2.6 – Conclusões	98
5.2.7 – Referências bibliográficas	98
6 – CONCLUSÕES GERAIS	102
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
7 – APÊNDICES	107
8 – ANEXOS	109

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AM -	Atmosfera modificada
Anova-	Análise de variância
ANR -	Açúcares não redutores
AR -	Açúcares redutores
AT -	Açúcares totais
ATT -	Acidez total titulável
C -	Rendimento da casca
CAM -	Metabolismo do ácido crasulaceano
D -	Densidade
DAF -	Dias após a floração
DL -	Diâmetro longitudinal
DT -	Diâmetro transversal
EC -	Espessura da casca
EP -	Espessura da polpa
F -	Firmeza do fruto
IAL -	Instituto Adolfo Lutz
IPA -	Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária
MRS -	Metodologia de superfície de resposta
MS -	Matéria seca
N -	Newton
NSF -	Número de sementes fecundadas
PC -	Peso da casca
PCA-	Análise de componentes principais
PF -	Peso do fruto

pH -	Potencial hidrogênio iônico
PP -	Perda de peso
PS -	Peso das sementes
PSS -	Peso da polpa sem semente
PVC -	Cloreto de polivinila
R -	Rendimento
S -	Rendimento de sementes
SST -	Sólidos solúveis totais
SST / ATT -	Sólidos solúveis totais / Acidez total titulável
UP -	Umidade da polpa
UR -	Umidade relativa do ar

LISTA DE FIGURAS

Revisão da Literatura

Figura 1 - Planta e frutos da <i>Opuntia ficus-indica</i> no estágio de maturação comercial, oriundos do município de Arcoverde - PE, 2006	30
Figura 2 - Aspectos externos e internos do fruto da <i>O. ficus-indica</i>	31
Figura 3 - Aspectos externos do fruto de <i>Opuntia ficus-indica</i> em fase de deterioração, colhidos em Ibimirim – PE, 2005	33
Figura 4 - Fruto de <i>Opuntia ficus-indica</i> colhido com pedaço do cladódio (Ibimirim - PE, 2005)	38

Experimentos

I . Caracterização física, físico-química e química dos frutos de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller produzidos por plantas adaptadas ao semi-árido pernambucano

Figura 1 - Frequência da coloração dos frutos de <i>Opuntia ficus-indica</i> no dia de colheita, Arcoverde - PE, 2006	62
Figura 2 - Morfologia e coloração dos frutos de <i>Opuntia ficus-indica</i> das diferentes propriedades de Arcoverde – PE, 2006	66
Figura 3 - Pesos das variáveis nas duas primeiras componentes principais para os parâmetros físicos, físico-químicos e químicos em <i>Opuntia ficus-indica</i> (Propriedades 1, 2 e 3)	70
Figura 4 - Escores das amostras nos dois primeiros componentes principais para os parâmetros físicos, físico-químicos e químicos em <i>Opuntia ficus-indica</i> (Propriedades 1, 2 e 3)	71

II . Otimização das condições de pós-colheita de frutos da *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller

Figura 1 - Frequência das cores dos frutos de <i>Opuntia ficus-indica</i> no tempo zero e na saída do armazenamento	88
Figura 2 - Curvas de contorno da propriedade 1, após aplicação dos tratamentos em frutos de <i>Opuntia ficus-indica</i>	95
Figura 3 - Curvas de contorno da propriedade 2, após aplicação dos tratamentos em frutos de <i>Opuntia ficus-indica</i>	96
Figura 4 - Curvas de contorno da propriedade 3, após aplicação dos tratamentos em frutos de <i>Opuntia ficus-indica</i>	97

LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO	Pág.
Quadro 1. Composição química do fruto da <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Miller	35

TABELAS

Experimentos

I. Caracterização física, físico-química e química dos frutos de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller produzidos por plantas adaptadas ao semi-árido pernambucano.

Tabela 1- Escala estruturada de intervalos de cores	60
Tabela 2- Parâmetros físicos, físico-químicos e químicos dos frutos de <i>Opuntia ficus-indica</i> cultivados em Arcoverde-PE, 2006	63
Tabela 3- Coeficientes de correlação entre os parâmetros físicos, físico-químicos e químicos dos frutos de <i>Opuntia ficus-indica</i>	65

II. Otimização das condições de pós-colheita de frutos da *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller

Tabela 1- Níveis decodificados e codificados das variáveis independentes utilizados no delineamento experimental das condições pós-colheita de frutos <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Miller	85
Tabela 2 – Matriz de planejamento das condições de armazenamento pós-colheita de frutos <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Miller	86
Tabela 3 – Escala estruturada de intervalos de cores	87
Tabela 4 - Dados experimentais usados para análise da superfície de respostas e os valores correspondentes ao tempo zero em frutos de <i>Opuntia ficus-indica</i> colhidos na propriedade 1.....	91

Tabela 5 - Dados experimentais usados para análise da superfície de respostas e os valores correspondentes ao tempo zero em frutos de <i>Opuntia ficus-indica</i> colhidos na propriedade 2	91
Tabela 6 - Dados experimentais usados para análise da superfície de respostas e os valores correspondentes ao tempo zero em frutos de <i>Opuntia ficus-indica</i> colhidos na propriedade 3	92
Tabela 7 - Coeficientes de regressão e determinação da equação para as variáveis dependentes durante o armazenamento pós - colheita dos frutos de <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Miller	93

RESUMO

O desconhecimento da potencialidade da *Opuntia ficus-indica* (L) Miller (figo da índia) como frutícola e a escassez de dados sobre o comportamento pós-colheita de seus frutos motivou esta pesquisa, para avaliar o potencial comercial e tecnológico e otimizar as condições pós-colheita dos frutos de três propriedades do semi-árido pernambucano. De cada propriedade colheu-se, aleatoriamente, 150 unidades no estágio II - 1/2 maduro, das quais, após seleção, 20 foram destinadas à caracterização física, físico-química e química (experimento 1) e 62 aos ensaios pós-colheita (experimento 2), segundo o planejamento fatorial 2^2 , cujas variáveis dependentes foram: temperatura e tempo (três níveis) e as independentes, relacionadas aos parâmetros de qualidade, avaliadas no tempo zero e ao final de cada período. Os dados do experimento 1, foram submetidos à Anova, Análise de Componentes Principais e correlação de Pearson, e os do experimento 2, à Metodologia de Superfície de Resposta. Foram observadas diferenças significativas, entre as propriedades, relativas ao pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, relação sólidos solúveis totais / acidez total titulável, espessura de polpa e relação diâmetro longitudinal / diâmetro transversal; estas diferenças exerceram maior influência na qualidade e diferenciação entre os frutos da P2 e da P1, que também, diferiram da P3. Os resultados do experimento 2 indicam que as melhores condições de armazenamento, apresentadas pelos frutos da P3, foram: 10 °C/ 10 dias e 15°C / 30 dias, na dependência do mercado. Os frutos da P3 apresentam, portanto, maior potencial para consumo *in natura*, enquanto os da P2 para industrialização. A incorporação destas plantas ao sistema produtivo contribuirá para a melhoria da renda do pequeno produtor dessa região.

Palavras-chave: figo da índia, caracterização de frutos, tecnologia pós-colheita.

ABSTRACT

The lack of information about the *Ountia ficus-indica* (L) Miller (prickly pear) potential as fructiferous species and the data scarcity about its fruits post-harvest behavior have motivated this research to evaluate its commercial and technological potential. Therefore, the experiment were carried out in 3 Pernambuco semi-arid properties. From each property was collected, randomly, 150 samples at stage 2 (half mature), which, after selection, 20 ones were destined to physical, physico-chemical and chemical analysis. The first experiment(experiment 1) and the following 62 post-harvest analysis (experiment 2), according to the factorial planning 2^2 , whose dependent variables were temperature and time (3 levels) and the independents, related to quality parameters, evaluated on the beginning and at the end of each time period. The experiment 1 data were submitted to ANOVA, Main Components Analysis and Pearson's correlation and the experiment 2, the Surface Response Methodology. Significant differences were observed between the properties related to the pH, total titratable acidity, total soluble solids, total soluble solids relationship/total titratable acidity, thickness of pulp and relationship of longitudinal diameter/transverse diameter; these differences exerted a large influence on quality and differentiation among the fruits from P2 and P1 samples and has differed from P3, as well. The result of experiment 2 indicates that at the best storage conditions, showed in the sample P3, we have got: 10 ° C / 10 days and 15 ° C / 30 days, depending on the market. The sample P3 was identified as having the greater potential for waste in nature, while the P2 ones intended for industrialization. The incorporation of this plant properties to productive system will contribute to improving the regional small farmers gains.

Key word: prickly pear, characterization of the fruit, post harvest technology

1 INTRODUÇÃO

A *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller é a palma forrageira mais estudada, utilizada e difundida em regiões áridas e semi-áridas do planeta. A espécie pertence à família das Cactaceae Juss., subfamília Opuntioideae e gênero *Opuntia* Mill, do qual foram catalogadas aproximadamente 300 espécies, desde o Canadá até a Patagônia. No México, já foram registradas 104 espécies e variedades (BARBERA, 2001; MANICA, 2002; NOBEL, 2001; SCHEINVAR, 2001). O interesse econômico por frutos dessa planta tem aumentado de forma considerável nos últimos anos, levando a um aumento da área cultivada, conseqüentemente ocorrendo uma maior oferta de frutos e outros produtos no mercado mundial.

O futuro das zonas áridas e semi-áridas do mundo depende do desenvolvimento sustentável de sistemas agrícolas apoiados em uma seleção adequada de cultivos (BARBERA; INGLESE; PIMENTA-BARRIOS, 2001). Assim, a adaptação de espécies frutíferas da *Opuntia* desponta como uma forte opção para um melhor aproveitamento das áreas que se apresentam degradadas que precisam diversificar sua agricultura (BICALHO; PENTEADO, 1982; MANICA, 2002). Esta pretensão tem como suporte sua resistência à seca e a temperaturas elevadas; a adaptabilidade aos solos com limitações de profundidade e fertilidade, além daqueles rochosos ou com textura difícil para outros cultivos; a alta eficiência na utilização da água e seu fácil manejo, proporcionando alimento para o homem, como ocorre em grande escala no México, além da sua utilização como forragem (BARBERA; INGLESE; PIMENTA – BARRIOS, 2001; MANICA, 2002).

Os generos *Opuntia* e *Nopalea* Salm-Dyck foram introduzidas no Brasil pelos portugueses, em meados do século XVIII, com o objetivo de desenvolver a criação de

cochonilla. A partir de 1900 passou a ser utilizada como forragem, sendo instalados campos de propagação. Três centros se destacaram na sua produção: Batalha, Major Isidoro e Pão de Açúcar, respectivamente no Estado de Alagoas, Região do Agreste em Pernambuco e Região dos Cariris Velhos na Paraíba (SOBREIRA FILHO, 1992). Das inúmeras variedades de opuntia introduzidas no Nordeste, destinados à produção de forragem, apenas três tiveram boa adaptação: a palma graúda ou gigante (*Opuntia* sp.); a palma miúda (hoje *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck); e a palma redonda (*Opuntia* sp.) (SOBREIRA FILHO, 1992).

Atualmente, no Brasil, são cultivados mais de 500.000 hectares de *O. ficus-indica*, especialmente nas regiões áridas e semi-áridas dos estados nordestinos, nas quais é intensa a utilização do cladódio como forragem para animais, enquanto o consumo de seus frutos pela população, é restrito ao período de estiagem prolongada, como complemento de sua alimentação (LIRA *et al.*, 2004; LOPES; LIMA, 2007; MANICA, 2002; SANTOS; LIRA; SILVA, 2006; SANTOS *et al.*, 2006; FLOREZ-VALDEZ, 2003).

O potencial da *Opuntia ficus-indica* como espécie frutícola não é muito conhecido e seus frutos tampouco são apreciados pela população urbana local. Para modificar este cenário, esforços devem ser envidados no sentido de selecionar espécies mais adequadas às condições edafoclimáticas dessa região, determinar os tratos culturais, o ponto ótimo de colheita e estabelecer tratamentos pós-colheita que mantenham ao máximo as características organolépticas do fruto, de modo a garantir um padrão de qualidade compatível com as exigências do mercado. A carência de trabalhos científicos, realizados na Região Nordeste, sobre este fruto, bastante

valorizado no mercado internacional, abre um vasto campo de pesquisas voltadas para sua caracterização e determinação das condições ótimas de pós-colheita.

2 REVISÃO DA LITERATURA *

* A revisão foi aceita em forma de artigo para publicação na Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, conforme especificado no Anexo A.

As cactáceas

As cactáceas são ervas, arbustos e menos árvores, suculentas, ramificadas, compostas de caules (artículos ou segmentos carnosos), com 60 – 150 cm de largura, formado a partir do envelhecimento das palmas primárias que assumem uma consistência lenhosa, suportando as demais (conhecidas como cladódios, raquetes ou folhas) superpostas umas as outras, com altura média de 3 – 6 m, coroa larga, glabra, e ovário ínfero, geralmente envolvido por hipanto (formado pelo receptáculo); frutos baga (BARBERA, 2001; SOUZA; LORENZI, 2005). Constituem um grupo extremamente diversificado, com um impressionante conjunto de estratégias adaptativas, evolutivas e ecológicas que lhes conferem uma grande capacidade de desenvolvimento nos diferentes *habitat*. Neste contexto, destacam-se os gêneros *Opuntia* e *Nopalea*, de ampla distribuição em regiões áridas e semi-áridas, por serem as cactáceas mais exploradas no que diz respeito ao potencial alimentar e forrageiro (BARBERA, 2001; REBMAN; PINKAVA, 2001). Os cladódios da *Opuntia* sp. são utilizados como verduras e seus frutos consumidos *in natura* ou constituem matéria-prima para o processamento de diversos produtos.

Dentre as espécies do gênero, a *O. ficus-indica* (L) Miller (Figura 1) tem se destacado como a mais estudada, utilizada e difundida nas regiões semi-áridas (BARRIOS; URÍAS, 2001). Os principais produtores são: Itália, Chile, Israel, Colômbia, Estados Unidos e, principalmente, o México, que também é o país com maior variabilidade genética, disponibilidade de germoplasma, área cultivada e maior consumo de frutos (CORRALES-GARCÍA; SILVA, 2005; FLORES-VALDEZ, 2002).



Figura 1. Planta e frutos da *Opuntia ficus-indica* no estágio de maturação comercial, oriundos do município de Arcoverde – PE, 2006.

Morfologia, fisiologia e composição química de *Opuntia*

Genericamente denominado de “tuna”, em espanhol, “prickly pear”, em inglês, e “figo-da-índia”, em português, o fruto da *O. ficus-indica* (Figura 2) apresenta morfologia idêntica à do cladódio, é doce e succulento, com um comprimento de 4,8 – 10 cm e largura de 4 – 8 cm. Seu tamanho é determinado em função do número de sementes fecundadas e abortadas, e sua forma é de baga ovoidal, oblonga, globosa, cilíndrica, piriforme; unilocular, polisperma e carnosa; umbilicada no extremo superior, provida de um pericarpo coriáceo, em que se observam tufo de gloquídeos (pequenos espinhos de celulose quase cristalina). O peso pode variar entre 100 – 200 gramas; deste total, 30 – 40% representam o peso da casca, que nos estádios iniciais de desenvolvimento é verde, mudando para branco – esverdeado, amarelo, laranja, vermelho, púrpura, amarelo-arroxado, até violáceo ou profundamente marrom, na dependência da cultivar. Sua porção comestível (polpa), que corresponde a cerca de

45% do peso total, é suave, succulenta, translúcida, mucilaginosa, gelatinosa, aveludada, açucarada, muito aromática quando madura, e possui numerosas sementes pequenas e lenticulares, cujo peso total representa de 5 – 15% do fruto (MANICA, 2002; RAMADAN; MÖRSEL, 2003).



Figura 2. Aspectos externos e internos do fruto da *O. ficus-indica*

A maturidade fisiológica desse fruto ocorre entre 70 e 110 dias após a floração (DAF), podendo estender-se até 150 dias, na dependência da cultivar, do manejo cultural, das condições edafoclimáticas e dos tratamentos pós-colheita. O ciclo de desenvolvimento compreende três fases, caracterizadas por: aumento do peso fresco e seco da casca; redução da taxa de crescimento global, acompanhada do desenvolvimento das sementes e polpa e expansão da parte comestível, principalmente ao longo das últimas 5 e 6 semanas que precedem a maturação (CORRALES-GARCÍA, 2003).

Embora ainda pouco conhecida, trabalhos sobre a fisiologia têm demonstrado algumas particularidades dessa espécie e de seus frutos, como o fato de que apresentam

um uso da água 4 a 5 vezes mais eficiente que o de outras espécies, em termos de conservação da água em matéria seca, devido ao mecanismo de fixação do dióxido de carbono, denominado CAM (metabolismo do ácido crasulaceano), através do qual a captação atmosférica ocorre no período noturno, ocasionando uma redução de perda de água durante o dia, o que explica a aptidão dessa planta para se desenvolver em climas xerófilos (NOBEL, 2001).

Quanto aos seus frutos, apresentam padrão respiratório do tipo não climatérico, com taxa respiratória e atividade metabólica pós-colheita pouco elevadas, quando comparados a frutos de outras espécies. Conforme Kader (2005), os frutos se caracterizam por uma baixa atividade fisiológica e reduzida produção de etileno, menor que $0.3 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ a 20°C , e por serem, aparentemente, insensíveis à exposição deste gás. Quando colhidos no estágio de maturação comercial apresentam uma lenta redução da taxa de respiração ao longo do tempo de armazenamento, comportamento dependente, dentre outros fatores, da variedade (CANTWELL, 2001). Em frutos verdes, com 13,30 °Brix, Berger *et al.* (1978) determinaram, no dia da colheita, uma taxa respiratória de $72\text{mg CO}_2/\text{kg}$ de fruta/hora, que atingiu 115mg no terceiro dia, seguida de uma redução que se manteve mais ou menos constante, entre $10 - 30\text{mg CO}_2/\text{kg}$ de fruta/hora, sem registro de mudanças da coloração da casca.

Deste modo, a deterioração destes frutos (Figura 3) não é decorrente apenas de sua fisiologia, mas, principalmente, dos danos físicos da casca, durante o manejo na colheita e pós-colheita (CANTWELL, 2001). Altamente perecíveis, começam a apresentar sinais de apodrecimento aos nove dias após a colheita, e aos vinte geralmente apresentam perdas de 70 a 80%, conforme Kader (2005). Os frutos machucados são

facilmente infectados por microrganismos, causando apodrecimento da base, deterioração favorecida por patógenos, dentre os quais se destacam o *Fusarium* spp.; *Alternaria* spp., *Chlamydomyces* spp. e *Penicillium* spp. (ESQUIVEL, 2004).

As mudanças das características internas do fruto na pós-colheita: pH, acidez, °Brix, concentração de acetaldeído e etanol são relativamente pequenas; a vitamina C é significativamente reduzida, em função das condições de armazenamento (CORRALES-GARCÍA; RODRIGUEZ; CRUZ, 1997); a susceptibilidade à desidratação é elevada (ESQUIVEL, 2004).



Figura 3. Aspectos externos do fruto de *Opuntia ficus-indica* em fase de deterioração, colhidos em Ibimirim – PE, 2005.

Os resultados obtidos por diversos autores sobre a composição química dos frutos estão apresentados no quadro 1. Do ponto de vista nutricional, destacam-se os carboidratos, entre 14 e 15%, como os principais nutrientes que, associados ao baixo teor de lipídeos e proteínas e ao elevado teor de água, explicam o reduzido valor calórico do fruto. No que diz respeito aos minerais, Bicalho e Penteado (1981) citam este fruto como importante fonte de cálcio e fósforo e, além destes, Sawaya *et al.* (1983)

destacam o magnésio e o potássio. Os valores de vitamina C, apresentados por diversos autores, variam de 20,33 a 91,24 mg/100, e são comparáveis aos da laranja, limão e mamão, considerados boas fontes deste nutriente (BICALHO; PENTEADO, 1981; 1982; CANTWELL, 2001; FAO, 2005; SEPÚLVEDA e SÁENZ, 1990; SAWAYA *et al*, 1983).

Discrepâncias entre os valores apresentados no quadro 1, podem ser atribuídas a fatores diversos, como: metodologia analítica, cultivar, condições edafoclimáticas, método de cultivo, estágio de maturação do fruto e condições de armazenamento. Neste contexto, Bicalho e Penteado (1981) ressaltam ainda a importância do estágio de maturação sobre a composição centesimal e mineral, principalmente do estágio verde maduro para maduro, caracterizado pelas mudanças químicas dos constituintes do fruto.

O quadro 1 apresenta também informações sobre acidez, pH e sólidos solúveis totais (°Brix), de fundamental importância na determinação do ponto de colheita, tanto para o consumo *in natura* como para a seleção da matéria-prima para fins industriais. Na literatura, também são encontrados dados sobre constituintes com potencial funcional, presentes no fruto, como: pigmentos, betalainas e polifenóis, obtidos por Ramadan e Mörsel (2003) e Stintzing, Schieber e Carle (2001).

Quadro 1. Composição química do fruto da *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller

COMPONENTES	FONTES CONSULTADAS (AUTORES)									
	(1)*	(2)*	(3)*	(4)*	(5)*	(6)**	(7)**	(8)**	(9)**	(10)**
Valor Calórico (Kcal/100g)			50,0					55,3	47,30	
Umidade (g/100g)	82,27	50,41		83,770	84,83	87,27			85,60	
Cinzas (g/100g)	0,392	3,90	0,4 – 1,0	0,44	0,36		0,40		0,44	
Proteína (g/100g) Nx 6,25	0,90	<0,01	0,21 – 1,6	0,82	1,08		0,98	0,40	0,21	0,80
Lipídios (g/100g)	0,50		0,09 – 0,7		0,96		0,23	0,10	0,12	0,7
Açúcares totais (g/100g)				14,06			13,42	13,20	12,8	
Fibra (g/100g)	5,37	0,19	0,02 – 3,15	0,23	0,02		2,79		0,02	0,10
Acidez (% ác. cítr.)	0,078	0,33		0,059	0,06	0,124	0,18			
Sólidos Solúveis Totais (g/100g)	14,58	40,0	16,00	14,06	13,65	12,26	19,66			
pH	6,32	3,34	5,3-7,1	6,37	5,33	5,948				
Cálcio (mg/100g)	26,3		15,0 – 32,8	12,8 ± 1,1	38,91			10	28,0	
Magnésio(mg/100g)	25,1			16,1	21,78				28,0	
Sódio (mg/100g)	0,62		0,60 – 1,19	0,60					0,80	
Fósforo (mg/100g)			12,8 – 27,6	32,8	30,36			16	15,40	
Ferro (mg/100g)				0,40	2,65			0,30	1,50	
Potássio (mg/100g)	158,3		217,0	217,0 ± 3,3	0,80				161,0	
β – caroteno (%)				0,53					traços	

1. Medina; Rodriguez; Romero (2007); 2. Cereza; Duarte (2005); 3. Sáenz (2000); 4. Sepúlveda; Sáenz (1990); 5. Bicalho; Penteado (1981; 1982); 6. Coelho *et al.* (2004); 7. Manica (2002); 8. Franco (1995); 9. Sawaya *et al.* (1983); 10. FAO (2001).

(*) Polpa fresca sem sementes.

(**) Fruto inteiro.

Índices de Colheita

O desenvolvimento dos frutos, de uma maneira geral, inicia-se com uma intensa multiplicação celular, seguida de aumento do volume, que dá lugar ao aparecimento de vacúolos, nos quais ocorre o acúmulo de nutrientes sintetizados até a maturação, cuja a fase é designada como amadurecimento (CHITARRA; CHITARRA, 2006; WILLS *et al.*, 1989).

As reservas de substratos permitem que os frutos de padrão respiratório climatéricos sejam colhidos na maturação fisiológica, ao atingirem o volume característico da espécie e promoverem as modificações químicas características do amadurecimento: aumento da respiração, elevação do teor de sólidos solúveis totais, interconversão de açúcares simples, elevação do pH, redução dos ácidos orgânicos, fenólicos, e modificações dos componentes da parede celular por ação enzimática, sobretudo da protopectina a pectina fora da planta (CORRALES-GARCÍA; FLOREZ-VALDEZ, 2003; GUERRA *et al.*, 2006).

Por ser um fruto não climatérico, o figo-da-índia deve ser colhido maduro, uma vez que, diferentemente dos climatéricos, não possui as reservas necessárias para promover as modificações supracitadas fora da planta. Razão pela qual Barbera (2001) e Corrales-García (2000) consideram imprescindível a determinação do ponto de colheita para obter frutos de alta qualidade, como forma de preservar suas características organolépticas e nutritivas após a colheita.

O completo desenvolvimento do fruto pode ser determinado pelo aumento de volume, coloração da casca, queda dos gloquídeos (pequenos espinhos de celulose

cristalina), firmeza, grau de profundidade do receptáculo floral, peso específico e sólidos solúveis totais, mínimo de 14 °Brix, em conjunto com outros atributos de qualidade, como a porcentagem de polpa, espessura e facilidade de remoção da casca, relação polpa-casca, gravidade específica e resistência física ao manuseio (CORRALES-GARCÍA; FLOREZ-VALDEZ, 2003).

Convém ressaltar que os indicadores do ponto de colheita sofrem influência de fatores intrínsecos e extrínsecos, a exemplo do peso, do °Brix, da acidez e, por extensão, da relação °Brix/acidez, que variam em função da região onde o fruto é cultivado, do vigor e idade da planta, condições edafoclimáticas e coloração da casca, podendo esta última ser influenciada pelo tamanho do fruto e seu posicionamento na planta (GARCÍA, 2000). Estas constatações levaram Bleinroth (1988) a recomendar a utilização de dois ou mais índices de colheita, pré-estabelecidos para a variedade nas condições utilizadas no seu cultivo, para determinar o ponto ótimo de colheita dos frutos de um modo geral. Recomenda-se também que os frutos devem ser colhidos em horário que favoreça a turgência dos tecidos, facilite o corte e proporcione maior resistência aos danos mecânicos por compressão.

No caso específico desse fruto, devido à presença dos gloquídeos são requeridas tecnologias de colheita especiais para minimizar as perdas e atender às exigências do mercado, principalmente quanto à boa resistência ao manuseio e transporte (BARBERA, 2001; FLORES-VALDEZ, 2002). A colheita do figo-da-índia pode ser realizada de três formas: por giro ou torção; corte rente à articulação e corte abaixo do fruto, incluindo um pequeno pedaço do cladódio (Figura 4), com a finalidade de proteger a porção basal, reduzindo, assim, a incidência de putrefação. Neste caso, a fruta

deve ser curada, ou seja, mantida por um ou dois dias em temperatura ambiente, sob corrente de ar, para que o tecido do cladódio seque e caia no momento da seleção e embalagem. Nas duas últimas formas de colheita, utilizam-se canivetes, para reduzir os danos físicos (marcas de dedos), conservando por mais tempo a aparência dos frutos (FLOREZ-VALDEZ, 2002).



Figura 4. Fruto de *Opuntia ficus-indica* colhido com pedaço do cladódio (Ibimirim - PE, 2005).

Tecnologia Pós-colheita

Após a colheita, o fruto poderá sofrer deterioração, devido aos danos por lesões e infecções patológicas decorrentes do corte e do manejo imediato e apresentar fisiopatias ou desordens fisiológicas (danos pelo frio) quando submetido a temperaturas e tempo de armazenamento distantes do limiar biológico da espécie e variedade (FLOREZ-VALDEZ, 2002).

A mais importante operação pós-colheita diz respeito à remoção dos gloquídeos “despinado”, que poderá ser realizada de forma manual ou mecânica. A remoção

manual é feita por escovação dos frutos dispostos sobre o solo ou em áreas cobertas com palha ou sobre tábuas perfuradas. Esta prática causa danos consideráveis ao fruto, aumentando sua perecibilidade. A forma mais indicada é a mecânica, através da passagem dos frutos por uma série de escovas giratórias (com cerdas de nylon), aspergidos com água ou remoção por sucção, processo que reduz o número de lesões (CANTWELL, 2001; CORRALES-GARCÍA, 2000).

Depois de escovados, os frutos são encerados, operação que poderá ser realizada por imersão ou aspersão de cera, com o objetivo de controlar a perda de água por transpiração, reduzir a intensidade das trocas gasosas próprias do fruto, melhorar o aspecto visual e prolongar sua conservação. Embora Félix *et al.* (1992) indiquem a cera de Candelilla como a mais eficiente para controlar a perda de peso, as mais utilizadas são a parafina, ésteres de sacarose e ácidos graxos. A utilização de cera de carnaúba poderia constituir uma alternativa importante para o desenvolvimento da economia local no semi-árido, onde a carnaúba é uma espécie nativa, particularmente explorada nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí.

Na seleção dos frutos são considerados os defeitos, as más-formações, os danos físicos e mecânicos (cicatrizes, marcas de dedos etc.). Sua classificação é realizada manual ou mecanicamente, segundo a cor e o tamanho. Na seqüência, os frutos podem ser envolvidos em papel de seda, para reduzir o contágio de podridão entre eles, e acondicionados em caixas. Dependendo da finalidade, são utilizadas caixas de madeira, indicadas para o acondicionamento de frutos destinados ao mercado local; e caixas de papelão, com capacidade em torno de 5kg, para frutos destinados a exportação. As primeiras, embora acondicionem maior quantidade de produtos, ocasionam sérios

danos, por compressão, e, por serem reutilizáveis, constituem fontes de microrganismos responsáveis por infecções e decomposição, acarretando consideráveis perdas pós-colheita (CORRALES-GARCÍA, 2000).

Mais vantajosas que as de madeira, por possuírem paredes internas lisas e brandas, reduzem os danos, a incidência microbiana e facilitam o manejo no transporte e em câmaras de armazenamento, as caixas de papelão apresentam, entretanto, como desvantagens, a limitada reutilização, o alto custo, menor resistência mecânica e à umidade (CANTWELL, 2001; CORRALES-GARCÍA, 2000).

Dentre as numerosas dificuldades que afetam o manejo pós-colheita dos frutos tropicais, principalmente o transporte aos mercados externos, destaca-se a baixa tolerância ao frio (temperatura mínima de segurança entre 8 e 12 °C), reduzindo o tempo de conservação. O manejo adequado reduz a perda de peso por transpiração, por diminuir o déficit de pressão de vapor de água entre o fruto e o ambiente de armazenamento. A pressão de vapor dos espaços intercelulares da maioria dos frutos é de cerca de 99%, requerendo, portanto, umidade relativa do ar (UR) da câmara de armazenamento entre 86 e 95%, para manutenção da qualidade (CANTILLANO, 1991).

Diferentes películas podem ser utilizadas como cobertura das caixas e elaboração de diferentes invólucros, a fim de reduzir as perdas de peso e modificar a atmosfera. Essas práticas, contudo, requerem o uso de papel ou outro material absorvente, para evitar que a umidade condensada aumente a decomposição por ataque microbiano (CANTWELL, 1995). Para reduzir os riscos de alterações por microrganismos, além da modificação da atmosfera, pode-se utilizar combinações técnicas, como imersão dos frutos em água aquecida contendo fungicidas, de

preferência de baixa toxicidade, associada ou não à aplicação de ceras e armazenamento refrigerado como reportado para pêssego por Oliveira e Cereda (2003). Neste contexto, é bom salientar que, embora temperaturas na faixa de 11 - 12°C sejam mais indicadas para o armazenamento de frutos tropicais, para os frutos de *O. ficus-indica*, excepcionalmente, têm sido recomendadas temperaturas mais baixas, entre 5 e 8°C, cuja eficácia encontra-se na dependência de fatores como tempo de armazenamento, embalagem, época de colheita e variedade (CORRALES-GARCÍA, 2000).

Berger *et al.* (1978) conduziram experimento com frutos de *O. ficus-indica* tratados por imersão, por dois minutos, em água aquecida a 48 - 50 °C, contendo Benlate (Benomyl) e Botran (DCNA), em seguida foram embalados em sacos de polietileno (0,038 mm de espessura) e armazenados a $0 \pm 0,5$ °C com UR entre 85 -90%, por períodos de 21, 32, 42, 49 e 50 dias. Ao final do experimento, constataram que os frutos encontravam-se em condições para consumo, indício de boa tolerância ao frio, e que a embalagem foi eficaz na conservação da aparência e no controle da perda de peso, cuja média diária foi de 0,11%, durante o armazenamento a 0°C, e de 0,33% nas condições de comercialização. Inglese, Basile e Schirra (2002) mencionam que a utilização de películas de polietileno em frutos armazenados a 6 °C, por seis semanas, e posteriormente comercializados a 20°C, além de reduzir a perda de peso e os danos pelo frio, conserva a aparência. Corrales-García (2003) também destaca o papel da película de polietileno na redução da perda de peso e retenção do frescor em frutos armazenados a 9°C, por quatro semanas.

Em contraposição, Franco e Veloz (1985) relatam danos pelo frio, após armazenarem frutos de *O. amygdala* Tem. e *O. ficus-indica* a 8 ou 10 °C, por 15 dias e

García, Rodriguez e Cruz (1997), ao armazenarem frutos de seis variedades dessa espécie, por 60 dias, sob refrigeração (9 °C e 90% de UR), constataram que a “Burróna” e a “Cristalina” foram mais tolerantes do que a “Torreaja” e a “Copena”. Estes resultados foram ratificados por Franco e Veloz (1985), ao constatarem a susceptibilidade destes frutos a danos pelo frio, na dependência da variedade, expressos pelo surgimento de pequenas manchas escuras na superfície da casca, levando ao seu escurecimento.

Considerações Finais

A fruticultura, no Brasil, é uma das atividades mais dinâmicas e competitivas da atualidade e uma das principais fontes de renda para a Região Nordeste. Dentre os frutos cultivados, destacam-se, no segmento exportador, a uva, a goiaba, a manga e o melão, devido à potencialidade produtiva, aliada à demanda do consumo. Além destes, outros frutos poderão ser cultivados visando a exportação, como é o caso do *O. ficus-indica*, objeto desta revisão, que constitui uma alternativa para a diversificação do mercado de frutos exóticos na Região Nordeste, pela conhecida aptidão de se desenvolverem em climas xerófilos. A consecução deste objetivo perpassa, no entanto, por ações que permitam uma maior competitividade no setor, isto é, pesquisas voltadas para aspectos fundamentais desta temática, como: seleção das variedades mais produtivas; condições favoráveis de cultivo; estabelecimento do ponto ótimo de colheita; definição da tecnologia pós-colheita em função das cultivares, condições *sine qua non* para garantir produtos com um padrão de qualidade compatível ao exigido pelo mercado nacional e internacional.

Há, portanto, ainda um longo caminho a percorrer, diante da impossibilidade de transpor os resultados obtidos pelos pesquisadores de outros países, principalmente do México, para os frutos aqui produzidos, face às diferenças entre as variedades cultivadas e, sobretudo, das condições edafoclimáticas. As pesquisas deverão contribuir para agregar valor a essa espécie, que poderá ser explorada como alternativa alimentar e/ou fonte de renda complementar para os agricultores familiares da Região Nordeste.

Referências Bibliográficas

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

BARRIOS, E. P.; URÍAS, A. M.. Domesticação das *Opuntias* e variedades cultivadas. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. João Pessoa. FAO/ Sebrae, 2001. p.59-61.

BERGER, S.H.; ORTUZAR, R. X.; AUDA, M.C.; LIZANA, M. A.; RESZCZYNSKI, P. A. Conservación de tunas (*Opuntia ficus-indica*) en almacenaje refrigerado. **Investigación Agrícola**, v.4, p.21-24, 1978.

BLEINROTH, E. W. Determinação do ponto de colheita das frutas. **Tecnologia de pós – colheita de frutas tropicais**. Campinas: [s.d.], 1988. cap. 1 e 2. p.1-32.

BICALHO, U. O.; PENTEADO, M. V. C. Estudo do fruto e do artigo da *Opuntia ficus-indica* (L) Miller cultivada em Valinhos-SP: I- Características bromatológicas. **Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo**. v.17, p.93-101, jan./jun.1981.

_____. Estudo do fruto e do artigo da *Opuntia ficus-indica* (L) Miller cultivada em Valinhos-SP: II- Características bioquímicas. **Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo**, v. 18, p. 68-74, jan./jun.1982.

CANTILLANO, R. F. F. Armazenamento refrigerado de frutas e hortaliças: importância da transpiração. **Horti Sul**, v. 1, p. 23-31, 1991.

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

_____. Postharvest management of fruits and vegetables stems. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E. (Eds.). **Agroecology, cultivation and uses of cactus pear**. Roma. FAO, 1995. p.120-143. (FAO. Plant Production and Protection Paper, 132).

CEREZA, P.; DUARTE, G. Utilización de cáscaras en la elaboración de productos concentrados de tuna (*Opuntia ficus-índica* (L.) Miller). **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v.7, p. 61-83, 2005.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Aspectos fisiológicos do desenvolvimento e frutas e de hortaliças. In: CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. (Eds.) **Pós-colheita de frutas e hortaliças : fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. e ampl. -- Lavras: UFLA 2006. p. 27-150.

COELHO, R. R. P.; FERREIRA-NETO, C. J.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Características físicas e físico-químicas do fruto da palma cultivados na região do Curimataú paraibano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19, 2004, Recife. **Anais eletrônicos ...** Recife: SBCTA, 2004. 1 CD-ROM.

CORRALES-GARCÍA, J. Fisiología y tecnología poscosecha de la tuna y el nopolito. In: CORRALES-GARCÍA, J.; FLOREZ-VALDEZ, C.A. (Eds.). **Nopalitos y tunas: producción, comercialización, poscosecha e industrialización**. Chapingo: Universidade Autônoma de Chapingo. 2003. p.117-152.

_____. **Fisiología y tecnología poscosecha del fruto de tuna y del nopal verdura**. Chapingo, 2000. 47p.

CORRALES-GARCÍA, J.; RODRÍGUEZ, J. A.; CRUZ, E. B. Response of six cultivars of tuna fruits to cold storage. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, 1997.

CORRALES-GARCIA, J.; SILVA, J. L. H. Cambios en la calidad poscosecha de variedades de tuna con y sin semilla. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 28, p. 9-16, 2005.

CORRALES-GARCIA, J.; FLOREZ-VALDEZ, C. A. **Nopalitos y tunas: producción, comercialización, poscosecha e industrialización**, Chapingo: Universidade Autônoma de Chapingo. 2003. 225p.

ESQUIVEL, P. Los frutos de las cactáceas y su potencial como matéria prima. **Agronomia Mesoamericana**, v.15, p.215-219, 2004.

FAO.2005.Espécies Arbóreas y Arbustivas para las Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina. <http://fao.org/Regional/Lamerica/redes/sisag/arboles/Arg-opu1.htm>. Consultado em 05//05/2005.

FAO. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. João Pessoa. 2001. 216 p.

FÉLIX, A.R.; SALAS, M.I.G.; VALDEZ, H.S.; GRAMONT, M. I.S.. Effects of postharvest treatments on the quality of tuna during storage. In: ANNUAL TEXAS PRICKLY PEAR CONFERENCE, 3., 1992, **Proceedings...**, 1992. p.9-21.

FLOREZ-VALDEZ, C.A. Importancia del nopal. In: CORRALES-GARCIA, J.; FLOREZ-VALDEZ, C. A. **Nopalitos y tunas: producción, comercialización, poscosecha y industrialización**. Chapingo: Universidade Autónoma de Chapingo. 2003. p. 1 – 17.

_____. Producción y comercialización de la tuna. **Reporter de Investigación**. Chapingo. 2002. 86p

FRANCO, G. **Tabela de composição de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1995. 307p.

FRANCO, S. C.; VELOZ, C. S. Conservación en refrigeración de dos variedades de tunas. **Horticultura Mexicana**, v.1, p. 6-13, 1985.

GUERRA, N. B.; ALVES, M. A.; TAVARES, M. O. de C.; DUTRA, P. R. S. 2006. Frutas tropicais. In: GUERRA, N. B.; FARO, Z. P. de; PIRES, E. M^a de F.; SALGADO, S. M.(Eds.). **Manual para processamento de frutas**. Recife: UFPE, Editora Universitária, 2006. 106p.

INGLESE, P.; BASILE, F.; SCHIRRA, M. Cactus pear fruit production. In: NOBEL, P. (Ed.) **Cacti: biology and uses**. Berkeley: University of California Press, 2002. p.163-183.

KADER, A. A. **Cactus (Prickly) pear: recommendations for maintaining postharvest quality**. Postharvest Technology Research & Information Center / University of California, 2005.

LIMA, C.F. **Uso de atmosfera modificada na conservação de frutos de cultivares de bananeira sob refrigeração**. 1998. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1998.

MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas. 2: Técnica de produção e mercado de feijão, figo-da-índia, fruta-pão, jaca, lichia, mangaba.**, 2002. p.141-245.

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

NOBEL, P.S. Biologia ambiental. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. João Pessoa. FAO/Sebrae., 2001. p.36-48.

OLIVEIRA, M. A. de; CEREDA, M. P. Pós-colheita de pêssego (*Prunus pérsica* L. Bastsch) revestidos com filmes à base de amido como alternativa à cera comercial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 28-33, 2003.

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.

REBMAN, J. P.; PINKAVA, D. J. *Opuntia cacti* of North America – an overview. **Flor Entomology**, v. 84, p. 474-483, 2001.

SÁENZ, C. Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia* spp.) fruits and cladodes. **Journal of Arid Environments**, v. 46, p. 209-225, 2000.

SAWAYA, W. N.; KHATCHADOURIAN, H. A.; SAFI, W. M.; AL-MUHAMMAD, H. M..Chemical characterization of prickly pear pulp, *Opuntia ficus-indica*, and the manufacturing of prickly pear jam. **Journal of Food Technology** v. 18, p. 183-193, 1983.

SEPÚLVEDA, E.; SÁENZ, C. Características químicas y físicas de pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica*). **Revista de Agroquímica e Tecnología de Alimentos** v. 30, p. 551-555, 1990.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2005. p. 230-236.

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

WILLS, R. B. H.; McGLASSON, W. B.; GRAHAM, D.; LEE, T. H.; HALL, E. G. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. Londres: BSP Professional Books, 1989. 174p.

3 OBJETIVOS

3.1 - Geral

- Determinar as características e as condições ótimas de pós-colheita de frutos obtidos de plantas de *Opuntia ficus-indica*, adaptados ao semi-árido pernambucano, tendo em vista a sua comercialização.

3.2 - Específicos

- Determinar os parâmetros que exercem influência na qualidade dos frutos;
- Identificar os melhores tratamentos pós-colheita.

4 PLANO DE TRABALHO

Este trabalho envolveu a execução dos seguintes experimentos:

Experimento 1

Caracterização física, físico-química e química dos frutos de *Opuntia ficus-indica* (L.)

Miller produzidos por plantas adaptadas ao semi-árido pernambucano.

Experimento 2

Otimização das condições de pós-colheita de frutos da *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller.

5 EXPERIMENTOS

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, FÍSICO-QUÍMICA E
QUÍMICA DOS FRUTOS DE *OPUNTIA FICUS-INDICA*
(L.) MILLER PRODUZIDOS POR PLANTAS ADAPTADAS
AO SEMI-ÁRIDO PERNAMBUCANO***

* Parte deste trabalho foi enviado para publicação na *Acta Horticulturae*, conforme especificado no Anexo B. O trabalho foi apresentado no VI International Congress on Cactus Pear and Cochineal e VI General Meeting of FAO-CACTUSNET, Paraíba, outubro de 2007 (Anexo C).

RESUMO

A valorização dos frutos da palma, *Opuntia ficus-indica* (figo da índia), no mercado internacional para consumo *in natura* e industrialização motivou a realização desta pesquisa, tendo em vista avaliar o potencial de espécies adaptadas às condições edafoclimáticas do semi-árido pernambucano. Dos 50 frutos colhidos de três propriedades particulares, codificadas como P1, P2 e P3, no estágio II- ½ maduro (apresentando 60% de mudança de cor), foram aleatoriamente selecionadas 20 unidades/propriedade que, após determinação das características físicas, tiveram suas polpas avaliadas quanto aos parâmetros físico-químicos e químicos, cujos dados foram submetidos à Anova, Análise de Componente Principal e Correlação de Pearson. Os resultados demonstram que os frutos da P1 diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) dos frutos das demais propriedades, quanto aos teores de açúcares totais, pH, acidez total titulável e relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável, e particularmente da P2, no que diz respeito a açúcares redutores, sólidos solúveis totais, diâmetros e número de sementes fecundadas, e da P3 quanto aos açúcares não redutores. Contudo, apresentaram similaridade, quanto aos parâmetros físicos, com exceção dos citados anteriormente. A morfologia, associada às demais características, apontam os frutos da P3 como os mais adequados à comercialização para consumo *in natura*, enquanto os originados da P2, detentores dos maiores teores de açúcares totais, açúcares redutores, sólidos solúveis totais e espessura da polpa, parâmetros da maior importância na definição do *flavor* e do rendimento, apresentam maior potencial industrial.

Palavras-chave: figo da índia, qualidade do fruto, potencial comercial e potencial tecnológico.

ABSTRACT

The increasing importance of the prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) (prickly pear) as a food source to human consumption led us to carry out this research in order to evaluate the potential of species submitted onto edapho-climatic conditions in the semi-arid region out there Pernambuco State. Fruits were harvested at about 50 samples out of farms. At the time they were encoded as P1, P2 and P3, classified as stage II-½ mature (showing 60% in color change). Later on, we took 20 units of the fruit from each farm, randomly selected, to determine their physical and chemical parameters. As long as the research was carried on, we submitted the samples under Anova method, to comply with Pearson correlation. As one can see, the results achieved, shown up the rewards of P1 sample, have differed statistically ($p < 0.05$) from other properties on the levels of total sugars, pH, total titratable acidity and respect total soluble solids / total titratable acidity. In particular, if we take into consideration those P2 parameters (reducing sugars, total soluble solids, fruit diameter and number of fertile seeds) as the same time the P3 sample, to non reducing sugars parameters. However, they had shown some similarity on the physical parameters. Excepting for the ones above mentioned. The morphology associated with other characteristics confirmed the fruits of P3 as the most appropriate for human consumption *in natura*. At the same time, those originating from P2, shown the greatest levels of total sugars, reducing sugars, total soluble solids and pulp thickness. In fact, these parameters are very important in defining *flavor* to determine their commercial potentialities.

Key word: prickly pear, quality of the fruit, commercial and technological potential

INTRODUÇÃO

A palma *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, originária da América central, foi introduzida no Brasil pelos portugueses, no século XVIII, tendo sido difundida e cultivada como forragem animal nas regiões áridas e semi-áridas nordestinas, a partir de 1900.

Sua adaptação nestas regiões se deu graças a alguns fatores: resistência à seca e temperaturas elevadas; tipos de solos (com limitações de profundidade, fertilidade, rochosos e de textura difícil para outros cultivos); alta eficácia na utilização de água e fácil manejo (BARBERA; INGLESE; PIMENTA-BARRIOS, 2001; MANICA, 2002).

Em relação ao seu cultivo como frutícola, os conhecimentos ainda são escassos quanto aos problemas de adaptação ecológica, fertilidade, produtividade, ponto de colheita, bem como definição de tecnologias pós-colheita que mantenham o padrão de qualidade exigido para exportação (BARBERA, 2001). Neste contexto, a determinação das características de qualidade dos frutos de genótipos adaptados às condições edafoclimáticas das regiões supra-citadas é de fundamental importância, especialmente por pertencerem à categoria dos não climatéricos, que devem ser colhidos ao atingirem a maturação fisiológica, caracterizada pela elevação do teor de açúcares, redução da firmeza, da acidez e elevação do pH, dada a sua incapacidade de promover estas modificações fora da planta (CANTWELL, 2001; CORRALES-GARCIA; FLOREZ-VALDEZ, 2000, 2003).

A consecução deste objetivo perpassa pela realização de pesquisas com cultivos detentores de bons parâmetros agronômicos (produtividade, resistência, adaptabilidade, entre outros) e que apresentem potencial comercial e tecnológico (BELIG *et al.*, 2003;

BERNARDES-SILVA; LAJOLO; CORDENUNSI, 2003; FRANÇA; NARAIN, 2003; GUERRA, 1979; SILVA; MERCADANTE, 2002), tendo em vista caracterizá-los quanto aos aspectos físicos, físico-químicos e químicos, permitindo uma melhor utilização do seu potencial.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

O material foi constituído por frutos de *O. ficus-indica*, provenientes de três propriedades particulares, codificadas como P1, P2 e P3, todas localizadas no município de Arcoverde, na mesorregião Sertão e microrregião Sertão do Moxotó do Estado de Pernambuco, entre as coordenadas geográficas 08°:25':08" latitude sul e 37°:03':14" longitude oeste Gr, a aproximadamente 663m de altitude. Nesta área, segundo a classificação de Köppen, predomina o tipo climático "AS", tropical chuvoso com verão seco (WIKIPÉDIA, 2008).

As plantas das propriedades P1, P2 e P3 foram identificadas no Herbário - IPA Dárdano de Andrade Lima, da Empresa Pernambucana de Pesquisas Agropecuárias (IPA), e tombadas no acervo, sob os números IPA 73436; IPA 73434 e IPA 73435, respectivamente.

Métodos

A colheita foi efetuada manualmente, com o auxílio de luvas e faca, no período da manhã, em março de 2006. De cada propriedade foram colhidos 50 frutos (associados a uma pequena fração do cladódio - raquete), em diferentes posições e orientações da planta, de acordo com os seguintes critérios: estágio II – ½ maduro,

casca com cerca de 60% de mudança de cor (CANTWELL, 2001), tamanho uniforme, pouca presença de gloquídeos (espinhos de celulose cristalina) e ausência de defeitos visuais (larvas, insetos, fungos, danos na casca e injúrias mecânicas).

Logo após a colheita, os frutos foram imersos em água, para pré-resfriá-los e eliminar parte das impurezas e dos gloquídeos, sendo posteriormente secados naturalmente a temperatura ambiente, acondicionados em caixas de papelão ondulado, em uma única camada, e transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutos do IPA, localizado na cidade do Recife - PE, onde foram conduzidos os experimentos.

Após seleção, os frutos foram submetidos a uma lavagem com escovação (escova com cerdas macias), para eliminar os gloquídeos e as impurezas remanescentes e secados sobre papel toalha, à sombra, sob $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, por três dias, período necessário para a queda da fração do cladódio a eles aderida.

Métodos analíticos

Do total dos frutos/propriedades, foram retiradas aleatoriamente 20 unidades, para serem avaliadas quanto aos parâmetros físicos (fruto inteiro), físico-químicos e químicos (polpa homogeneizada), conforme descrito a seguir:

Coloração (casca e polpa) – por observação direta, conforme escala de intervalo estruturada de 7 pontos (Tabela 1); peso dos frutos (PF), das cascas (PC), das polpas sem semente (PSS) e das sementes (PS) (em balança semi-analítica digital – Marte – capacidade 1.000g); rendimento (R), calculado pela equação ^(a); diâmetros longitudinal

^(a) Rendimento (%) = $(A * 100) / \text{Peso do fruto}$;

onde: A= peso da polpa sem semente, peso da casca ou das sementes.

(DL) e transversal (DT), este último avaliado no terço mediano (secção equatorial)- medidos por paquímetro digital (Mitutoyo – Digimatic: 0 – 150mm, Model – CD- 6” BS); volume do fruto (cm³), por deslocamento do nível de água; densidade do fruto (D), obtida a partir da relação massa (g)/ volume (cm³); firmeza do fruto (F) (perfurações efetuadas em lados opostos no terço mediano), utilizando penetrômetro manual (Scales & Force Precision Instruments since 1835) com ponteira de 0,48mm de diâmetro; número de sementes fecundadas (NSF), por contagem direta das sementes secas à temperatura ambiente (23°C ± 1°C); matéria seca (MS) e umidade da polpa (UP) (g/100g), em estufa a 75°C até peso constante; potencial hidrogeniônico (pH), através de leitura direta em potenciômetro digital (Tecnal modelo Ph meter Tec – 2), aferido com solução tampão Ph 4 e 7 [AOAC, 2002, 943.02 (cap.32, pág. 12)]; sólidos solúveis totais - SST (°Brix), por refratometria em Hand refractometer (OSK 6533 type – N- 1, ATAGO N-1E; °Brix 0 ~ 32% sacarose)[AOAC, 2002, 932.12 (37.1.15)] ; acidez total titulável (ATT), conforme o Instituto Adolfo Lutz (IAL) (2005) e relação SST/ATT; açúcares totais (AT), açúcares redutores (AR) e não redutores (ANR), conforme IAL (2005).

Tabela 1 - Escala estruturada de intervalos de cores

Códigos	Coloração
1	Amarelo claro / Verde claro
2	Amarelo / Verde Claro
3	Amarelo
4	Amarelo claro / Alaranjado
5	Amarelo Alaranjado
6	Laranja / Amarelado
7	Laranja

Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (Anova), sendo realizado o teste de Duncan ao nível de 5% de significância para comparação entre as médias dos frutos / propriedade. Para verificar possíveis associações entre os parâmetros avaliados foi realizada a Análise de Componentes Principais (PCA – Principal Component Analysis) e a correlação de Pearson, ao nível de 5% de significância, utilizando o programa computacional Statística 6.0 (STATSOFT, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a caracterização dos figos da índia, provenientes de plantas adaptadas às condições edafoclimáticas do município de Arcoverde, foram considerados os parâmetros físicos, físico-químicos e químicos, relacionados ao processo de amadurecimento, de amplo emprego na seleção de variedades e no manuseio comercial, tanto para consumo *in natura* (BICALHO; PENTEADO, 1981), como para fins industriais (ESQUIVEL, 2004).

Considerado, por Esquivel (2004), como o mais importante índice de amadurecimento, a coloração da casca dos frutos, independentemente da origem, apresentava-se entre amarelo claro/verde claro (> 58%) e amarelo claro/laranja claro (< 17%) (Figura 1), indicativas de que o processo de amadurecimento encontrava-se em curso, isto é, no estágio considerado ótimo para colheita comercial (CANTWELL, 2001).

De acordo com esta mesma escala foi estabelecida a cor das polpas que, embora variável, entre amarelo claro levemente alaranjado e laranja intenso, apresentou predominância do amarelo alaranjado (61%) (Figura 1), bastante atrativa.

Quanto aos demais indicadores, os resultados apresentados na tabela 2 demonstram uma grande similaridade entre os frutos originados das propriedades 2 e 3, principalmente quanto aos parâmetros físico-químicos e químicos.

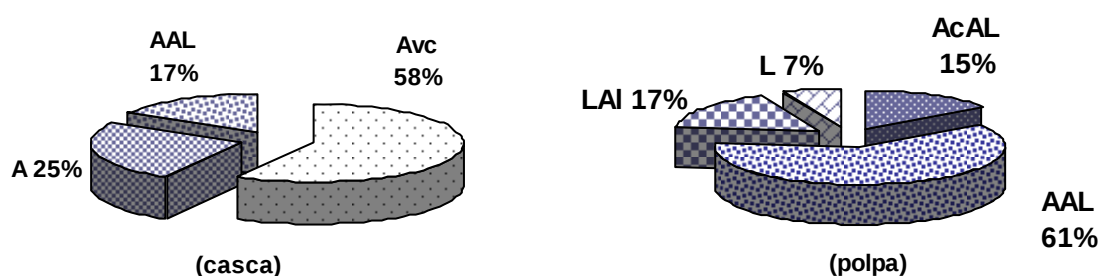


Figura 1 - Freqüência da coloração dos frutos de *Opuntia ficus-indica* no dia de colheita, Arcoverde – PE, 2006.

A – amarelo; AcAL – amarelo claro / alaranjada; AAL - amarelo/ alaranjada; AVc - amarelo / verde claro; LAI - laranja / amarelada; L – laranja.

Ao cotejar os resultados da tabela 2 com os encontrados na literatura verifica-se que o peso dos frutos, situado entre 117,75 e 121,54g, encontra-se nas faixas citadas por Gharras *et al.* (2006), Corrales-Garcia e Silva (2005) e Manica (2002), para figos da índia maduros de diferentes variedades: 88,70 - 130,87g, 100 – 200g e 110 – 166g, respectivamente, sendo ainda similares aos achados de Coelho *et al.* (2004): 120,322g.

Tabela 2 - Parâmetros físicos, físico-químicos e químicos dos frutos de *Opuntia ficus-índica* cultivados em Arcoverde-PE, 2006

PARÂMETROS	PROPRIEDADES		
	P1	P2	P3
Peso do Fruto (g)	117,10±15,00a	121,54±9,77a	117,75±16,60a
Diâmetro longitudinal (mm)	86,42±7,06a	66,67±3,11b	82,24±7,92a
Diâmetro transversal (mm)	53,72±3,98b	57,68±1,70a	52,72±3,02b
Espessura da casca (mm)	2,94±0,61a	3,56±1,22a	3,04±0,79a
Espessura da polpa (mm)	47,85±4,0ab	50,67±3,40a	46,65±2,91b
Polpa sem semente (%)	54,37±1,98a	53,33±4,08a	55,10±3,57a
Semente (%)	5,81±1,00a	5,74±0,41a	5,47±0,56a
Casca (%)	39,82±2,59a	40,93±4,43a	39,43±3,45a
Firmeza do fruto (N)	17,81±1,3a	18,03±1,02a	17,69±1,04a
Nº sementes fecund. (unid.)	309,00±36,08a	271,80±24,79b	283,30±45,34ab
Densidade (g/cm ³)	1,00±0,02a	1,02±0,01a	1,01±0,02a
Açúcares totais (g/100g)	10,49±2,14b	12,29±0,92a	11,86±0,84a
Açúcares redutores (g/100g)	10,37±2,13b	11,94±0,87a	11,23±0,94ab
Açúcares não redutores (g/100g)	0,13±0,04b	0,35±0,25b	0,64±0,35a
Sólidos solúveis totais (°Brix)	12,40±2,33b	14,32±0,40a	13,48±0,93ab
Acidez (% ác. cítrico)	0,06±0,02a	0,05±0,004b	0,05±0,01b
SST / ATT	210,70±56,62b	297,97±30,79a	274,75±33,85a
Ph	5,81±0,44b	6,38±0,11a	6,44±0,20a
Matéria seca (g/100g)	12,60±2,03a	14,13±0,79a	13,37±1,18a
Umidade da polpa (g/100g)	87,40±2,03a	85,87±0,79a	86,63±1,18a

Valores obtidos da média de análises de 20 frutos / propriedade.

Médias seguidas de letras iguais na horizontal não diferem significativamente, a nível de 5%, pelo teste de Duncan.

Os percentuais dos constituintes do fruto, polpa, casca e sementes, ratificam os achados de Gharras *et al.* (2006) para os frutos meio maduros: 52,80 – 55,97%; 38,80 - 40,39% e 4,82 – 5,62%, respectivamente; entretanto, foram inferiores aos determinados por Coêlho *et al.* (2004), Manica (2002) e Bicalho e Penteado (1981). Durante o desenvolvimento de três variedades de figos da Índia, Gharras *et al.* (2006) observaram um aumento diferenciado do percentual da polpa e um decréscimo dos percentuais da casca e semente, em função das variedades, e conseqüente aumento do rendimento. Estes resultados ratificam os achados de Bicalho e Penteado (1981), que registraram 9,28g de aumento do rendimento da polpa entre os frutos verdes e maduros, constatação que denota a importância de ser observado o ponto de maturação para a colheita, independentemente da destinação, isto é, consumo *in natura* ou industrialização.

Convém ressaltar que, não obstante as considerações de Corrales-Garcia e Florez-Valdez (2003) e Hills (2001), de que o número de sementes fecundadas e abortadas é determinante do tamanho e do peso do fruto, as correlações (Tabela 3) obtidas entre estes parâmetros não as confirmam.

Tabela 3. Coeficientes de correlação entre os parâmetros físicos, físico-químicos e químicos dos frutos de *Opuntia ficus-indica*

Parâmetros	DL	DT	EC	EP	PSS	C	NSF	D	AT	AR	ANR	PH	SST	ATT	SST/ATT	MS	UP
DL	1	-0,86*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,83*	ns	ns	-0,83*	ns	ns	ns	ns
DT	-0,86*	1	ns	0,87*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
EC	ns	ns	1	ns	-0,94*	0,96**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,85*	-0,85*
EP	ns	0,87*	ns	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PSS	ns	ns	-0,94**	ns	1	-0,99***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C	ns	ns	0,96**	ns	0,99**	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
NSF	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1	ns	-0,88*	-0,86*	ns	ns	-0,96**	ns	ns	-0,85*	0,85*
D	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1	0,95*	0,93**	ns	ns	0,85*	ns	0,81*	ns	ns
AT	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-0,88*	0,95**	1	0,97**	ns	0,85*	0,95**	ns	ns	0,87*	-0,87*
AR	-0,83*	ns	ns	ns	ns	ns	-0,86*	0,93**	0,97*	1	ns	ns	0,97**	ns	ns	0,91*	-0,91*
ANR	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PH	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,85*	ns	0,82*	1	ns	ns	0,91*	ns	ns
SST	-0,83*	ns	ns	ns	ns	ns	-0,96**	0,85*	0,95*	0,97**	ns	ns	1	ns	ns	0,93**	-0,93**
ATT	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1	-0,87*	ns	Ns
SST/ATT	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,81*	ns	ns	ns	0,91*	ns	-0,87*	1	ns	ns
MS	ns	ns	0,85*	ns	ns	ns	-0,85*	ns	0,87*	0,91*	ns	ns	0,93*	ns	ns	1	-1***
UP	Ns	ns	-0,85*	ns	ns	ns	0,85*	ns	-0,87*	-0,91*	ns	ns	-0,93**	ns	ns	-1**	1

ns: não significativo; *p≤0,05; **p≤0,01; ***p≤0,001.

PF – peso do fruto; DL e DT - diâmetro longitudinal e transversal; Ec e EP – espessura de casca e de polpa; PSS – polpa sem semente; S – semente; C – casca; NSF – número de sementes fecundadas; F- firmeza; D – densidade; AT- açúcares totais; AR- açúcares redutores; ANR- açúcares não redutores; pH – potencial hidrogênio iônico; SST – sólidos solúveis totais; ATT- Acidez total titulável; MS – matéria seca e UP- umidade de polpa.

Embora a determinação dos diâmetros seja considerada, por Lima *et al.* (2002), de pouca importância para a caracterização do fruto, a relação entre DL/DT é bastante representativa da sua morfologia.

Nesta pesquisa, os DL são comparáveis aos relatados por Bicalho e Penteado (1981), 79,5mm, e Torres *et al.* (2005), 84,9mm, para frutos maduros cultivados em Valinhos-São Paulo, e Caturité - Paraíba, respectivamente. Verifica-se, entretanto, que os frutos da P2, com DL inferior e DT superior aos das demais propriedades, apresentavam-se mais uniformes e cilíndricos ($r = 1,16$) que os da P1 e P3, cuja relação DL/DT foi de 1,61 e 1,56, respectivamente, ambos com forma cônica e piriforme (Figura 2), confirmando Gerhardt *et al.* (1997), ao afirmarem que frutos com resultados mais próximos a 1 são mais arredondados. A forma cilíndrica da P2, que sugere a existência de uma variação genotípica, segundo Corrales-Gracia e Silva (2005) é indesejável para a comercialização *in natura*.



P1

P2

P3

Figura 2. Morfologia e coloração dos frutos de *Opuntia ficus-indica* das diferentes propriedades de Arcoverde- PE, 2006.

Outro indicador da maturidade dos frutos, a densidade, não diferiu dos resultados obtidos para frutos colhidos no mesmo estágio de maturação, por Bicalho e Penteado (1981). No que diz respeito à firmeza do fruto, considerada excelente critério para o estabelecimento da maturidade, os resultados variaram entre 17,69 – 18,03 N. Estes valores indicam uma considerável resistência a danos mecânicos, característica desejável durante o manejo dos frutos nas operações de pós-colheita.

A caracterização dos aspectos físico-químicos e químicos das polpas (Tabela 2) evidencia um elevado pH (5,81 – 6,44) e baixa acidez (0,05 – 0,06% ácido cítrico) que, associados ao teor de umidade (> 86,0%), aumentam o risco de alterações por microrganismos, uma vez que a faixa de pH entre 5,4 e 7,0 é propícia ao desenvolvimento de inúmeras espécies microbianas.

De acordo com Gharras *et al.* (2006), o fruto da *O. ficus-indica* (figo da Índia), é considerado um alimento pouco ácido (pH>4,5) devido ao seu “extremamente baixo conteúdo de ácidos orgânicos”. Os valores determinados nesta pesquisa estão de acordo com os apresentados pela literatura mexicana e chilena (HERNÁNDEZ-PÉREZ *et al.*, 2005; SAWAYA *et al.*, 1983; SEPÚLVEDA; SÁENZ, 1990) e brasileira (BICALHO; PENTEADO, 1982; COELHO *et al.*, 2004).

Com relação à acidez total titulável, os resultados obtidos (0,05 – 0,06% ácido cítrico) ratificam Bicalho e Penteado (1982), Sepúlveda e Sáenz (1990) e Hernández-Pérez *et al.* (2005). Entretanto, estes dados são inferiores aos relatados por Medina, Rodriguez e Romero (2007), Coelho *et al.* (2004), Manica (2002) e Corrales-Garcia e Martinez (2001). Não obstante a negativa de sua influência sobre a qualidade

microbiológica de produtos elaborados a partir destes frutos, baixos valores de acidez são desejáveis para frutos destinados ao consumo *in natura* (PAIVA *et al.*, 1997).

Os teores de açúcares totais (10,49 e 12,29 g/100g) obtidos nesta pesquisa, embora inferiores aos achados por Gharras *et al.* (2006), Manica (2002), Schirra, Inglese e La Mantia (1999), Corrales-Garcia e Martinez (2001), Sepúlveda e Sáenz (1990) e Franco (1995), são equivalentes aos de Bicalho e Penteado (1982). Em relação ao SST (°Brix), os resultados concordam com os descritos para frutos maduros, por estes últimos autores e por Hernández-Pérez *et al.* (2005), sendo superiores aos relatados por Coelho *et al.* (2004). A diferença encontrada entre a P1 e as demais propriedades poderá estar relacionada ao vigor, idade da planta, tipo e manejo da cultura (LAKSHIMINARAYA; ALVARADO-SOSA; BARRIENTOS-PÉREZ, 1979).

No que diz respeito à prevalência de AR, cerca de 97% do total de açúcares é condizente com o encontrado na literatura. Com relação a este parâmetro, Gharras *et al.* (2006) registraram uma elevação de 117.24g / kg, no estágio verde maduro, para 152.26g / kg, no fruto maduro. O baixo teor de sacarose destas frutas maduras, conforme Ouelhazi *et al.* (1992), citado por Cantwell (2001), “é consistente com a presença de invertases ativas”. A predominância de AR: glicose (59,4%) e frutose (40.6%), conforme Sawaya *et al.* (1983), no fruto maduro, contribui para uma maior doçura, conseqüentemente, melhor qualidade do fruto. Corrales-Garcia (2003), Lima *et al.* (2002) e Gonzaga Neto *et al.* (1986) consideram também de extrema importância o comportamento do °Brix e açúcares, na fisiologia do desenvolvimento do fruto, devido à sua repercussão na qualidade pós-colheita.

No que se refere à relação °Brix / ATT (210 – 297), os resultados foram semelhantes aos relatados por Bicalho e Penteado (1982) (198,35 – 216,10). Esta relação, usualmente empregada para avaliar o grau de maturação para colheita, por ser resultante do balanço entre açúcares e ácidos, constitui uma boa expressão para definir o sabor dos frutos. Nestes frutos constata-se uma predominância da doçura sobre a acidez, geralmente desejável para consumo *in natura* (BICALHO; PENTEADO, 1982; LIMA *et al.*, 2002; MANICA *et al.*, 1998; NASCIMENTO; RAMOS; MENEZES, 1998).

Análise da Componente Principal (PCA)

A análise de componente principal mostrou-se significativa e explicou 75,43% da variância total dos dados (Figuras 3 e 4).

Na primeira componente principal (PC1), que corresponde a 51,22% de toda a informação desta pesquisa (Figura 3), predominam as seguintes características: AT, AR, pH, SST, relação SST/ATT, MS, D e EC, todos com escores positivos e significativos ($p > 0,05$).

Nesta mesma PC1 observa-se ainda que os frutos da P1 se destacam dos da P2, de modo significativo, quanto ao NSF e DL, e não significativo, quanto ao valor de UP, todos com escores negativos.

Na segunda componente principal, o PF e a EP dos frutos da P2, caracterizados por elevada negatividade, contribuem e explicam os 24,21% da variância total.

Na figura 4 evidencia-se que a PC1 descriminou os frutos da P1 dos da P2 tendo por base a variação das características físicas, físico-químicas e químicas anteriormente citadas.

Possíveis correlações entre os parâmetros de qualidade dos frutos foram estabelecidas pelos respectivos coeficientes de Pearson e de determinação.

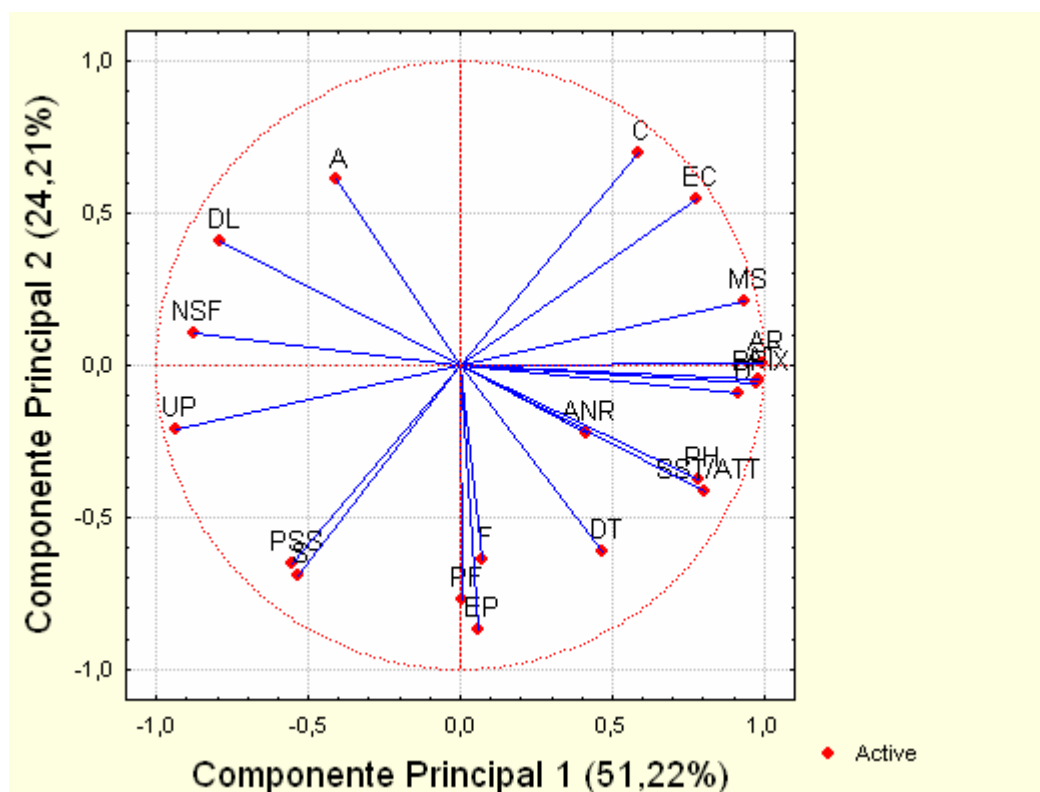


Figura 3. Pesos das variáveis nas duas primeiras componentes principais para os parâmetros físicos, físico-químicos, químicos em *Opuntia ficus-indica* (Propriedades 1, 2 e 3).

AT: Açúcares Totais; AR: Açúcares redutores; ANR: Açúcares não redutores; relação SST/ATT: °Brix / acidez; A=ATT: Acidez total titulável; MS: Matéria seca; UP: Umidade da polpa; PF: Peso dos frutos; DL: Diâmetro longitudinal; DT: Diâmetro transversal; EC: espessura da casca; EP: espessura da polpa; PSS: Polpa sem semente; S: Semente; C: Casca; F: Firmeza; D: Densidade e NSF: Número de sementes fecundadas.

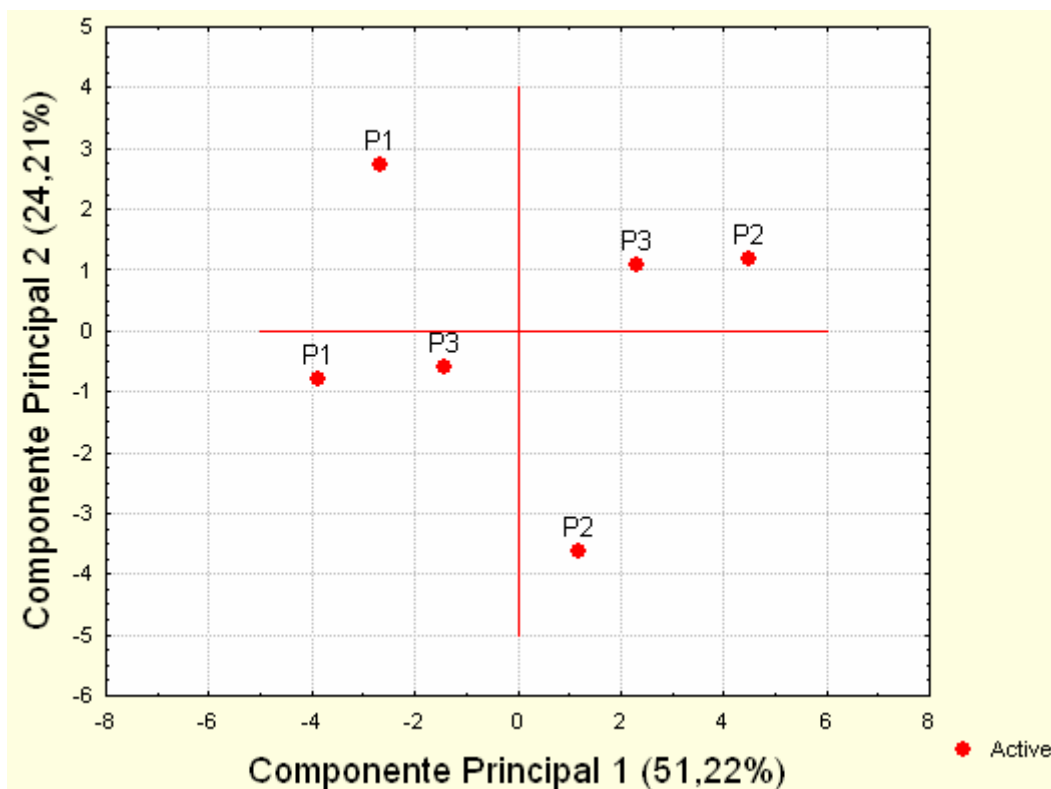


Figura 4. Escores das amostras nos dois primeiros componentes principais para os parâmetros físicos, físico-químicos e químicos em *Opuntia ficus-indica* (Propriedades 1, 2 e 3).

Os resultados demonstram que o maior coeficiente (Tabela 3) foi obtido entre MS e UP com sinal negativo, seguido dos obtidos com SST em relação ao AR, NSF, AT, MS e UP, dos quais NSF e UP com sinal negativo.

Estas correlações se revestem da maior importância, ao considerar a facilidade de determinação do SST que, associado a outros parâmetros, indica o completo desenvolvimento do fruto (CORRALES-GARCIA; FLORES-VALDEZ, 2003).

Estes resultados também apresentam consistência com as representações gráficas destas variáveis na análise do componente principal, que destaca a P2 entre as demais propriedades.

Conclusões

Os resultados obtidos nesta pesquisa validam os critérios de colheita utilizados para a seleção de figos da índia no estágio de amadurecimento comercial e demonstram que:

- não obstante a similaridade entre a maioria dos parâmetros físicos, existe uma diferença morfológica entre os frutos da P2 e das demais propriedades;
- nos parâmetros relacionados ao *flavor* e rendimento industrial, os frutos da P2 e da P3 diferem dos da P1;
- do ponto de vista comercial, os frutos oriundos da P3 e P2, com características comparáveis às de frutos desta espécie, produzidos em outras regiões do país e do mundo, apresentam, respectivamente, maior potencial para consumo *in natura* e para industrialização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 17^a ed. Washington: AOAC. 2002.

BARBERA, G. História e importância econômica e agroecológica. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. João Pessoa. FAO/ Sebrae, v.132, p.1-11, 2001.

BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. João Pessoa. FAO/ Sebrae, 2001. v.132, 216p.

BELIG, R. R.; SANTOS, C.; CORRÊA, S.; KIST, B. B.; PEREIRA, J. A. G. **Anuário Brasileiro da Fruticultura**, 2003. 136p.

BERNARDES-SILVA, A. P. F.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, supl., p. 116-120, 2003.

BICALHO, U. O.; PENTEADO, M. V. C. Estudo do fruto e do artigo da *Opuntia ficus-indica* (L) Miller cultivada em Valinhos-SP: I- Características bromatológicas. **Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo**. v.17, n.1, 93-101, jan./jun.1981.

_____. Estudo do fruto e do artigo da *Opuntia ficus-indica* (L) Miller cultivada em Valinhos-SP: II- Características bioquímicas. **Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo**, v.18, n.1, 68-74, jan./jun.1982.

CANTWELL, M. Manejo pós-colheita de frutas e verduras de palma forrageira. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. João Pessoa. FAO/ Sebrae, 2001. v.132, p.123-139.

COELHO, R. R. P.; FERREIRA-NETO, C. J.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Características físicas e físico-químicas do fruto da palma cultivados na região do Curimataú paraibano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19, 2004, Recife. **Anais eletrônicos ...** Recife, 2004. 1 CD-ROM.

CORRALES-GARCIA, J.; SILVA, J. L. H. Cambios en la calidad postcosecha de variedades de tuna con y sin semilla. **Revista de Fitotecnia Mexicana**, v. 28, n. 1, p. 9-16, 2005.

CORRALES-GARCÍA, J. Fisiología y tecnología poscosecha de la tuna y el napolito. In: CORRALES-GARCÍA, J.; FLOREZ-VALDEZ, C.A. (Eds.). **Nopalitos y tunas: producción, comercialización, poscosecha e industrialización**. Chapingo, Universidade Autónoma de Chapingo: 2003. p.117-152.

CORRALES-GARCÍA, J.; MARTINEZ, P.G. Effect of gibberellic acid and (2-chloroethane) phosphonic acid on glochid abscission in cactus pear fruit (*Opuntia amyclaea* Tenero). **Posharvest Biology and Technology**, v.22, p.151-157, 2001.

CORRALES-GARCIA, J.; FLOREZ-VALDEZ, C. A. **Nopalitos y tunas: producción, comercialización, poscosecha e industrialización**. . Chapingo, Universidade Autónoma de Chapingo: 2003. 225p.

_____. **Tendencias actuales y futuras en el procesamiento del nopal y la tuna**, Chapingo. 2000. 59p.

ESQUIVEL, P. Los frutos de las cactáceas y su potencial como matéria prima. **Agronomia Mesoamericana**, v. 15, n. 2, p.215-219, 2004.

FRANÇA, V.C.; NARAIN, N. Caracterização química dos frutos de três matrizes de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.).**Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, n.2, p 157-160, 2003.

FRANCO, G. **Tabela de composição de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1995. 307p.

GERHARDT, L.B. de A.; MANICA, I.; KIST, H.; SIELER, R.L. Características físico-químicas dos frutos de quatro cultivares e três clones de goiaba em Porto Lucena, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.2, p.185-192, 1997.

GHARRAS, H.EL; HASIB, A.; JAOUAD, A.; BOUADILI, A.E. Caracterización química y física de tres variedades de higos chumbos amarillos de marruecos (*Opuntia ficus-indica*) em três etapas de madurez. **Ciência y Tecnología Alimentaria**, v.5, n.2, p.93-99, 2006.

GONZAGA NETO, L.; PEDROSA, A. C.; ABRAMOF, L.; BEZERRA, J. E. F.; DANTAS, A. P.; SILVA, H. M.; SOUZA, M. M. de. Seleção de cultivares de goiaba

(*Psidium guajava* L.) para fins industriais, na região do Vale do Rio Moxotó. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 8, n.1, p. 55 -61,1986.

GUERRA, N. B. Abacaxi do Nordeste – **Desenvolvimento, maturidade para colheita e fisiologia pós-colheita**.1979. 105f. Tese de Doutorado em Ciência dos Alimentos - Universidade de São Paulo, São Paulo,1979.

HERNÁNDEZ-PÉREZ, T.; CARRILO-LÓPEZ, A.; GUEVARA-LARA, F.; CRUZ-HERNÁNDEZ, A.; PAREDES-LÓPEZ, O. Biochemical and nutritional characterization of three prickly pear species with different ripening behavior. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.60, p.195-200, 2005.

HILLS, S. F. Anatomia e morfologia. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. João Pessoa. FAO/Sebrae, 2001. v. 132, p.28 – 35.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília, 2005. ed. IV. 1018p. 2005.

LAKSHIMINARAYA, S.; ALVARADO – SOSA, L.; BARRIENTOS-PÉREZ, F.. The development and postharvest physiology of the fruit of cactus pear (*Opuntia amyclaea* T.). In: INGLET, G.E.; CHARALAMBUS, G. (Eds.). **Tropical foods: chemistry and nutrition**. New York. Academic Press, 1979. v.1, p. 69-93.

LIMA, E.D.P.A.; LIMA, C.A.A.; ALDRIGUE, M.L.; GONDIM, P.J.S. Caracterização física e química dos frutos de umbu-cajazeira (*Spondias* spp) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.2, p.338-343, ago. 2002.

MANICA, I. **Frutas nativas, silvestres e exóticas 2: Técnica de produção e mercado de feijão, figo-da-índia, fruta-pão, jaca, lichia, mangaba**. Porto Alegre, 2002. p.141-245.

MANICA, I.; KIST, H.; MICHELETTO, E.L.; KRAUSE, C.A. Competição entre quatro cultivares e duas seleções de goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, n.8, p.1305-1313, 1998.

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

NASCIMENTO, T.B. do; RAMOS, J.D.; MENEZES, J.B. Características físico-químicas do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener) produzido em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.20, n.1, p.33-38, 1998.

PAIVA, M.C.; MANICA, I.; FIORAVANÇO, J.C.; KIST, H. Caracterização química dos frutos de quatro cultivares e duas seleções de goiabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.19, n.1, p.57-63, 1997.

SAWAYA, W. N.; KHATCHADOURIAN, H. A.; SAFI, W. M.; AL-MUHAMMAD, H. M. Chemical characterization of prickly pear pulp, *Opuntia ficus-indica*, and the manufacturing of prickly pear jam. **Journal of Food Technology**, v. 18, p. 183-193, 1983.

SCHIRRA, M.; IGLESE, P.; LA MANTIA, T. Quality of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Miller (L)) fruit in relation to ripening time, CaCl₂ preharvest sprays and storage conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 1362, p. 1-12, 1999.

SEPÚLVEDA, E.; SÁENZ, C. Características químicas y físicas de pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica*). **Revista de Agroquímica e Tecnología de Alimentos**, v. 30, n. 4, p.551-555, 1990.

SILVA, S. R. da; MERCADANTE, A. Z. Composição de carotenóides de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*) in natura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.3, p. 254-258, 2002.

STATSOFT: Statistica for windows [computer program manual]. Tulsa, 1997.

TORRES, L. B. de V.; COSTA, M. R.; BARROS, S. H. de A.; SILVA, R. T. S.; GALDINO, P. O. Caracterização de frutos de palma forrageira em diferentes estádios de maturação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS, I., 2005, João Pessoa. **Anais eletrônicos....** João Pesssoa, 2005. 1 CD-ROM.

WIKIPÉDIA, 2008. **Classificação climática de Köppen-Geiger.** <http://wikipedia.org/wild/classifica> . Consultado em 17/03/2008.

**OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE PÓS-COLHEITA DE
FRUTOS DA *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller**

RESUMO

Diante da escassez de dados sobre o comportamento pós-colheita dos frutos da *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller (figo da índia), produzidos no país, principalmente no nordeste, foi procedida a otimização das condições de armazenamento para atender mercados a longa distância, sendo colhidos 100 (cem) frutos aleatoriamente no estágio II – ½ maduro, em três propriedades do semi-árido pernambucano, codificadas como P1, P2, e P3. Foram selecionadas 20 unidades/propriedade (controle/tempo zero) e 42 unidades/propriedade, que após tratamentos preliminares e serem embaladas com filme plástico, foram armazenados sob diversas condições, segundo o planejamento fatorial 2^2 cujas variáveis independentes foram: temperaturas de $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $15\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e tempo de 10, 30 e 50 dias. No tempo zero e ao final de cada período procedeu-se à determinação das variáveis dependentes relacionadas aos parâmetros de qualidade. Os dados experimentais, submetidos à metodologia de superfície de resposta, demonstraram uma significativa influência dos fatores independentes isolados sobre a UP da P1 e ao pH e ATT das P2 e P3, e da interação entre eles sobre a PP, de todas as propriedades, a MS e SST da P1 e a SST/ATT das propriedades 2 e 3 e que os coeficientes de determinação mais elevados ($R^2 > 0,90$) foram obtidos para PP, MS, UP e SST da P1 e para PP, pH, ATT e SST/ATT das P2 e P3. Uma análise destes resultados, associada às características visuais, indica que as melhores condições de armazenamento, em termos da qualidade dos frutos, foram: $10^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ /10dias e $15^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ / 30 dias na dependência do mercado de destino.

Palavras-chave: figo da índia, qualidade do fruto para exportação, condições de armazenamento.

ABSTRACT

The lack of data information about the behavior of post-harvest of the prickly pear produced in Brazil, mainly in northeast areas, as a way of subsidize this paper, we had to adopt procedures to improve the conditions on storage method to reach long-distance markets. Therefore, 100 fruit at the stage II - $\frac{1}{2}$ mature, were randomly picked from 3 farms established at semi-arid region in Pernambuco State. These samples were encoded as P1, P2 and P3, respectively. The next step was to select 20 units/ownership (control/time zero) and 42 units/property which after preliminary treatment procedures, packing with plastic film, they were stored under different conditions, according to the design factorial whose 2^2 independent variables. Where: temperatures of $10^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, $15^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, and elapsing times of 10, 30 and 50 days. At time zero by the end of each period, we proceeded an analysis of those dependent variables related to the parameters of quality. Experimental data was submitted to the surface response methodology, had demonstrated a significant influence related to isolated factors on the UP and the pH of P1 and P2 and P3 of ATT, and the interaction between them on the PP, on every farm. For instance, MS SST and the P1 and SST / ATT 2 and 3 of the properties and those higher coefficients of determination ($R^2 > 0.90$) were obtained for PP, MS, UP and the SST P 1 and PP, pH, and ATT SST / ATT of P 2 and P3. Focusing these results associated with the visual characteristics, the overall performance indicates that the best storage condition, in terms of the quality of the fruit, were $10^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ / 10days and $15^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ / 30 days depending on the market destination.

Key word: prickly pear, quality of the fruit for exportation, conditions for storage.

INTRODUÇÃO

Os frutos da *Opuntia ficus-índica* (L.) Miller (figo da índia) produzidos no semi-árido pernambucano, a exemplo do que ocorre em outras regiões do país, ainda são pouco difundidos e consumidos, do ponto de vista comercial, não obstante sua similaridade, em termos de características químicas, físico-químicas e físicas, com os cultivados em países como o México e o Chile, grandes produtores e exportadores (ALVES *et al.* 2007).

No mercado internacional, verifica-se uma considerável demanda por esse fruto, abrindo perspectivas para sua exploração nas regiões áridas e semi-áridas do Nordeste brasileiro, como forma de melhorar as condições sócioeconômicas de sua população. Contudo, para viabilizar esta proposta faz-se necessário suplantando uma série de obstáculos, tais como: susceptibilidade a lesões decorrentes do manuseio inadequado, durante a colheita e operações pós-colheita que, associadas ao elevado teor de umidade, facilitam o ataque microbiano, responsável por perdas que alcançam 30% a 40% da produção (MALGARIM *et al.*, 2005).

Entre as operações tecnológicas capazes de minimizar estas perdas e prolongar a vida útil pós-colheita dos frutos e hortaliças podem ser citadas a aplicação do frio e o emprego de atmosfera modificada, pela utilização de filmes flexíveis, de emulsões cerosas, parafinas, ésteres de ácidos graxos, entre outros, para embalagem dos frutos, cuja eficácia tem sido comprovada por diversos autores (GOULD, 1996; GUERRA, 1993).

Embora temperaturas iguais ou inferiores a 10°C não sejam indicadas para frutos tropicais, devido à sua baixa tolerância ao frio, de acordo com a literatura variações entre 0 e 20 °C vêm sendo empregadas na conservação dos frutos de *Opuntia*. Em 1978, Berger *et al.* conservaram, por dois meses, frutos previamente tratados por imersão em fungicidas (Benlate-Botran), a uma temperatura de 48-50°C, embalados em sacos de polietileno e armazenados a $0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR, comprovando a eficácia da embalagem e apresentando uma boa tolerância ao frio, divergindo de Franco e Veloz (1985), que, ao armazenarem frutos sob diversas temperaturas, por um período de 15 dias, constataram, a 8 e 10°C, susceptibilidade a danos pelo frio. Garcia, Rodriguez e Cruz (1997), em frutos de seis variedades, armazenados por 60 dias, a 9°C e 90% UR, verificaram que a tolerância ao frio estava relacionada à variedade, que também, influi sobre a perda de peso, segundo pesquisa realizada, neste mesmo ano, por Franco-Moreno e Rodriguez – Campos (1997), com frutos de 20 variedades, armazenados a 20°C, por 10 dias, com 60 –70% UR. Posteriormente, Inglese, Basile e Schirra (2002) verificaram que a cobertura dos frutos com películas de polietileno durante o armazenamento a 6°C, por seis semanas, reduziu a perda de peso, os danos pelo frio e propiciou uma melhor aparência. O papel desta película em relação à perda de peso e retenção do frescor, em frutos armazenados a 9°C por 4 semanas, também foi destacado por Corrales-Garcia (2003).

No Brasil, as pesquisas sobre o tema restringem-se a dois trabalhos desenvolvidos no semi-árido paraibano, por Primo, Silva e Silva (2005) e Primo, Silva e Martins (2007). O primeiro ratificou a eficácia da atmosfera modificada (AM) por filme de PVC sobre a qualidade de frutos de palma, em dois estádios de maturação, armazenados a 10°C/18 dias, enquanto o estudo de 2007 avaliou a eficácia do amido de

inhame como revestimento de frutos, em quatro estádios de maturação, armazenados sob refrigeração a 12°C/15 dias, sobre a evolução da cor da polpa.

Diante da escassez de dados sobre o comportamento pós-colheita dos frutos produzidos no país, especialmente no semi-árido nordestino, foi implementada esta pesquisa com vistas a otimizar as condições de armazenamento para atender mercados a longa distância.

MATERIAL E MÉTODOS

Material

O material foi constituído por frutos de *O. ficus-indica*, provenientes de três propriedades particulares, codificadas como P1, P2 e P3, todas localizadas no município de Arcoverde, na mesorregião Sertão e microrregião Sertão do Moxotó do Estado de Pernambuco, entre as coordenadas geográficas 08°:25':08" latitude sul e 37°:03':14" longitude oeste Gr, a aproximadamente 663m de altitude. Nesta área, segundo a classificação de Köppen, predomina o tipo climático "AS", tropical chuvoso com verão seco (WIKIPÉDIA, 2008).

As plantas, das propriedades P1, P2 e P3, foram identificadas no Herbário - IPA Dárdano de Andrade Lima, da Empresa Pernambucana de Pesquisas Agropecuárias (IPA), e tombadas no acervo, sob os números IPA 73436; IPA 73434 e IPA 73435, respectivamente.

Métodos

Procedimentos da colheita e pós-colheita

A colheita foi efetuada manualmente, com o auxílio de luvas e faca, no período da manhã, em março de 2006. De cada propriedade foram colhidos 100 frutos (associados a uma pequena fração do cladódio - raquete), em diferentes posições e orientações da planta, de acordo com os seguintes critérios: estágio II – ½ maduro, casca com cerca de 60% de mudança de cor (CANTWELL, 2001), tamanho uniforme, pouca presença de gloquídeos (espinhos de celulose cristalina) e ausência de defeitos visuais (larvas, insetos, fungos, danos na película e injúrias mecânicas).

Logo após a colheita os frutos foram imersos em água, para pré-resfriá-los e eliminar parte das impurezas e dos gloquídeos, sendo posteriormente secados naturalmente a temperatura ambiente, acondicionados em caixas de papelão ondulado, em uma única camada, e transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutos do IPA, localizado na cidade do Recife - PE, onde foram conduzidos os experimentos.

Os frutos foram submetidos a uma lavagem com escovação (escova com cerdas macias), para eliminar os gloquídeos e as impurezas remanescentes, imersos em solução sanitizante de hipoclorito de sódio (13,2g/l) associado ao Cercobim 700Pm (0.7g/l) a 45°C/ 20 min, para reduzir o risco de infecção por microorganismos, e secados sobre papel toalha, à sombra, sob 23°C ± 1°C, por três dias, período necessário para a queda da fração do cladódio a eles aderida.

Procedeu-se então à retirada, ao acaso, de 20 frutos/ propriedade (tempo zero do armazenamento) e 42 frutos / propriedade que, em duplas, foram acondicionados em bandejas de poliestireno com dimensões de 150 x 150 x 25 mm, de forma a disponibilizar três bandejas por tratamento, perfazendo um total de vinte e uma bandejas/propriedade. Cada uma delas foi envolvida com filme flexível de cloreto de polivinila (PVC) de 16 µm de espessura e 440 mm de largura, para obtenção de atmosfera modificada, e aleatoriamente distribuídas em câmaras de refrigeração com umidade do ar 85-90%, monitoradas por Termohigrógrafo – Thermo-Hygrograph 79t, Dr. A. Muller, de rotação semanal, conforme estabelecido no delineamento experimental.

Delineamento experimental

Para otimizar as condições de armazenamento pós-colheita do fruto de *Opuntia ficus-indica*, foi empregado um planejamento fatorial 2^2 (BOX; BEHNKEN, 1960). Os fatores (variáveis independentes), selecionados com base no seu impacto sobre a qualidade dos frutos, foram: tempo (10-30-50 dias) e temperatura ($10 \pm 1^\circ\text{C}$; $15 \pm 1^\circ\text{C}$ e $20 \pm 1^\circ\text{C}$) (Tabela 1). Os seguintes atributos ou respostas (variáveis dependentes) foram considerados nesta pesquisa: Perda de massa (PP); Densidade (D); Firmeza (F); Matéria seca (MS); Umidade da polpa (UP); Potencial hidrogeniônico (pH); Acidez total titulável (ATT); Sólidos solúveis totais (SST); Açúcares totais (AT); Açúcares redutores (AR), Açúcares não redutores (ANR) e observações visuais. O delineamento experimental, que resultou em 7 experimentos, sendo os três últimos repetições do ponto central, foi aplicado aos frutos originados de cada propriedade (P1, P2 e P3) (Tabela 2) e a metodologia de superfície de resposta (MSR) foi aplicada aos dados

experimentais por meio do programa Statistica for Windows, versão 6.0 (STATSOFT, 1997). Os dados foram ajustados ao seguinte modelo polinomial:

$$y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2,$$

onde: y é a variável resposta (PP,D, F, MS, UP, pH, ATT, SST, SST/ ATT, AT, AR e ANR); b_n coeficientes de regressão; X_1 o tempo (-1, 0, 1) e X_2 a temperatura (-1, 0, 1).

Análises estatísticas

O critério utilizado para caracterizar a eficiência do ajuste das informações ao modelo foi o coeficiente de determinação (R^2).

Tabela 1 - Níveis decodificados e codificados das variáveis independentes utilizados no delineamento experimental das condições pós-colheita de frutos de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller

Variáveis	Símbolos		Níveis	
Independentes				
	Decodificados	Codificados	Decodificados	Codificados
Tempo (dias)	t	X_1	10	-1
			30	0
			50	1
Temperatura (°C)	T	X_2	10	-1
			15	0
			20	1

Tabela 2 – Matriz de planejamento das condições de armazenamento pós - colheita de frutos de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller

Ensaio	Decodificados		Codificados	
	t (dias)	T (°C)	t (dias)	T (°C)
1	10	10	-1	-1
2	50	10	1	-1
3	10	20	-1	1
4	50	20	1	1
5	30	15	0	0
6	30	15	0	0
7	30	15	0	0

Determinações analíticas

PP (%) – conforme equação de Laranjeira (1997), $PP (\%) = 100 \times ((Mi - Mf) / Mi)$, onde PP (perda de massa), Mi (massa total inicial); Mf (massa total final); D, obtida a partir da relação massa (g)/ volume (cm³); F, a partir de perfurações efetuadas em lados opostos no terço mediano, utilizando penetrômetro manual (Scales & Force Precision Instruments since 1835) com ponteira de 0,48mm de diâmetro; MS e UP (%), em estufa a 75°C, até peso constante; pH, através de leitura direta em potenciômetro digital Tecnal (modelo Ph meter Tec – 2), calibrado com solução tampão Ph 4 e 7 [AOAC, 2002, 943.02 (cap.32, pág. 12)]; SST (°Brix), por refratometria em Hand refractometer (OSK 6533 type – N- 1, Atago N-1E; °Brix 0 ~ 32% sacarose) [AOAC, 2002, 932.12 (37.1.15)]; ATT, conforme o Instituto Adolfo Lutz (IAL) (2005) e relação SST/ATT, AT, AR e ANR conforme IAL (2005), e observação visual da aparência e coloração (casca e polpa) – conforme escala de intervalo estruturada de 7 pontos (Tabela 3).

Com exceção da perda de massa, densidade e firmeza, realizadas nos frutos inteiros, os demais parâmetros físico-químicos e químicos foram efetuados utilizando as polpas homogeneizadas de cada um dos 62 frutos/propriedade, sempre em triplicata, no tempo zero (controle) e ao final de cada um dos 7 ensaios efetuados.

Tabela 3 - Escala estruturada de intervalos de cores

Códigos	Coloração
1	Amarelo claro / Verde claro
2	Amarelo / Verde Claro
3	Amarelo
4	Amarelo claro / Alaranjado
5	Amarelo Alaranjado
6	Laranja / Amarelado
7	Laranja

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito das condições de armazenamento sobre as características visuais dos frutos

Nesta pesquisa observou-se que ao final do armazenamento, 87% dos frutos, independentemente da propriedade de origem, exibiam casca com coloração amarelo / verde claro e 59% de suas polpas laranja / amarelada, em substituição parcial da amarela alaranjada, exibida por 61% dos frutos no tempo zero, indicando que, ocorreu uma discreta evolução deste parâmetro, durante o armazenamento (Figura 1).

Verificou-se ainda, ao final de cada período de armazenamento, que os frutos permaneceram túrgidos, sem danos pelo frio, livres de ataque microbiano, comprovando a eficácia do tratamento prévio com água aquecida (42°C/ 2min.), associado à aplicação de fungicida e ao revestimento com filme de PVC.

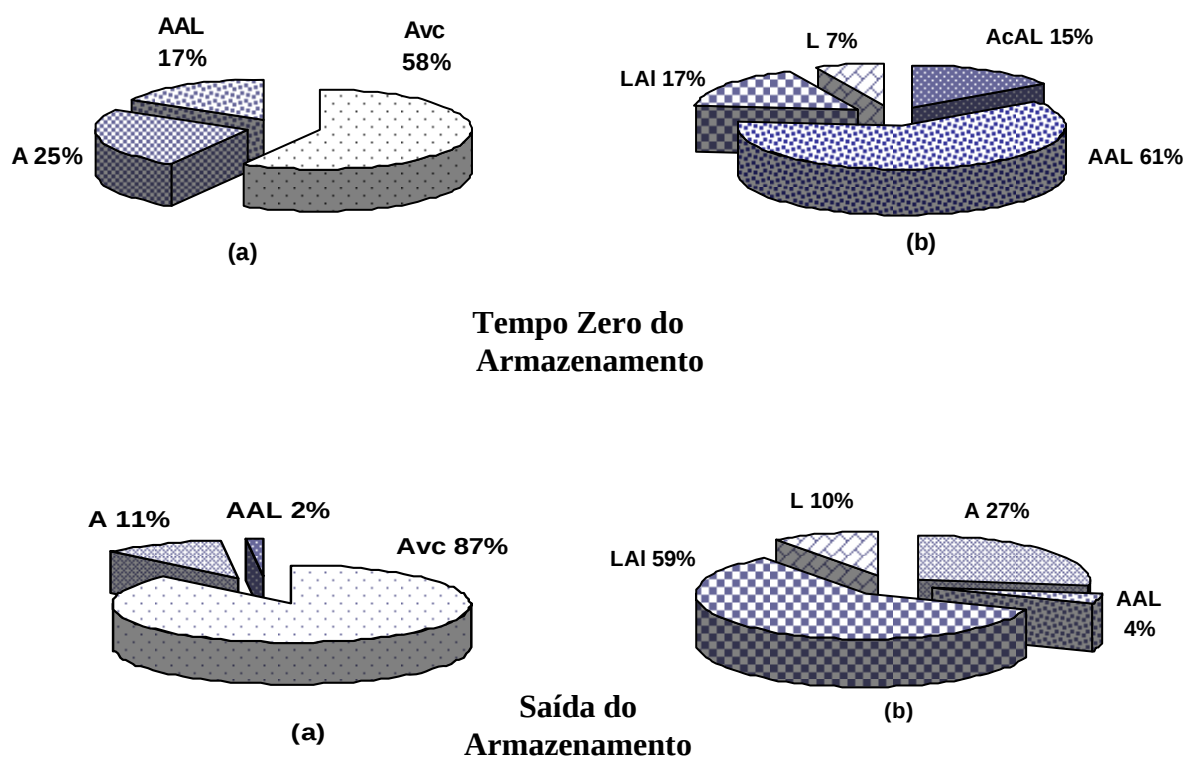


Figura 1. Frequência das cores dos frutos de *Opuntia ficus-indica* no tempo zero e na saída do armazenamento

(a) casca; (b) polpa; A – amarelo; AcAL – amarelo claro/ alaranjado; AAL - amarelo/ alaranjada; Avc - amarela / verde claro; LAI - laranja / amarelada; L - laranja.

Efeito das condições de armazenamento sobre os parâmetros de qualidade dos frutos

As tabelas 4, 5 e 6 apresentam os resultados experimentais utilizados na metodologia da superfície de resposta.

Convém ressaltar que a PP registrada para os frutos das propriedades pesquisadas foi inferior a 5%, percentual, conforme Félix *et al.* (1992), insuficiente para alterar sua aparência, somente observada em PP superiores a 8%. Este resultado é similar ao obtido por Corrales-Garcia, Moreno e Campos (2006), em 20 variedades, das quais apenas 3 apresentaram perda superior a 5%, e por Morga, Bolaños e Silva (2006 b), que registraram perdas entre 1,3 – 3,6%, após 12 dias de armazenamento a 10 °C, valores que, segundo os autores, estavam associados à presença de microrganismos, fato não observado neste estudo. Outros autores observaram: que as perdas de peso (entre 0,1 - 3,0%) de frutos armazenados sob AM, após 18 dias, foram 10% inferiores às determinadas para frutos armazenados em atmosfera ambiente (PRIMO; SILVA; MARTINS, 2007); após 20 dias de armazenamento dos frutos das cultivares Cristalina e Amarilla Milpa Alta a $10 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e 90 – 95%UR, perdas de 4,57 e 11,01%, respectivamente (CORRALES-GARCIA; SILVA 2005); que ao final do armazenamento a $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ / 14dias, em frutos previamente tratados a quente ($60^{\circ}\text{C}/30''$) perdas menores que 1,8% (DIMITRIS *et al.*, 2005). Estes resultados demonstram, além da influência do binômio tempo e temperatura, o efeito protetor da AM ao manter a UR elevada em torno dos frutos, das variedades e do tratamento a quente sobre esse importante parâmetro de qualidade.

De acordo com Berger *et al.* (1978), a maturação do figo da índia não evolui após a colheita, permanecendo estáveis parâmetros como: SST, ATT e F. Os dados apresentados na tabela 3, embora ratifiquem esta premissa, mostram uma ligeira tendência de elevação do SST em função, principalmente, do tempo de armazenamento, comportamento não registrado para os frutos da P2 e P3, que também diferiram da P1 quanto ao percentual deste parâmetro no tempo zero, possivelmente devido à influência dos tratos culturais empregados.

Pequenas variações também foram observadas ao final dos períodos de armazenamento, por Morga, Balaños e Silva (2006 a), ao armazenarem frutos sob atmosfera controlada, a 2°C, por 15 e 20 dias, de 13,7 - 14,2 °Brix e de 12,5 - 13,7 °Brix, respectivamente; Primo, Silva e Silva (2005), após 18 dias, a 10°C, encontraram, para frutos com 50% de mudança de cor e embalados, variação de 11,0 – 10,0 °Brix. Quanto à ATT, na P2 e P3 as variações ocorridas em função da temperatura foram suficientes para influenciar a relação SST/ATT.

Embora a firmeza da *Opuntia*, nos ensaios 1 (Tabelas 4, 5 e 6) tenha sido superior à do tempo zero, tendeu a diminuir progressiva e lentamente, nos demais ensaios, independentemente da propriedade, com exceção do ensaio 2 (da P2 e P3) que permaneceu superior ao tempo zero. Ao final dos 30 dias, os frutos apresentavam-se firmes, com variações de 15,07 N - 17,71 N; 17,75 N - 18,05 N; 17,21 N - 17,75 N, para P1, P2 e P3, respectivamente, em relação ao tempo zero. Resultados superiores aos registrados por Primo, Silva e Silva (2005), que também referem uma leve redução da firmeza durante o armazenamento, de 10 N para 6 - 7 N, em frutos do semi-árido paraibano, embalados com PVC.

Tabela 4 - Dados experimentais usados para análise da superfície de respostas e os valores correspondentes ao tempo zero em frutos de *Opuntia ficus-indica* colhidos na propriedade 1

Ensaio	Variáveis dependentes											
	PP	D	F	MS	UP	pH	ATT	SST	SST / ATT	AT	AR	ANR
0	0	1,01	17,71	12,75	87,25	5,81	0,06	12,59	209,83	10,68	10,55	0,13
1	1,70	1,01	18,82	11,80	87,98	6,62	0,06	11,80	196,67	9,91	9,77	0,14
2	3,60	1,01	17,48	14,35	85,65	6,42	0,07	13,80	197,14	12,81	12,11	0,69
3	2,58	1,01	15,22	12,27	87,50	5,92	0,09	12,30	136,67	10,90	10,21	0,69
4	4,80	1,02	14,31	15,30	85,20	6,19	0,06	14,50	241,67	10,84	10,70	0,14
5	2,90	1,02	16,10	13,30	86,70	6,27	0,11	13,53	123,00	12,21	11,64	0,57
6	2,80	1,00	14,57	13,14	86,86	6,49	0,09	13,33	148,11	10,81	10,31	0,50
7	2,85	1,01	14,54	13,46	86,54	6,10	0,11	13,27	120,64	11,57	10,58	0,99

Tabela 5 - Dados experimentais usados para análise da superfície de respostas e os valores correspondentes ao tempo zero em frutos de *Opuntia ficus-indica* colhidos na propriedade 2

Ensaio	Variáveis dependentes											
	PP	D	F	MS	UP	pH	ATT	SST	SST / ATT	AT	AR	ANR
0	0	1,01	18,05	13,54	86,00	6,37	0,05	14,36	287,2	12,34	11,99	0,36
1	2,4	1,03	19,37	14,70	85,30	6,57	0,04	14,20	355,00	12,85	12,63	0,22
2	4,05	1,02	18,82	14,54	85,46	6,25	0,06	13,47	224,50	11,42	11,24	0,18
3	3,02	1,01	16,86	14,56	85,44	5,14	0,07	14,07	201,00	13,08	12,73	0,35
4	4,90	1,02	16,53	13,62	86,38	6,25	0,08	13,67	170,87	12,42	12,14	0,28
5	3,15	1,04	17,74	12,97	87,03	5,80	0,06	13,07	217,83	11,17	10,76	0,41
6	3,40	1,03	16,59	13,65	86,35	5,92	0,06	13,50	219,17	12,36	12,03	0,33
7	3,30	1,02	18,91	13,10	86,90	6,02	0,07	13,20	188,57	11,18	10,82	0,36

Tabela 6 - Dados experimentais usados para análise da superfície de respostas e os valores correspondentes ao tempo zero em frutos de *Opuntia ficus-indica* colhidos na propriedade 3

Ensaio	Variáveis Dependentes											
	PP	D	F	MS	UP	pH	ATT	SST	SST / ATT	AT	AR	ANR
0	0	1,01	17,75	13,37	86,63	6,43	0,05	13,49	269,80	11,87	11,24	0,63
1	1,73	1,02	18,39	13,53	86,47	6,82	0,04	13,60	340,00	12,11	11,88	0,23
2	3,50	1,01	17,84	13,72	86,28	6,60	0,06	13,20	220,00	12,58	12,31	0,27
3	2,40	1,02	17,90	13,60	86,40	6,15	0,07	13,40	191,43	12,65	12,42	0,23
4	4,50	1,01	17,51	13,01	86,99	6,21	0,08	12,47	155,87	11,37	11,11	0,26
5	2,70	1,00	18,29	13,64	86,36	6,41	0,07	14,07	201,00	11,57	11,39	0,18
6	2,90	1,02	16,43	13,98	86,02	6,43	0,06	13,73	228,83	12,08	11,86	0,22
7	3,00	1,01	16,92	14,05	85,95	6,55	0,06	13,93	232,17	12,03	11,80	0,23

A tabela 7 apresenta os coeficientes de regressão que descrevem os efeitos das condições de armazenamento pós-colheita sobre as variáveis dependentes. A influência significativa dos fatores isolados tempo e temperatura ficou restrita à UP da P1 e ao pH e ATT das P2 e P3, respectivamente, enquanto foi registrada interação entre estes fatores sobre a PP, em todas as propriedades, a MS e SST da P1 e a SST/ATT das propriedades 2 e 3. Os coeficientes de determinação mais elevados ($R^2 > 0,90$) foram obtidos para os parâmetros PP, MS, UP e SST da propriedade 1 e da PP, pH, ATT e SST/ATT das propriedades 2 e 3, indicando um bom ajuste dos dados experimentais destes parâmetros à equação.

Tabela 7 - Coeficientes de regressão e determinação da equação para as variáveis dependentes durante o armazenamento pós- colheita dos frutos de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller

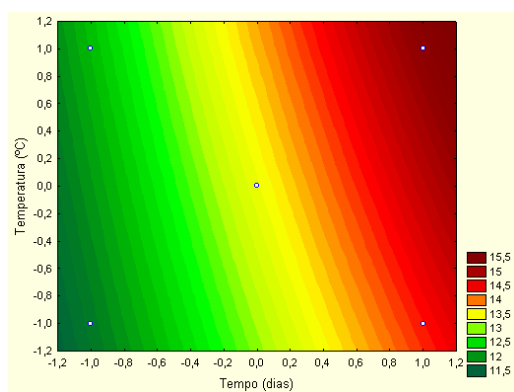
Propriedades	Coeficientes	Variáveis dependentes											
		PP	D	F	MS	UP	pH	ATT	SST	SST/ATT	AT	AR	ANR
P1	b ₀	3,03			13,37	86,63	6,29	0,08	13,22	166,27	10,76	10,76	ns
	Linear												
	b ₁	1,03	ns	ns	1,39	-1,16	ns	ns	1,05	ns	ns	ns	ns
	b ₂	0,52	ns	ns	0,35	ns	ns	ns	0,3	ns	ns	ns	ns
	Interação												
	b ₁₂	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	R ²	0,97			0,99	0,99	0,78	0,22	0,96	0,44	0,75	0,75	0,22
P2	b ₀	3,46			13,73	86,26	5,98	0,06	13,60	225,28	11,76	11,76	0,32
	Linear												
	b ₁	0,88	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-40,16	ns	ns	ns
	b ₂	0,37	ns	ns	ns	ns	-0,47	0,01	ns	-51,91	ns	ns	ns
	Interação												
	b ₁₂	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	R ²	0,95			0,42	0,42	0,97	0,93	0,33	0,91	0,34	0,34	0,41
P3	b ₀	2,96			13,65	86,35	6,45	0,06	13,48	247,26	11,82	11,82	0,23
	Linear												
	b ₁	0,97	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-38,89	ns	ns	ns
	b ₂	0,42	ns	ns	ns	ns	-0,26	0,01	ns	-53,17	ns	ns	ns
	Interação												
	b ₁₂	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	R ²	0,98			0,42	0,42	0,96	0,93	0,42	0,97	0,82	0,82	0,25

* ns= não significativo (p≥0,05)

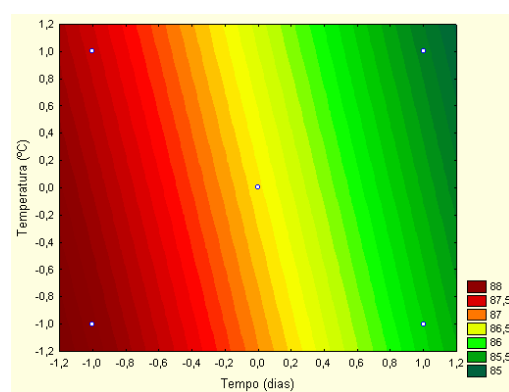
PP- perda de massa; D- densidade; F-firmeza; MS – matéria seca; UP- umidade de polpa; pH – potencial hidrogênioônico; ATT- Acidez total titulável ; SST – sólidos solúveis totais;

AT- açúcares totais; AR- açúcares redutores; ANR- açúcares não redutores.

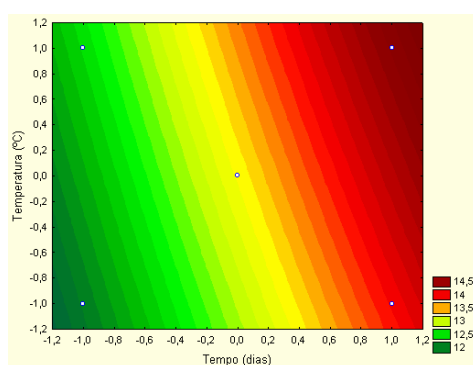
A partir desses resultados foram gerados os contornos das superfícies de resposta para cada um dos parâmetros supra-citados (Figuras 2, 3 e 4). Na figura 2 (a e c) observa-se que a elevação da MS e SST foi positivamente influenciada pelo aumento do tempo de armazenamento, inverso, ao ocorrido com a UP (Figura 2 b), enquanto o percentual de PP (Figura 2 d) aumentou linearmente em função de ambas as variáveis do processo, comportamento também observado nos frutos das demais propriedades (Figuras 3 d e 4 d). A influência conjunta destas variáveis foi também demonstrada nas figuras 3 e 4, no que diz respeito à redução da SST/ATT. Nestas figuras, observa-se que os mais baixos valores de pH foram registrados a temperaturas superiores a 15°C, independentemente do tempo de armazenamento, o oposto do observado para a ATT, que aumentou linearmente com o aumento da temperatura.



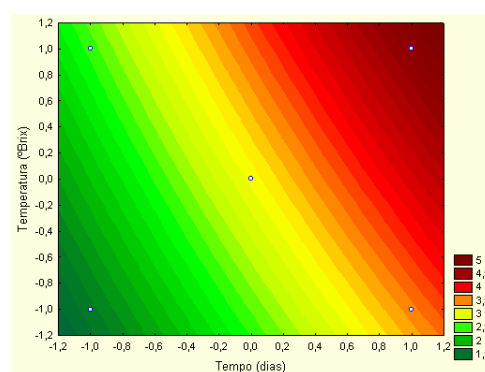
(a)



(b)



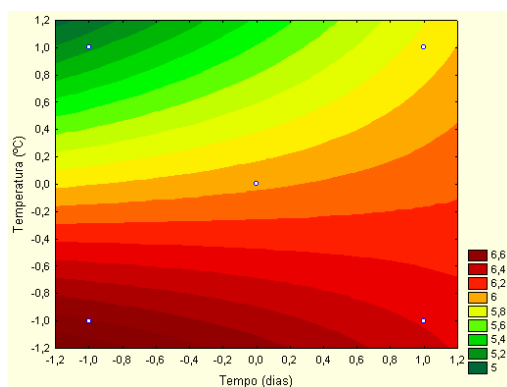
(c)



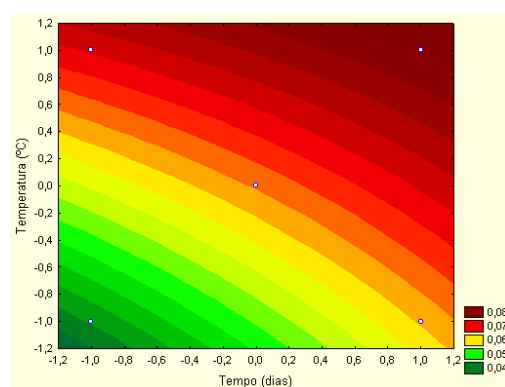
(d)

Figura 2 – Curvas de contorno, após aplicação dos tratamentos em frutos de *Opuntia ficus-indica* (propriedade 1)

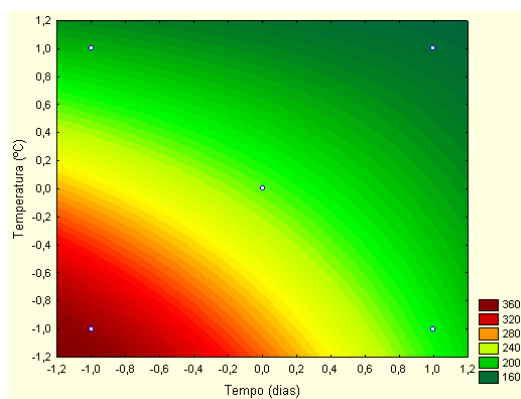
(a) matéria seca, (b) umidade da Polpa, (c) SST (°Brix), (d) perda de peso, após aplicação dos tratamentos.



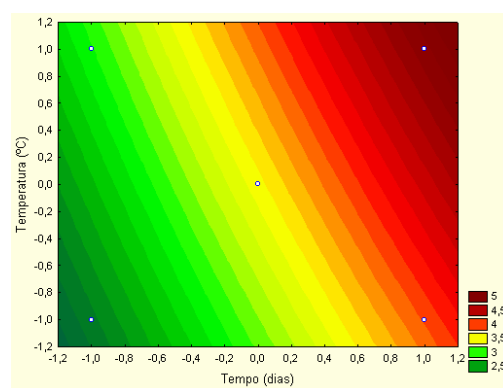
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3 – Curvas de contornos, após aplicação dos tratamentos em frutos de *Opuntia ficus-indica* (propriedade 2)

(a) pH, (b) ATT, (c) SST/ATT, (d) perda de peso, após aplicação dos tratamentos.

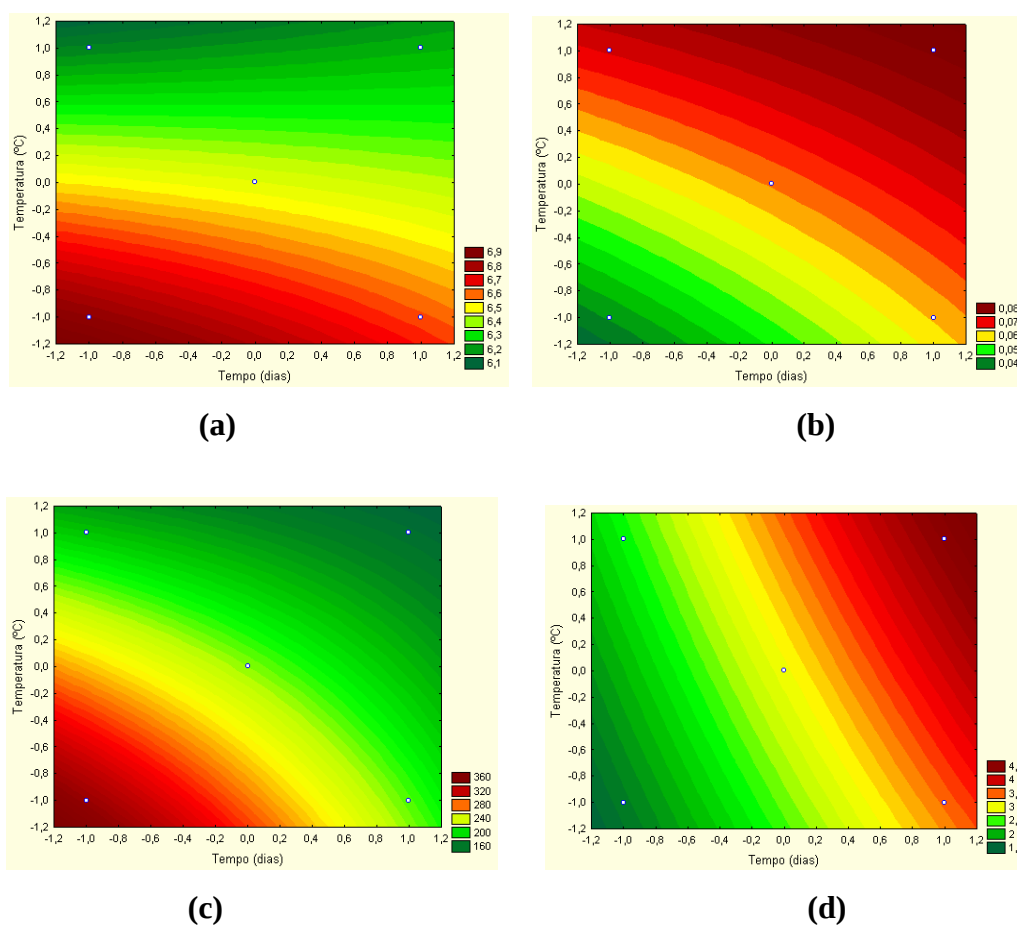


Figura 4 – Curvas de contornos, após aplicação dos tratamentos em frutos de *Opuntia ficus-indica* (propriedade 3)

(a) pH, (b) ATT, (c) SST/ATT, (d) perda de peso, após aplicação dos tratamentos.

CONCLUSÕES

A otimização das condições de armazenamento da *Opuntia ficus-indica* teve como finalidade obter o mínimo de PP, maior F e melhores valores de SST, associados à aparência visual dos frutos, indicadores de qualidade requeridos à sua comercialização. A análise conjunta destes fatores comprovou a eficácia da embalagem e demonstrou que os frutos das P2 e P3, quando armazenados a 10°C/10dias, apresentaram características superiores aos demais ensaios. Contudo, na dependência do mercado, este tempo poderá ser insuficiente para sua exportação. Desta forma, 15°C/ 30 dias consolida-se como a melhor alternativa para atender os mercados a longa distância, condição na qual a melhor performance foi exibida pelos frutos da P3.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. A.; ANDRADE, S. A.; SOUZA, A. C. M. de; GUERRA, N. B. Physical, physical-chemical and chemical characterization of the fruit of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL, 6 / GENERAL MEETING OF FAO-CACTUSNET, 6., 2007, João Pessoa. **Anais eletrônicos...** João Pessoa, FAO / Senai: 2007. 1 CD-ROM.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. 17^a ed. Washington: AOAC. 2002.

BERGER, S.H.; ORTUZAR, R. X.; AUDA, M.C.; LIZANA, M. A.; RESZCZYNSKI, P. A. Conservación de tunas (*Opuntia ficus-indica*) en almacenaje refrigerado. **Investigación Agrícola**, v.4, p.21-24, 1978.

BOX, G. E. P.; BEHNKEN, D. W. Some new three level designs for the study of quantitative variables. **Technometrics**, v.2, n.4, p. 455-475.1960.

CANTWELL, M. Manejo pós-colheita de frutas e verduras de palma forrageira. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMIENTA-BARRIOS, E. **Agroecología, cultivo e usos da palma forrageira**. João Pessoa. FAO/ Sebrae, 2001. v.132, p.123–139.

CORRALES-GARCÍA, J. Fisiología y tecnología poscosecha de la tuna y el napolito. In: CORRALES-GARCÍA, J. C.; FLOREZ-VALDEZ, C. A. (Eds.). **Nopalitos y tunas: producción, comercialización, poscosecha e industrialización**. Chapingo: Universidade Autónoma de Chapingo. México. p.117-152, 2003.

CORRALES-GARCIA, J.; MORENO, F. F.; CAMPOS, J. R. Fruit characterization of twenty accessions of cactus pear (*Opuntia* spp.) II. Changes in post-harvest. In: JACOBO, C. M.; OSORIO, G. A.; PHIPPEN, W. B. Proceedings of the fifth international congress on cactus pear and cochineal. **Acta Horticulturae**, n. 728, p. 205-209, 2006.

CORRALES-GARCÍA, J.; RODRÍGUEZ, J. A.; CRUZ, E. B. Response of six cultivars of tuna fruits to cold storage. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**. 1997.

CORRALES-GARCIA, J.; SILVA, J. L. H. Cambios en la calidad poscosecha de variedades de tuna con y sin semilla. **Revista Fitotecnia Mexicana**, v. 28, p. 9-16, 2005.

DIMITRIS, L.; POMPODAKIS, N.; MARKELLOU, E.; LIONAKIS, S. M. Storage response of cactus pear fruit following hot water brushing. **Postharvest Biology and Technology**, v.38, p. 145 – 151, 2005.

FÉLIX, A.R.; SALAS, M.I.G.; VALDEZ, H.S.; GRAMONT, M. I.S. 1992. Efects of postharvest treatments on the quality of tuna during storage. In: ANNUAL TEXAS PRICKLY PEAR CONFERENCE, 3, 1992, Texas. **Proceedings...** Texas, McAllen. pp.9-21.

FRANCO-MORENO, F.; RODRÍGUEZ – CAMPOS, J. **Comportamiento fisiológico de diferentes variedades de tuna**. 1997. 89f. Tesis Profesional – Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo. 1997.

FRANCO, S. C.; VELOZ, C. S. Conservación en refrigeración de dos variedades de tunas. **Horticultura Mexicana**, v.1, p. 6-13, 1985.

GOULD, G. W. Methods for preservation and extension of shelf life. **International Journal of food microbiology**. v.33, p. 51-64, 1996.

GUERRA, N. B. **Controle do amadurecimento da graviola (*Annona muricata* L.)**. 1993.81f. Tese (Professor. Titular em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Departamento de Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1993.

INGLESE, P.; BASILE, F.; SCHIRRA, M.. Cactus pear fruit production. In: NOBEL, P. (Ed.) **Cacti: biology and uses**. Berkeley.: University of Califórnia, 2002. p.163-183.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília, 2005. ed. IV. 1018p. 2005

LARANJEIRA, H. C. A. **Otimização do processo de desidratação osmótica de abacaxi (*Ananás comosus* (L.) Merrill) para aplicação à tecnologia de métodos combinados**. 1997. 100f. Tese (Mestre em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campina, Campinas, 1997.s.

MALGARIM, M. B.; CANTILLANO, F. R. F.; TREPTOW, R. de O.; SOUZA, E. L. de; COUTINHO, E. F. Estádios de maturação e variação da temperatura de armazenamento na qualidade pós-colheita de ameixas cv. Amarelinha. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n.1, p. 29-35, 2005.

MORGA, J. A.; BALAÑOS, E. N. A.; SILVA, E. M. Effect of controlled atmosphere on the preservation of minimally processed cactus pears. In: JACOBO, C. M.; OSORIO, G. A.; PHIPPEN, W. B. Proceedings of the Fifth International Congress on Cactus Pear and Cochineal. **Acta Horticulturae**, n. 728, p. 211-215, 2006a.

_____. Effect of storage temperature on quality of minimally processed cactus pears. In: JACOBO, C. M.; OSORIO, G. A.; PHIPPEN, W. B. Proceedings of the Fifth International Congress on Cactus Pear and Cochineal. **Acta Horticulturae**, n. 728, p. 217-222, 2006 b.

PRIMO, D. M. de B.; SILVA, S. de M.; MARTINS, L. P. Postharvest quality of cactus pear fruit stored under modified atmosphere and refrigeration. In: INTERNATIONAL

CONGRESS ON CACTUS PEAR AND COCHINEAL, 6 / GENERAL MEETING OF
FAO-CACTUSNET, 6 , 2007, João Pessoa.. **Anais eletrônicos...** João Pessoa: FAO /
Senai, 2007. 1 CD-ROM.

PRIMO, D. M. de B.; SILVA, S. de M.; SILVA, L. R. da. Qualidade pós-colheita de
frutos de palma armazenados sob atmosfera modificada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO
DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS, 1, 2005, João Pessoa.. **Anais
eletrônico** ... João Pessoa, 2005. 1 CD-ROM.

STATSOFT: Statistica for windows [computer program manual]. Tulsa, 1997.

WIKIPÉDIA, 2008. **Classificação climática de Köppen-Geiger.**
<http://wikipedia.org/wild/classifica> . Consultado em 17/03/2008.

6 CONCLUSÕES GERAIS

Conclusões gerais

Com base nos resultados analíticos obtidos, nas condições em que foram conduzidos os experimentos, pode-se concluir que:

- dentre as características que exercem influência na qualidade dos frutos de *O. fícus-indica* destacam-se: pH, ATT, SST, SST/ATT, EP e relação DL/DT;
- dos frutos estudados, as melhores características de qualidade para o consumo *in natura* e para a industrialização, foram registradas para os obtidos das plantas P3 e P2, respectivamente;
- das condições de armazenamento aplicadas destacam-se: 10°C / 10 dias, para os frutos destinados a mercados próximos, e 15°C / 30dias, para exportação a longa distância;
- as características de qualidade dos frutos dessas plantas permitem à sua incorporação ao sistema produtivo, como forma de melhorar a renda do pequeno agricultor das regiões áridas e semi-áridas da Região Nordeste.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMENTA-BARRIOS, E. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. FAO/ Sebrae, 2001. v.132.

BICALHO, U. O.; PENTEADO, M. V. C. Estudo do fruto e do artículo da *Opuntia ficus-indica* (L) Miller cultivada em Valinhos-SP: II-Características bioquímicas. **Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo**, v. 18, p. 68-74, jan./jun.1982.

LIRA, M. de A.; SANTOS, M. V. F dos; CUNHA, M. V. da; MELLO, A. C. L. de; FARIAS, I; SANTOS, D. C. dos. A Palma /forrageira na pecuária do semi-árido. In: SEMINÁRIO NORDESTE RURAL, 2004, **Anais eletrônicos**. 2004. 1 CD-ROM.

LOPES, G. M. B.; LIMA, L. E. de. Forrage CACTUS (*Opuntia ficus-indica* (L.)) in the agreste region of Pernambuco, Brazil – Part 1. In: VI International Congress in Cactus Pear and Cochineal and VI General Meeting of FAO-CACTUSNET, 2007, **Anais eletrônicos...** 2007. 1 CD-ROM.

MANICA, I.. **Frutas nativas, silvestres e exóticas. 2: Técnica de produção e mercado de feijão, figo-da-índia, fruta-pão, jaca, lichia, mangaba.**, 2002. p.141-245.

NOBEL, P.S.. Biologia ambiental. In: BARBERA, G.; INGLESE, P.; PIMENTA-BARRIOS, E. **Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira**. FAO/ Sebrae., 2001. p.36-48.

SANTOS, D. C. dos.; FARIAS, I.; DIAS, F. M.; LIRA, M.A.; LIMA, L.E. Evaluation of forage cactus pear varieties in the semi-arid region of Pernambuco, Brazil. In: JACOBO, c. m.; OSORIO, G. A.; PHIPPEN, W. B.. Proceedings of the Fifth International Congress on Cactus Pear and Cochineal. **Acta Horticulturae**, Belgium, n. 728, p. 173 – 175, 2006.

SANTOS, D. C. dos.; LIRA, M. A.; SILVA, F. G.. Assessment of forage cactus pear varieties for semi-arid conditions of Northeast, Brazil. In: JACOBO, c. m.; OSORIO, G. A.; PHIPPEN, W. B.. Proceedings of the Fifth International Congress on Cactus Pear and Cochineal. **Acta Horticulturae**, Belgium, n. 728, p. 177 – 179, 2006.

SCHEINVAR, L. Taxonomia das opuntias utilizadas. in: Barbera, G.; Inglese, P. y Pimienta-Barrios, E.. **Agroecología, cultivo e usos da palma forrageira**. FAO/ Sebrae, 2001. p.20–20.

SOBREIRA FILHO, M.G.. **Estudos sobre o aproveitamento da palma no Brasil, especialmente no Nordeste**. 1992. 37p.

FLOREZ-VALDEZ, C.A. Importancia del nopal. In: GARCIA, J. C. e VALDEZ, C. A. F. **Nopalitos y Tunas: producción, comercialización, poscosecha y industrialización**. p. 1 – 17. 2003.

8 APÊNDICES

Apêndice A - Frequência de ocorrência das cores nos frutos no tempo zero

Propriedade	Códigos das Cores						
	1	2	3	4	5	6	7
Cores da Casca							
P 1	–	55	20	25	–	–	–
P 2	–	70	25	5	–	–	–
P 3	–	50	30	20	–	–	–
Cores da Polpa							
P 1	–	–	–	15	55	30	–
P 2	–	–	–	–	70	10	20
P 3	–	–	–	30	60	10	–

P1 – propriedade 1; P2- propriedade 2 e P3 – propriedade 3

Apêndice B - Frequência de ocorrência das cores nos frutos depois dos tratamentos

Propriedade	Códigos das Cores						
	1	2	3	4	5	6	7
Cores da Casca							
P1	–	93	7	–	–	–	–
P2	–	86	10	5	–	–	–
P3	–	83	17	–	–	–	–
Cores da Polpa							
P1	–	–	43	–	–	43	14
P2	–	–	21	–	12	53	14
P3	–	–	17	–	–	81	2

P1 – propriedade 1; P2- propriedade 2 e P3 – propriedade 3

9 ANEXOS

Anexo A: Artigo submetido e aceito para publicação na Asociacion Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha, S.C.



ASOCIACION IBEROAMERICANA DE TECNOLOGIA POSTCOSECHA, S.C.

Cerrada de Montebello No. 47

Residencial Montebello

83249, Hermosillo, Sonora, México

Tel. +52 (662) 2-18-47-74; Fax +52 (662) 2-18-47-73

e-mail: gestagro@hmo.megared.net.mx

Hermosillo, Sonora. México a 10 de Enero del 2008

**A QUIEN CORRESPONDA
P R E S E N T E**

La presente es para hacer constar que el artículo titulado 'Fruto de palma [*Opuntia ficus-indica* (L) Miller, Cactaceae]: morfología, composição química, fisiología, índices de colheita e fisiología pós-colheita, cuyos autores son Marta Assunção Alves, Andréa Carla Mendonça de Souza, Guillermo Gamarra-Rojas, Nonete Barbosa Guerra, ha sido ACEPTADO para su publicación en el volumen 9 número 1 de revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha.

Se extiende la presente para los fines que los interesados crean convenientes.

ATENTAMENTE

**DR. REGINALDO BÁEZ SAÑUDO
EDITOR-SECRETARIO EJECUTIVO**

Anexo B: Artigo submetido para publicação na Acta Horticulturae



VI International Congress on Cactus Pear and Cochineal
VI General Meeting of **FAO-CACTUSNET**

CONFIRMAÇÃO RECEBIMENTO DE ARTIGO

Muito Obrigado!

Seu Artigo Completo foi recebido com sucesso e foi enviado para revisão pela Comissão Editorial.

A notificação de aceite/rejeição de seu trabalho será enviada via e-mail para os autores.

AUTOR: Marta Assunção Alves

TÍTULO: Physical, Physical-chemical and Chemical characterization of the fruit of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller.

Atenciosamente,

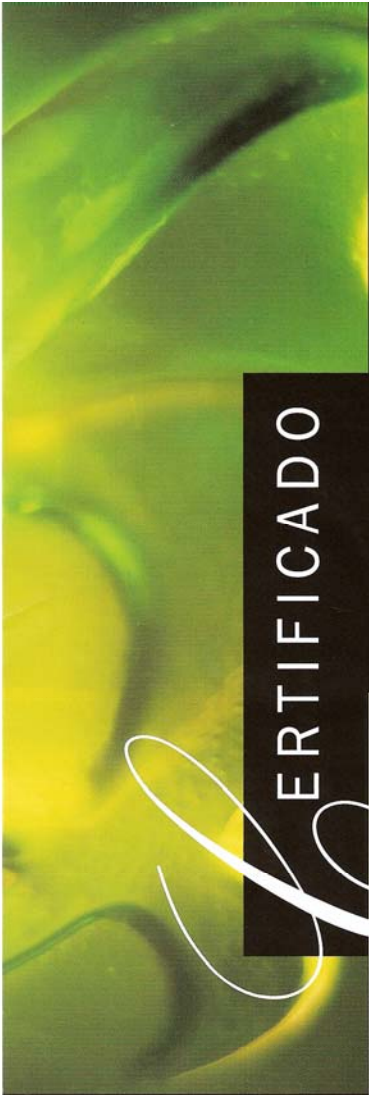
Secretaria Executiva

VI International Congress on Cactus Pear and Cochineal
General Meeting of **FAO-CACTUSNET**

Federação da Agricultura e Pecuária da Paraíba

Rua Eng. Leonardo Arcoverde, 320 – CEP 58015-660 – Jaguaribe – João Pessoa – PB - Fone: (83) 3241 2544 / 3222 5144
E-mail: faepa@faepapb.com.br

Anexo C: Trabalho apresentado no VI International Congress on Cactus Pear and
Cochineal and VI General Meeting of FAO-CACTUSN



ERTIFICADO

VI International Congress on Cactus Pear and Cochineal
VI General Meeting of FAO-CACTUSNET

Duration: 40 hours
Date: 22-26.october.2007
Venue: Hotel Tambau
João Pessoa - Paraíba - Brazil

We certificate that **MARTA ASSUNÇÃO ALVES** participated of the *VI International Congress on Cactus Pear and Cochineal* and *VI General Meeting of FAO-CACTUSNET* in the quality of PARTICIPANT. Subject: Physical, Physical-chemical and Chemical characterization of the fruit of *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller.



Mário Antônio Pereira Borba
Presidente do Congresso / President



Alberício Pereira de Andrade
Presidente Comissão Científica / Convener



Realização / Organizers:

Alves, Marta Assunção

Caracterização e aspectos pós-colheita dos frutos de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller oriundos de Arcoverde- Pernambuco / Marta Assunção Alves. – Recife : O Autor, 2008.

VIII, 112 folhas : il., fig., tab., graf.,

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCS. Nutrição. 2008.

Inclui bibliografia apêndice e anexos.

1. Figo da Índia. 2. Caracterização físico-química. 3. Armazenamento 4. *Opuntia ficus-indica* (L) Miller 5. Pós-colheita . I.Título.

**634.6
664.804**

**CDU (2.ed.)
CDD (22.ed.)**

**UFPE
CCS-10/2008**