



Licenciatura em Ciências da Nutrição

**CARATERIZAÇÃO NUTRICIONAL E FUNCIONAL DE TRÊS
VARIEDADES PORTUGUESAS DE FIGO DE PITEIRA**

Projeto Final de Licenciatura

Elaborado por Sofia Alexandra Duarte Miranda

Aluno nº 200992062

Orientadora interna: Professora Doutora Cátia Ramalhete

Orientadora externa: Professora Doutora Maria Margarida Gonçalves

Barcarena

Fevereiro de 2014

Universidade Atlântica

Licenciatura em Ciências da Nutrição

**CARATERIZAÇÃO NUTRICIONAL E FUNCIONAL DE TRÊS
VARIEDADES PORTUGUESAS DE FIGO DE PITEIRA**

Projeto Final de Licenciatura

Elaborado por Sofia Alexandra Duarte Miranda

Aluno nº 200992062

Orientadora interna: Professora Doutora Cátia Ramalhete

Orientadora externa: Professora Doutora Maria Margarida Gonçalves

Barcarena

Fevereiro de 2014

Caraterização nutricional e funcional de três variedades portuguesas de figo de piteira – Licenciatura em
Ciências da Nutrição

O autor é o único responsável pelas ideias expressas neste relatório.

RESUMO

Caraterização nutricional e funcional de três variedades portuguesas de figo de piteira

Introdução: A piteira (*Opuntia spp.*) é uma planta xerófila que produz frutos designados de figo de piteira. Este fruto é particularmente interessante devido à sua composição nutricional e presença de compostos com atividade antioxidante. Em Portugal, a piteira é encontrada de forma subespontânea, e nos últimos anos a produção à escala industrial tem adquirido mais destaque, existindo ainda pouca informação sobre os frutos autóctones. O género *Opuntia* exhibe uma grande variabilidade entre espécies e a composição do fruto é por sua vez influenciada pelas condições edáficas e climáticas. O presente projeto de investigação tem como objetivo a caraterização nutricional e funcional de três variedades de figo de piteira autóctones de Tavira.

Metodologia: Foram avaliadas três variedades de figo de piteira identificadas como figo verde, figo laranja e figo roxo. Foi realizada uma caraterização morfológica onde se determinou a massa, comprimento, largura e a proporção entre pele, polpa e sementes. A caraterização nutricional foi feita através da determinação do teor de humidade, cinzas, proteína bruta, gordura bruta, fibra bruta total e teor de fósforo. Já a caraterização funcional incidiu na determinação do teor de compostos fenólicos totais (CFT), teor de betalainas e o ensaio FRAP para avaliação da atividade antioxidante. Foi ainda determinado o perfil de compostos fenólicos por HPLC-DAD.

Resultados e Discussão: As dimensões do figo verde e laranja são semelhantes a espécies de *O. ficus-indica*, enquanto o figo roxo assemelha-se a *O. stricta*. O figo roxo é o mais útil para extração de óleo da pele e sementes, enquanto o figo verde e laranja são os mais rentáveis para extração de polpa. Apenas é vantajoso processar o fruto inteiro na variedade roxa devido à diminuição do teor de humidade e aumento do teor de sólidos totais. O figo roxo apresenta o maior teor de humidade, o menor teor de hidratos de carbono totais e o menor valor energético, havendo também diferenças significativas ao nível do teor de proteína bruta entre esta variedade e o figo verde. O extrato metanólico do figo roxo apresenta o maior teor de CFT e o sumo regista o maior

teor de betacianinas e betaxantinas, e a maior atividade antioxidante através do ensaio FRAP comparativamente às outras variedades estudadas. Há correlações positivas fortes entre a atividade antioxidante do sumo e o teor de betalaínas, seguida do teor de compostos fenólicos. O perfil de CFT confirma que cada variedade possui diferentes compostos fenólicos, quer em quantidade, quer em natureza química.

Conclusão: O figo de piteira roxo é a variedade mais interessante do ponto vista nutricional e funcional. Contudo as outras variedades também demonstraram quantidades relevantes de compostos funcionais. Todos os figos de piteira estudados demonstraram serem rentáveis para processamento industrial, porém com diferentes aplicações.

Palavras-chave: *Opuntia*; Caraterização nutricional; Compostos fenólicos; Betalaínas; Atividade antioxidante.

ABSTRACT

Nutritional and Functional characterization of 3 Portuguese varieties of prickly pear fruits

Introduction: Cactus pear (*Opuntia spp.*) is a xerophytic plant that produces fruits known as prickly pear fruits. This fruit is particularly interesting because of its nutritional composition and presence of constituents with antioxidant activity. The genus *Opuntia* displays a great variability among species and fruit composition is in turn influenced by soil and climatic condition. In Portugal, cactus pear is non-native adapted specie and in recent years the industrial-scale production has gained greater attention, but there is still little information on indigenous fruits. The present investigation project aims to evaluate the nutritional and functional composition of three varieties of prickly pear fruits from Tavira, Portugal.

Methodology: Three prickly pear fruits varieties, identified as green fig, orange fig and purple fig were evaluated. Initially, a morphological analysis was carried out, where mass, length and width, and also the ratio of skin, pulp and seeds were determined. Nutritional characterization was performed by determining moisture, ash, crude protein, crude fat, total crude fiber and phosphorus content. Functional characterization was performed through determination of total phenolic compounds (TPC) content, betalains content and FRAP method. The phenolic compounds profile was determined by HPLC-DAD.

Results and Discussion: The green and orange fig dimensions are similar to species of *O. ficus-indica*, while purple prickly pear resembles *O. stricta*. The purple fig is the most useful for oil extraction from skin and seeds while green and orange figs are the most profitable to pulp extraction. The purple fig has the highest moisture content, the lowest total carbohydrate content, the lowest energy value, and there are also significant differences in crude protein content between this variety and the green fig. The methanol extract of purple fig has the highest content of TPC and the juice has the highest content of betacyanins and betaxanthins and higher antioxidant activity by FRAP method when compared to the other fruits varieties studied. There are strong

positive correlations between antioxidant activity of juice and betalains content and after with the phenolic compounds content. The obtained TPC profile confirms that each prickly pear fruit variety has different phenolic compounds, either in quantity or chemical structure.

Conclusion: The purple prickly pear fruit is the most interesting variety in the nutritional and functional point of view. However the other fruit varieties also showed significant amounts of functional compounds. All prickly pear fruits studied demonstrated to be profitable in industrial processing, but with different applications.

Keywords: *Opuntia*; Nutritional characterization; Phenolic Compounds; Betalains; Antioxidant Activity

ÍNDICE

ABSTRACT.....	v
ÍNDICE.....	vii
ÍNDICE DE TABELAS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. METODOLOGIA.....	4
2.1. Material de estudo.....	4
2.2. Reagentes e Solventes.....	4
2.3. Caraterização Morfológica.....	4
2.4. Caracterização Nutricional.....	5
2.5. Caraterização Funcional.....	5
2.6. Análise Estatística.....	6
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	7
3.1. Caraterização Morfológica.....	7
3.2. Caraterização Nutricional.....	8
3.2.1. Análise da composição nutricional da polpa.....	8
3.2.2. Comparação da composição nutricional da polpa, pele e fruto inteiro.....	10
3.3. Caraterização Funcional.....	11
3.3.1. Compostos Fenólicos Totais.....	11

3.3.2.	Betacianinas e Betaxantinas (Betaláínas)	12
3.3.3.	Poder antioxidante de redução férrica (Ferric Reducing Antioxidant Power – FRAP)	13
3.3.4.	Perfis de compostos fenólicos.....	15
4.	CONCLUSÃO	16
5.	BIBLIOGRAFIA	17

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Análise morfológica das três variedades de <i>Opuntia</i>	7
Tabela 2 - Composição nutricional da polpa das três variedades de figo de piteira.....	9
Tabela 3 – Comparação de amostras de sumo e extratos metanólicos relativamente ao teor de compostos funcionais e ao ensaio FRAP.....	11

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA – Atividade Antioxidante

AOAC – *Association Official of Analytical Chemists*

CFT – Compostos Fenólicos Totais

cm – Centímetro

DAD – *Diode Array Detector*

EAG – Equivalente de Ácido Gálico

EB – Equivalente de Betanina

EI – Equivalente de Indicaxantina

FAO – *Food and Agriculture Organization*

FRAP – *Ferric Reducing Antioxidant Power*

g – Grama

HPLC – *High Performance Liquid Cromatography*

kg – Quilograma

L - Litro

M – Molar

MAC – Metabolismo Ácido das Crassuláceas

mg – Miligrama

mL – Mililitro

mmol – Milimol

N – Normalidade

nm – Nanómetro

OMS – Organização Mundial de Saúde

PPF – Polpa em Peso Fresco

rpm – Rotações por minuto

SPF – Sumo em Peso Fresco

SPSS - *Statistical Package for Social Sciences*

v/v – Volume por volume

$\lambda_{\text{máx.}}$ – Comprimento de onda máximo de absorção

μg – micrograma

μm – Micromilímetro

1. INTRODUÇÃO

Atualmente assiste-se cada vez mais à procura de produtos naturais e alimentos saudáveis, que para além do seu valor nutritivo, possuam compostos bioativos que promovam benefícios para a saúde (Stintzing e Carle, 2001; Haddad *et al.*, 2005). Em particular, o consumo regular de hortofrutícolas está associado a diversos benefícios para a saúde, entre eles, a redução do risco de doenças crónicas (Trichopoulou e Vasilopoulou, 2000; Huang *et al.*, 2004).

O género *Opuntia*, conhecido como piteira ou figueira-da-Índia, engloba um conjunto de espécies de plantas xerófilas da família *Cactaceae*, geralmente encontradas de forma espontânea em regiões áridas e semiáridas planas, um pouco por todos os continentes, exceto na Antártida (Nobel, 2002). Pensa-se que a piteira seja originária da América tropical e subtropical (Kiesling, 2013), porém atualmente, encontra-se distribuída numa grande variedade de condições agroclimáticas, na forma selvagem ou cultivada, destacando-se cada vez mais o seu crescimento para fins comerciais (Inglese, 2011). Segundo a *Food and Agriculture Organisation* (FAO), a colheita de *Opuntia*, para além de ser bastante rentável, é uma estratégia promissora no combate à desertificação e às mudanças climáticas globais, uma vez que esta planta tem a capacidade de se adaptar a condições climáticas extremas e consegue crescer em solos severamente degradados (FAO-ICARDA Cactusnet, 2013). Por outro lado, devido ao metabolismo ácido das crassuláceas (MAC), o género *Opuntia* possui uma utilização eficiente de água e baixas emissões de dióxido de carbono (Nobel, 2002).

Em Portugal, a piteira é encontrada na forma subespontânea, distribuída, principalmente, pelo Alentejo e Algarve (Berthet, 1990; Cunha, Silva e Roque, 2003). Habitualmente esta planta é utilizada como barreira “corta-fogo”, e em menor extensão como forragem para animais, sendo ainda diminuta a utilização e comercialização do fruto para consumo humano (Carvalho e Mansinho, 1988; Alves, 2011).

O género *Opuntia* é caracterizado pela presença de caules achatados designados de cladódios, que substituem as folhas na sua função fotossintética, apresentando geralmente também frutos comestíveis, conhecidos vulgarmente em Portugal como figo

de piteira, figo-da-índia e tabaibo. Este fruto é uma pseudo-baga oval e alongada, com diferentes tamanhos, formas e cores. Tem um pericarpo grosso e uma polpa suculenta, apresentando muitas sementes de tegumento duro (Barbera, Ingles e La Mantia, 1994).

Desde a antiguidade que os constituintes de *Opuntia* são utilizados na medicina tradicional ou como fonte de nutrientes para as populações mais pobres (Kaur, Kaur, e Sharma, 2012; Kiesling, 2013). Atualmente esta planta tem aplicações estabelecidas na forragem e alimentação animal, produção do corante alimentar ácido carmínico (E-120) e produção de biomassa (biogás e etanol) (Stintzing e Carle, 2005; FAO- ICARDA Cactusnet, 2013). O figo de piteira contribui substancialmente para alimentação, particularmente, das populações rurais do México, Peru e África do Norte, enquanto na Europa e Estados Unidos da América é considerado ainda um fruto exótico (Dubeux *et al.*, 2013). Já os cladódios jovens (“Nopalitos”) são consumidos principalmente no México, como vegetais frescos ou processados (Anaya-Pérez, 2001). Tanto o fruto, como os cladódios, podem também ser utilizados para preparar produtos de valor acrescentado, onde se destacam sumos, compotas, vinho, farinhas para suplementos alimentares, produtos de cosmética, entre outros (Moßhammer, Stintzing e Carle, 2006; Bensadón *et al.*, 2010).

De acordo com a literatura, o figo de piteira é composto maioritariamente por água (84% a 90%) e açúcares redutores (10% a 15%), sendo os açúcares predominantes a glucose e a frutose (Askar e El-Samahy, 1981; Kuti e Galloway, 1994). Estas características, conjugadas com um valor de pH relativamente elevado (5,3-7,1) e uma acidez baixa (0,05% a 0,18% em ácido cítrico) conferem ao fruto um sabor doce e agradável, porém compromete o seu armazenamento e tempo de prateleira (Piga *et al.*, 2000). Outros componentes, tais como gordura, proteína, fibra e minerais, não diferem significativamente de outras frutas tropicais (Sawaya *et al.*, 1983). Contudo é importante destacar o teor elevado de aminoácidos livres, nomeadamente prolina, glutamina, taurina e serina (Kugler *et al.*, 2006). Os lípidos representam cerca de 8,70 g peso total/kg, sendo este fruto uma fonte rica de ácidos gordos polinsaturados, tal como o ácido linoleico, e de esteróis, tal como o campesterol e o β -sitosterol (Ramadan e Mörsel, 2003a).

Relativamente ao conteúdo mineral, verifica-se que as espécies de figo de piteira já estudadas são ricas em cálcio (12- 59 mg/100 g), magnésio (16,1 - 98,4 mg/100 g) e potássio (90 – 220 mg/100 g) (Piga, 2004; Feugang *et al.*, 2006). É reportado em diferentes espécies de *Opuntia*, a existência de quantidades significativas de ácido ascórbico (10 – 410 mg/kg) e quantidades vestigiais de outras vitaminas (Sawaya *et al.*, 1983; Medina, Rodríguez e Romero, 2007; Hassan, El-Razek e Hassan, 2011).

Porém recentemente, o interesse da comunidade científica está cada vez mais direcionado para a investigação de compostos fitoquímicos com atividade antioxidante presentes no figo de piteira (Sarbojeet, 2012). Vários estudos *in vitro* e *in vivo* demonstram que o figo de piteira é capaz de melhorar o balanço *redox* e evitar a peroxidação lipídica, (Tesoriere *et al.*, 2004; Alimi *et al.*, 2012), mas também possui efeitos anti-inflamatórios (Gentile *et al.*, 2004), atividade anti-ulcerogénica (Galati *et al.*, 2003), atividade anticancerígena (Zou *et al.*, 2005), atividade hepatoprotetora (Galati *et al.*, 2005) e atividade neuro-protetora (Kim *et al.*, 2006). Segundo Kuti (2000) a atividade antioxidante do figo de piteira é devida, principalmente a flavonoides, contudo, investigações mais recentes demonstram que as betalainas (betacianinas e betaxantinas) também têm um papel relevante nesta atividade biológica (Stintzing, Schieber e Carle, 2003; Diaz *et al.*, 2006; Fernández-López *et al.*, 2010).

Sabe-se que o género *Opuntia* exibe uma grande variabilidade e diversidade entre espécies, o que influencia as características nutricionais e funcionais dos frutos (Wit *et al.*, 2010). A investigação realizada até à data é restrita a diferentes espécies, de vários países por todo o mundo, sendo deste modo a comparação limitada, uma vez que a composição do fruto é influenciada pelas condições edáficas e climáticas (Nobel, 2002). Em Portugal, a produção de piteira à escala industrial, tem adquirido muito destaque nos últimos anos, e ainda existe pouca informação sobre as variedades de figo de piteira autóctones de Portugal (APROFIP, 2012). Neste sentido o presente projeto de investigação tem como objetivo a caraterização nutricional e funcional de três variedades de figo de piteira portuguesas, autóctones de Tavira, de forma a avaliar a potencial utilização destes frutos na saúde e alimentação, e avaliar também a sua rentabilidade a nível industrial.

2. METODOLOGIA

2.1. Material de estudo

Foram utilizadas três variedades de figo de piteira (*Opuntia spp.*) autóctones de Tavira (Portugal) fornecidas pela empresa Elsa Martins Turismo Rural Unipessoal. Visto não ter sido possível efetuar uma classificação botânica, a distinção das variedades foi feita de acordo com a cor da polpa. Neste sentido, identificou-se as variedades como figo verde, figo laranja e figo roxo (Anexo 1). Foram recolhidos vinte a trinta frutos de cada variedade e de seguida foram transportados em câmaras refrigeradas (5 °C). Após receção os frutos foram lavados em água corrente, removendo-se os espinhos manualmente e posteriormente, foram armazenados a -18 °C até serem analisados.

2.2. Reagentes e Solventes

O acetonitrilo, ácido fórmico, acetato de etilo, ácido sulfúrico e sulfato de ferro, foram adquiridos na Panreac, Espanha. Foram utilizados éter de petróleo e metanol de grau técnico adquiridos na Chem-Lab, Bélgica. O ácido gálico foi adquirido da Sigma-Aldrich®, Alemanha. Foram utilizados, salvo indicação específica em contrário, reagentes e solventes de grau analítico.

2.3. Caraterização Morfológica

Foram determinados parâmetros morfológicos médios de 6 frutos heterogéneos de cada variedade. A **massa** (g) foi medida com uma balança de precisão digital (Kern FKB, Alemanha). A medição do **comprimento** (cm) e **largura** (cm) foi efetuada com uma régua. Para a determinação da **proporção entre pele, polpa e sementes** (%) foi pesado inicialmente o fruto inteiro e retirou-se a pele. As sementes foram separadas da polpa por centrifugação (5 minutos a 50 rpm) (Hettich EBA20, Alemanha) seguida de filtração sob vácuo e posteriormente lavadas em água abundante, sendo por fim deixadas a secar à temperatura ambiente durante 24 horas. Posteriormente as frações de pele e sementes foram pesadas isoladamente.

2.4. Caracterização Nutricional

A polpa, pele e sementes foram moídas e misturadas, isoladamente, numa liquidificadora (Philips Avance 70 W, Portugal) antes de serem submetidas às diferentes técnicas analíticas. Foi determinado o teor de humidade e cinzas em triplicado no fruto inteiro, pele e polpa. O teor de proteína bruta, gordura bruta, fibra bruta total e teor de fósforo foi determinado em duplicado apenas na polpa.

O **teor de humidade** (%) foi determinado através da evaporação (Memmert U50, Alemanha) a 90 °C, até obter peso constante de acordo com método 934.01 descrito pela *Association Official of Analytical Chemists* (AOAC) (AOAC, 1990). O **teor de cinzas** (%) foi determinado, em amostras previamente secas, por inceneração (Heraeus AK175, Alemanha) a 560 °C durante 2 horas de acordo com método 942.05 da AOAC (1990). O teor de **azoto orgânico total** foi determinado através do método de *Kjeldahl* (47.021-47.023) da AOAC (1990) e a determinação do **teor de proteína bruta** (%) foi estimada utilizando o fator de conversão de azoto (6,25) (FAO, 2003). O **teor de gordura bruta** (%) foi determinado gravimetricamente através do método de *Soxhlet* (7.056) descrito pela AOAC (1990), utilizando o éter de petróleo como solvente de extração. O **teor de fibra bruta total** (%) foi determinado de acordo com Gruber *et al.* (2011) (Anexo 2). Para o **teor de fósforo** foi realizado uma digestão a quente com ácido sulfúrico de acordo com Watts e Halliwell (1996) e o teor de fosfatos foi determinado por espectrometria de absorção molecular (Shimadzu UV-120-11, Japão) de acordo com Watanabe e Olsen (1965) (Anexo 2). Os resultados foram expressos em mg por 100 g polpa em peso fresco (PPF).

2.5. Caraterização Funcional

Preparou-se **sumo** de acordo com Gurrieri *et al.* (2000) e **extratos metanólicos** de acordo com Butera *et al.* (2002). A determinação do teor de betalaínas, teor compostos fenólicos totais e do poder antioxidante de redução férrica foram efetuadas em duplicado no sumo e extrato metanólico. Os resultados foram expressos por 100 g sumo em peso fresco (SPF).

O **teor de betacianinas e betaxatinas (betalaínas)** foi determinado espectrofotometricamente (Pharmacia Biotech Novaspec II Rapid, Alemanha) a 535 e 480 nm respetivamente de acordo com Sumaya-Martínez *et al.* (2011) (Anexo 2). Os resultados foram expressos em mg equivalente de betanina (EB)/indicaxantina (EI) por 100 g SPF para betacianinas e betaxantinas, respetivamente. O **teor de compostos fenólicos totais** foi determinado espectrofotometricamente utilizando o reagente de *Folin* de acordo com Fernández-López *et al.* (2010) (Anexo 2). Os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico (EAG) por 100 g SPF. O ensaio do **poder antioxidante de redução férrica (FRAP)** foi determinado de acordo com Benzie e Strain (1999), com ligeiras modificações (Anexo 2). O reagente FRAP foi adicionado à amostra, seguido de incubação durante 15 minutos a 37 °C. A absorvância foi medida a um comprimento de onda de 593 nm e os resultados foram expressos em mmol de sulfato ferroso (FeSO₄) por 100 g de SPF.

O **perfil de compostos fenólicos** foi determinado por cromatografia líquida de alta eficiência (*High Liquid Performance Chromatography – HPLC*) num equipamento FinninganTM SpetraSystemTM (Thermo Fisher Scientific, EUA) ligado a um detetor de díodos (Thermo Fisher Scientific UV600LP, EUA). Utilizou-se uma coluna de fase reversa C18 (3 µm, 250 x 4,6 mm *i.d.*). Para o efeito, foram realizados extratos de acetato de etilo de acordo com Butera *et al.* (2002), sendo posteriormente evaporados (Büchi Rotavapor® R-200, Suíça) e redissolvido em 1,5 mL de uma mistura de ácido fórmico/acetoneitrilo/água (5:400:595, v/v/v) e por fim filtrados (0,22 µm). A análise foi efetuada de acordo com o método de Bravo *et al.* (2006) (Anexo 2). Foi efetuada a aquisição entre 200 e 600 nm e especificamente a 280, 320 e 360 nm.

2.6. Análise Estatística

O tratamento estatístico foi efetuado utilizando o programa *Microsoft Windows Excel*[®] e *Statistical Package for Social Sciences*[®] (SPSS) 21.0. Foi realizada uma análise estatística descritiva para as variáveis quantitativas. A análise da variância foi determinada através do teste ANOVA e para a comparação entre a diferença de médias

utilizou-se o teste *Tukey* HSD, selecionando-se o nível de significância $p \leq 0,05$. Para analisar as relações entre variáveis foi utilizado o coeficiente de correlação de *Pearson*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caraterização Morfológica

As características morfológicas de cada variedade de figo de piteira são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise morfológica das três variedades de *Opuntia*.

	Figo Verde	Figo Laranja	Figo Roxo
Comprimento (cm)	7,87 ± 0,35 ^c	6,40 ± 0,40 ^b	4,67 ± 0,15 ^a
Largura (cm)	3,27 ± 0,25 ^a	3,17 ± 0,65 ^a	2,77 ± 0,21 ^a
Massa (g)	69,46 ± 0,78 ^c	62,33 ± 0,40 ^b	34,77 ± 0,55 ^a
Pele (%)	39 ± 0,58 ^a	39 ± 1,00 ^a	42 ± 0,58 ^b
Porção edível (%)	61 ± 0,58 ^b	61 ± 1,00 ^b	57 ± 0,58 ^a
Sementes (%)	10 ± 0,16 ^a	10 ± 0,21 ^a	14 ± 0,50 ^b

Os dados estão representados pelo valor médio ± desvio padrão de amostras em triplicado. Os resultados seguidos da mesma letra, dentro da mesma linha, não apresentam diferenças estatisticamente significativas de acordo com o teste *Tukey* HSD para um nível de significância de 5%.

Relativamente às dimensões, verificam-se diferenças significativas no comprimento e massa das três variedades de figo de piteira. O figo verde exibiu o maior comprimento (7,87 cm) e massa (69,46 g), enquanto o figo roxo apresentou o menor comprimento (4,67 cm) e massa (34,77 g). Em relação à largura não foram observadas diferenças estatisticamente significativas.

A dimensão do figo verde e laranja demonstrou ser semelhante às dimensões observadas em espécies de *Opuntia ficus-indica* portuguesas do litoral alentejano (Alves, 2008), italianas (Inglese *et al.*, 1995) e turcas (Duru e Turker, 2005). Já as dimensões do figo roxo são semelhantes às encontradas em espécies de *Opuntia stricta* (Gimeno e Vilà, 2002; Castellar *et al.*, 2012). Contudo, a caraterização morfológica efetuada não permite por si só a identificação da espécie, sendo necessário ter em conta outros descritores do fruto e descritores referentes à planta, cladódio e flor (Nobel, 2002). No entanto a

avaliação destes parâmetros é importante para a classificação, embalagem, transporte dos frutos e nas operações de processamento (Chitarra e Chitarra, 2005).

O figo de piteira é um fruto muito perecível, sendo fundamental o seu processamento de modo a rentabilizar a colheita. Tendo em conta o processamento industrial, o figo de piteira pode ser dividido em três frações: sementes, pele e polpa (Moßhammer, Stintzing e Carle, 2006). O figo roxo apresentou uma percentagem significativamente superior de pele (42 %) e de sementes na polpa (14 %) comparativamente às restantes variedades estudadas. Apesar de a pele e sementes serem geralmente descartadas a nível industrial, estes subprodutos podem ser aproveitados para a extração de óleo, estando descrito a extração de 98,8 g de óleo/kg sementes e 36,8 g de óleo/kg pele (Ramadan *et al.*, 2003a; Ramadan *et al.*, 2003b). Por outro lado, a pele também é rica em pectina, um composto com propriedades gelificantes, que pode ser útil para a produção de doce e outros produtos semelhantes (Cerezal e Duarte, 2005).

A porção edível, representada pela polpa, é considerada a fração mais importante para o processamento industrial. O figo verde (61 %) e laranja (61 %) exibiram uma proporção de porção edível estatisticamente superior à apresentada pelo figo roxo, sendo estas as variedades, possivelmente, mais rentáveis na produção de produtos de valor acrescentado. Porém a utilização da polpa do figo roxo, também poderá ter uma aplicação favorável, devido à cor roxa característica dos frutos vermelhos, que os consumidores geralmente associam a atividade antioxidante (Jaeger *et al.*, 2009).

Relativamente ao consumo do fruto não processado, visto que para muitos consumidores o elevado número de sementes constitui um obstáculo ao consumo de fruta (Scheerens, 2001), as variedades mais interessantes neste sentido serão o figo verde e o laranja.

3.2. Caraterização Nutricional

3.2.1. Análise da composição nutricional da polpa

A caraterização nutricional da polpa das três variedades de figo de piteira estudadas encontra-se descrita na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição nutricional da polpa das três variedades de figo de piteira. Resultados expressos em peso fresco.

	Figo Verde	Figo Laranja	Figo Roxo
Humidade (%)	87,03 ± 0,61 ^a	87,46 ± 0,02 ^a	90,48 ± 0,02 ^b
Cinzas (%)	0,63 ± 0,03 ^a	0,70 ± 0,03 ^a	0,81 ± 0,06 ^a
Proteína bruta (%)	0,72 ± 0,03 ^b	0,46 ± 0,16 ^{a,b}	0,31 ± 0,00 ^a
Gordura Bruta (%)	0,18 ± 0,02 ^a	0,26 ± 0,04 ^a	0,14 ± 0,04 ^a
Fibra Bruta (%)	0,52 ± 0,03 ^a	0,64 ± 0,11 ^a	0,39 ± 0,10 ^a
Fósforo (mg/100 g)	17,36 ± 0,08 ^a	14,56 ± 0,38 ^a	14,36 ± 0,30 ^a

Os dados representam a média ± desvio padrão de amostras em duplicado. Os resultados seguidos da mesma letra, dentro da mesma linha, não apresentam diferenças estatisticamente significativas de acordo com o teste *Tukey* HSD para um nível de significância de 5%.

O figo roxo apresentou um teor de humidade significativamente superior (90,48 %) relativamente aos restantes frutos estudados. Os teores elevados de humidade em todas as variedades são consistentes com a literatura, que refere que este fruto é constituído maioritariamente por água, conferindo a natureza suculenta do pericarpo (Feugang *et al.*, 2006).

O teor de cinzas, teor de gordura e teor de fibra bruta compreenderam valores baixos semelhantes a outros frutos (FAO, 2013), não apresentando diferenças estatisticamente significativas entre as três variedades estudadas. O teor de proteína bruta foi estatisticamente superior no figo verde (0,72 %) relativamente ao figo roxo (0,31 %). Estes parâmetros estão de acordo com os resultados de outras variedades de figo de piteira apresentados por outros autores (Askar e El-Samahy, 1981; Medina, Rodríguez e Romero, 2007; Hassan, El-Razek e Hassan, 2011).

Após determinação analítica destes parâmetros determinou-se o teor de hidratos de carbono totais de acordo com método 986.25 descrito pela AOAC (1990). Obteve-se valores compreendidos entre 8,28 ± 0,06 e 11,65 ± 0,64 %, sendo que o figo roxo apresentou um teor significativamente inferior de hidratos de carbono comparativamente aos restantes. Também foi calculado o valor energético de cada fruto recorrendo ao sistema de aplicação geral 4:9:4 adotado pela FAO /Organização Mundial de Saúde (OMS) (FAO, 2003). O valor energético obtido compreendeu valores entre 34 ± 0,40 e 48 ± 2,38 kcal/100 g PPF, em que o figo roxo exibiu um valor energético

estaticamente inferior relativamente aos restantes. O facto de o figo roxo ser menos calórico é explicado pelo elevado teor de humidade, e por outro lado, pelo baixo teor de proteína, gordura e principalmente pelo baixo teor de hidratos de carbono totais (Rolfes, Pinna e Whitney, 2009).

O teor de fósforo (Tabela 2) nas variedades estudadas não apresentou diferenças estatisticamente significativas, variando entre 14,36 e 17,36 mg/100 g PPF, sendo estes comparáveis com os descritos na literatura (Piga, 2004; Feugang *et al.*, 2006).

A composição destes figos de piteira demonstrou ser semelhante a outros frutos, tais como o ananás, clementina, marmelo, papaia, pêsego e tangerina (Ewaidah e Hassan, 1992; FAO, 2013; Porto e Oliveira, 2006).

3.2.2. Comparação da composição nutricional da polpa, pele e fruto inteiro

A caraterização nutricional da pele, polpa e fruto inteiro das três variedades de figo de piteira estudadas apresenta-se na Tabela A1 (Anexo 3). A avaliação destes parâmetros é crucial na transformação industrial, pois estão diretamente relacionados com a qualidade sensorial do produto final, e por outro lado também irão influenciar as operações de processamento. Está estabelecido que quanto maior for o teor de sólidos totais, mais a qualidade do produto final (Kader, 1997).

Verifica-se que em todas as variedades de figo de piteira o teor de humidade da pele (entre 79,30 e 82,37 %) é significativamente inferior ao da polpa (entre 87,39 e 90,40 %) e em oposição, o teor de cinzas da pele é significativamente superior (entre 3,27 e 5,25 %) em relação à polpa (entre 0,68 e 0,76 %). Já o teor de sólidos totais é superior na pele (entre 17,63 e 20,70 %) em relação à polpa (entre 9,60 e 12,61 %). Neste sentido, verifica-se uma vantagem em processar a polpa de todas as variedades com a pele, pois a pele tem um maior teor de cinzas e sólidos totais. No entanto, ao comparar os valores obtidos para o fruto inteiro e para a polpa, não existem diferenças significativas nos parâmetros analisados do figo verde e laranja. Já no figo roxo, verifica-se que o fruto inteiro tem um teor de humidade significativamente inferior (81,20 e 90,40 %) e um teor de sólidos totais superior (18,80 e 9,60 %) em relação à

polpa, não se verificando diferenças estaticamente significativas ao nível do teor de cinzas. Neste sentido, poderá concluir-se que apenas será benéfico processar o fruto inteiro da variedade de cor roxa, visto ocorrer uma alteração significativa no teor de humidade e no teor de sólidos totais.

3.3. Caraterização Funcional

A caraterização funcional de amostras de sumo e extratos metanólicos das três variedades de figo de piteira encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação de amostras de sumo e extratos metanólicos relativamente ao teor de compostos funcionais e ao ensaio FRAP. Resultados expressos por 100 g SPF.

	Amostra	Fenólicos Totais (mg EAG/100 g)	Betacianinas (mg EB/100 g)	Betaxantinas (mg EI/100 g)	FRAP (mmol FeSO₄/100g)
Figo Verde	Sumo	8,99 ± 2,56 ^a	0,51 ± 0,13 ^a	0,39 ± 0,02 ^a	0,14 ± 0,06 ^a
	Extrato Metanólico	78,00 ± 8,06 ^{ab}	0,23 ± 0,19 ^a	0,26 ± 0,22 ^a	0,64 ± 0,03 ^b
Figo Laranja	Sumo	94,01 ± 6,56 ^{ab}	2,72 ± 0,52 ^a	16,16 ± 1,56 ^b	0,47 ± 0,04 ^b
	Extrato Metanólico	48,28 ± 0,98 ^{ab}	1,93 ± 0,79 ^a	3,03 ± 0,68 ^a	0,39 ± 0,09 ^{ab}
Figo Roxo	Sumo	159,08 ± 7,83 ^{b,c}	106,03 ± 2,90 ^b	46,52 ± 0,82 ^c	1,07 ± 0,10 ^c
	Extrato Metanólico	225,78 ± 18,14 ^c	3,48 ± 0,08 ^a	2,72 ± 0,70 ^a	0,59 ± 0,09 ^b

Os dados representam a média ± desvio padrão de amostras em duplicado. Os resultados seguidos da mesma letra, dentro da mesma coluna, não apresentam diferenças estatisticamente significativas de acordo com o teste Tukey HSD para um nível de significância de 5%.

3.3.1. Compostos Fenólicos Totais

De acordo com a Tabela 3, o teor de compostos fenólicos totais (CFT) variou entre 8,99 e 225,78 mg EAG/100 g SPF. Estes resultados são consistentes com os valores apresentados por outros autores em diferentes espécies de *Opuntia* (Chougui, Sahi e Belkacemi, 2013; Yeddes *et al.*, 2013; Fernández-López *et al.*, 2010).

O teor mais elevado foi observado no extrato metanólico do figo roxo (225 mg EAG/100 g SPF), sendo estatisticamente superior às amostras das outras variedades.

Apesar de Kuti (2004) demonstrar que os figos de piteira roxos apresentam uma quantidade superior de flavonoides em relação a figos de cor amarela e verde, esta aparente tendência não é linear, estando o teor de CFT mais relacionado com a espécie do que com a cor do fruto (Stintzing, Schieber e Carle, 2003; Chavez-Santoscoy, Gutierrez-Uribe e Serna-Saldívar, 2009). Os resultados obtidos no extrato metanólico são mais elevados do que os reportados para outros frutos, nomeadamente a uva vermelha (182,0 mg/100 g), morango (147,8 mg/100 g) e limão (66,3 mg/100 g) (Sun *et al.*, 2002).

3.3.2. Betacianinas e Betaxantinas (Betalainas)

O teor de betacianinas totais variou entre 0,23 e 106,03 EB mg /100 g SPF. O teor mais elevado de betacianinas foi observado no sumo (106,03 EB mg /100 g SPF) e extrato metanólico (3,48 EB mg /100 g SPF) do figo roxo. Estes valores estão de acordo com outras variedades de cor vermelha e roxa (Stintzing, Schieber e Carle, 2003; Sáenz e Sepúlveda, 1999; Castellar *et al.*, 2003).

O teor de betaxantinas totais variou numa gama de valores entre 0,26 e 46,52 EI mg/100 g SPF. O teor mais elevado de betaxantinas foi observado no sumo de figo roxo, seguido do sumo de figo laranja (16,16 EI mg/100 g SPF), sendo estes valores da mesma ordem de grandeza dos obtidos por Fernández-López e Almena (2001) em variedades vermelhas (30 mg/100 g) e amarelas (25 mg/100 g) de figo de piteira, e por Fernández-López *et al.* (2010) em espécies de *O. ficus-indica* (25,4 mg/100 g) e *O. Ondulata* (17,8 mg/100 g).

Em todas as variedades estudadas observou-se uma maior concentração de betacianinas e betaxantinas no sumo, comparativamente ao extrato metanólico. Esta diferença foi estatisticamente significativa no figo laranja, ao nível do teor de betaxantinas, e no figo roxo, relativamente ao teor de betacianinas e betaxantinas.

A cor da polpa parece estar mais relacionada com este grupo de pigmentos do que com compostos fenólicos e carotenoides (Chavez-Santoscoy, Gutierrez-Uribe e Serna-Saldívar, 2009; Sumaya-Martinez *et al.*, 2011). De facto, no figo de cor roxa verificou-

se quase o dobro de betacianinas em relação a betaxantinas, justificando assim a cor desta variedade. No figo de cor laranja, observou-se um teor de betaxantinas cinco vezes superior à quantidade de betacianinas. O figo verde foi a variedade que apresentou o teor mais baixo de betalaínas (betacianinas + betaxantinas), observando-se uma coloração aparentemente menos intensa em relação às outras variedades, podendo a cor verde ser influenciada em maior extensão por outros pigmentos presentes no figo de piteira.

Atualmente na indústria alimentar extrai-se cerca de 30 - 60 mg betacianinas/100 g de beterraba (*Beta vulgaris (L.) subsp. vulgaris cv. rubra*) (Kanner, Harel e Granit, 2001), sendo estes valores inferiores aos encontrados no sumo do figo roxo. Por outro lado, a beterraba tem um menor espectro de cor em relação ao figo de piteira, tendo também como vantagem o sabor fraco, menor risco de contaminação microbiológica e não possuir nitratos (Stintzing, Schieber e Carle, 2003).

3.3.3. Poder antioxidante de redução férrica (Ferric Reducing Antioxidant Power – FRAP)

Relativamente ao ensaio FRAP foi observado uma variação de atividade antioxidante (AA) entre 0,14 e 1,07 mmol de FeSO₄/ 100 mL de SPF. Os resultados da Tabela 3 sugerem que existem diferentes compostos com atividade antioxidante em cada variedade de figo de piteira, o que é demonstrado, não só pela variação de valores entre frutos, mas também pela diferença entre valores obtidos no sumo e extrato metanólico de cada variedade.

O valor mais elevado de AA foi encontrado no sumo do figo roxo (1,07 mmol de FeSO₄/ 100 mL de SPF), que por sua vez foi a variedade que exibiu o maior teor de compostos bioativos estudados, nomeadamente CFT e betalaínas. Este valor é semelhante aos valores observados em sumos de uva roxa e maçã “*Cloudy*” e mais elevado do que sumos de arando, romã e toranja (Mullen, Marks e Crozier, 2007).

Foi efetuado uma análise do coeficiente de correlação de *Pearson* das amostras de sumo (Tabela A2) e de extratos metanólicos (Tabela A3) das variedades de figo de piteira

estudadas (Anexo 4). Verificou-se correlações positivas fortes ao nível das amostras de sumo, nomeadamente entre o teor de betalaínas, betacianinas e betaxantinas, e o ensaio FRAP ($p = 0,933$ e $p = 0,988$, respetivamente), verificando-se também uma correlação positiva com um nível de significância de $p \leq 0,05$ entre CFT e o ensaio FRAP ($p = 0,832$). Neste sentido pode afirmar-se que a AA do sumo é possivelmente devida em maior extensão às betalaínas, seguida dos CFT. No figo roxo, apesar de se observar uma maior concentração de CFT no extrato metanólico, verifica-se uma AA significativamente superior no sumo, onde foram concentrados teores significativos de betalaínas, estando de acordo com as observações de outros autores para variedades roxas (Butera *et al.*, 2002; Yeddes *et al.*, 2013).

Relativamente aos extrato metanólicos não se observou correlações significativas entre os parâmetros analisados, verificando-se até correlações negativas entre o teor de betalaínas, betacianinas e betaxantinas, e o ensaio FRAP ($p = -0,110$ e $p = -0,623$, respetivamente). Neste sentido poderá afirmar-se que a AA exibida por estas amostras possivelmente não se deveu às betalaínas. Verificou-se, uma correlação positiva fraca ($p = 0,455$) entre CFT e o ensaio FRAP, o que sugere que estes compostos podem ter contribuído em parte para a AA destas amostras.

No figo verde foi observado valores relativamente baixos de compostos bioativos em relação às outras variedades, porém esta variedade obteve a segunda maior AA de acordo com o ensaio FRAP. No figo laranja, apesar do sumo ter praticamente o dobro de CFT e ter cinco vezes mais betaxantinas do que o extrato metanólico, não se verificou diferenças estatisticamente significativas entre a AA das amostras. Estes dados, aliados aos coeficientes de correlação encontrados, sugerem que existem outros compostos, não estudados, solúveis em metanol, que contribuem para a AA destas duas variedades. A atividade antioxidante dos alimentos deriva de um efeito cumulativo e sinérgico entre compostos (Prior, Wu e Schaich, 2005). Butera *et al.* (2002) refere que o ácido ascórbico representa cerca de 30 a 40% da AA total do figo de piteira. Para além dos compostos mencionados, contribuem igualmente para esta atividade a vitamina E e carotenoides (Tesoriere *et al.*, 2005), estando também reportados níveis elevados de prolina (Kugler *et al.*, 2006) e taurina (Stintzing *et al.*, 1999).

3.3.4. Perfis de compostos fenólicos

Os cromatogramas do perfil de compostos fenólicos ao comprimento de onda de 280, 320 e 360 nm encontram-se na Figura A2, A3 e A4, respetivamente (Anexo 5). Pode verificar-se que cada variedade de figo exhibe um perfil de compostos fenólicos distinto, com uma grande diversidade, tanto em quantidade, como em natureza química. Na análise dos cromatogramas verificou-se a presença de picos com um tempo de retenção e espectro de UV/Vis típico de ácidos hidroxibenzóicos (Figura A5) e ácidos hidroxicinâmicos (Figura A6) (Anexo 6).

Através do somatório das áreas cromatográficas (Figura A7) verifica-se que a maior concentração de CFT é encontrada no figo verde, seguido do figo roxo e por último o figo laranja (Anexo 7). Estes resultados são divergentes dos valores observados através do método espectrofotométrico para determinação de CFT, porém encontram-se na mesma ordem de valores obtidos no ensaio FRAP em extratos metanólicos. Na figura A7 observa-se que o figo verde e laranja têm uma maior concentração de compostos a 320 nm, onde podem ser encontrados compostos da família dos ácidos hidroxinâmicos ($\lambda_{\text{máx.}} = 305$ a 330 nm) e/ou flavonas ($\lambda_{\text{máx.}} = 310$ a 350 nm). Em contraste o figo roxo exhibe uma maior concentração de compostos a 280 nm, onde se pode encontrar compostos da família dos ácidos hidroxibenzóicos ($\lambda_{\text{máx.}} = 270$ a 280 nm). Os compostos a 360 nm, onde geralmente são encontrados compostos da família dos flavonóis ($\lambda_{\text{máx.}} = 350$ a 385 nm), são os que têm a menor concentração em todas as variedades de figo de piteira (Robards *et al.*, 1999; Tsimogianni *et al.*, 2007).

Está descrito na literatura que a maioria dos compostos fenólicos identificados no figo de piteira são flavonóis, quer na forma glicosilada ou na forma de agliconas, pertencentes à família da quercitina, kaempferol, luteolina e isoramnetina (Kuti, 2004; Fernández-López *et al.*, 2010; Yeddes *et al.*, 2013). Também já foram identificados pequenas quantidades de ácidos fenólicos em espécies sicilianas de *Opuntia ficus-indica* L. Mill, nomeadamente ácidos hidroxicinâmicos, no qual se destaca o ácido ferúlico (Galati *et al.*, 2003). Foram também identificados no pericarpo de *Opuntia joconostle*

alguns ácidos hidroxibenzóicos, tal como o ácido protocatecuico, o ácido vanílico, o ácido 4-hidroxibenzóico e o ácido sirínico (Osorio-Esquivel, 2011).

4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o figo de piteira roxo é a variedade mais interessante do ponto vista nutricional e funcional. Porém as outras variedades também demonstraram uma composição nutricional similar e quantidades consideráveis de compostos funcionais. Todas as variedades demonstraram serem rentáveis ao nível do processamento industrial, porém com diferentes aplicações.

Estes resultados, aliados aos dados sobre o figo de piteira descritos na literatura, designadamente, o teor significativo de vitamina C, cálcio, magnésio, potássio, prolina e taurina, faz deste fruto um ótimo candidato para a produção de suplementos ou para ser utilizado na melhoria da composição final de outras matrizes alimentares.

Não obstante, é necessário realizar investigações futuras com estas variedades autóctones de Tavira, bem como estudar outras espécies portuguesas, de forma a obter maior conhecimento sobre o seu conteúdo mineral e outros compostos que demonstrem atividade biológica. Também será interessante em futuras investigações realizar a identificação dos compostos fenólicos que foram detetados neste projeto por HPLC-DAD. Será importante demonstrar, através de modelos animais e estudos em humanos, o potencial benefício do figo de piteira na saúde, assim como na prevenção de doenças crónicas.

5. BIBLIOGRAFIA

Alimi, H., Hfaeidh, N., Bouoni, Z., Sakly, M. e Rhouma, K. B. (2012). “Protective effect of *Opuntia ficus indica* f. *inermis* prickly pear juice upon ethanol-induced damages in rat erythrocytes”, *Alcohol*, **46**, pp. 235-243.

Alves, J. C. (2011). *Perspectivas de utilização da figueira-da-índia no Alentejo: caracterização de Opuntia sp. no Litoral Alentejano e na Tapada da Ajuda e estudo da instalação de um pomar*. Tese de mestrado. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia.

Alves, M. A, Souza, A. C., Gamarra-Rojas, G. e Guerra, N. B. (2008). “Fruto de palma [*Opuntia ficus-indica* (l) miller, *Cactaceae*]: morfologia, composição química, fisiologia, índices de colheita e fisiologia pós-colheita”, *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*, **9**, 1, pp. 16-5.

Anaya- Pérez, M. A. (2001). History of the use of *Opuntia* as forage in Mexico. *In* Mondragón-Jacobo, C. e Pérez-Gonzalez, S. (Eds.) *Cactus (Opuntia spp.) as forage* (169). Roma: FAO Plant Production and Protect Paper.

AOAC. (1990). *In* Helrich, K. (Ed.). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 15^a ed. Arlington: AOAC.

APROFIP. (2012). Associação de Profissionais de Figo da Índia Portugueses – Descrição. Disponível *on-line* em: <https://sites.google.com/site/proffigindia/>. Último acesso em 21-02-2013.

Askar, A. e El-Samahy, S. K. (1981). “Chemical composition of prickly pear fruits”, *Deut Lebensm-Rundsch*, **77**, pp. 279-81.

Barbera, G., Inglese, P. e La Mantia, T. (1994). “Seed content and fruit characteristics in cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Mill.)”, *Scientia Horticulturae*, **58**, pp. 161-5.

Bensadón, S., Hervert-Hernández, D., Sáyago-Ayerdi, S. G. e Goni, I. (2010). “By-products of *Opuntia ficus-indica* as a source of antioxidant dietary fiber”, *Plant Foods Hum Nutr*, **65**, pp. 210-16.

- Benzie, F. F. e Strain, J. J. (1999). “Ferric reducing/ antioxidant power assay: direct measure of total antioxidant activity of biological fluids and modified version for simultaneous measurement of total antioxidant power and ascorbic acid concentration”, *Meth. Enzymol*, **299**, pp. 15-23.
- Berthet, P. (1990). *Opuntia*. **In** Catroviejo, S. (Ed.) *Flora Iberica – Plantas Vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares*. 1ª ed. (pp. 62-6). Real Jardín Botánico, Madrid: CSIC.
- Bravo, M. N., Silva, S., Coelho, A.V., Vilas Boas, L. e Bronze, M. R. (2006). “Analysis of phenolic compounds in Muscatel wines produced in Portugal”, *Anal. Chim. Acta*, **563**, 1–2, pp. 84-92.
- Butera, D., Tesoriere, L., di Gaudio, F., Bongiorno, A., Allegra, M., Pintaudi, M. A., Kohen, R. e Livrea, M. A. (2002). “Antioxidant activities of sicilian prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit extracts and reducing properties of its betalains: Betanin and indicaxanthin”, *J. Agric. Food Chem*, **50**, pp. 6895-901.
- Carvalho, M. e Mansinho, M. (1988). “Figueiras da Índia”, *Sulco*, **71**, pp. 4-5.
- Castellar, M. R., Solano, F. e Obón, J. M. (2012). “Betacyanin and other antioxidants production during growth of *Opuntia stricta* (haw.) fruits”, *Plant Food Hum Nutr*, **67**, 4, pp. 337-43.
- Castellar, R., Obón, J. M., Alacid, M. e Fernández-López, J. A. (2003). “Color properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits”, *J. Agric. Food Chem*, **51**, pp. 2772–6.
- Cerezal, P. e Duarte G. (2005). “Use of skin in the elaboration of concentrated products of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). *JPACD*, **7**, pp. 61-83.
- Chavez-Santoscoy, R. A., Gutierrez-Uribe, J. A. e Serna-Saldívar, S. O. (2009). “Phenolic composition, antioxidant capacity and *in vitro* cancer cell cytotoxicity of nine prickly pear (*Opuntia spp.*) juices”, *Plant Foods Hum Nutr*, **64**, pp. 146–52.
- Chitarra, M. I. F. e Chitarra, A.B. (2005). *Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio*. (2ª ed.). Lavras, Brasil: ESAL/FAEPE.
- Chougui, N., Sahi, Y. e Belkacemi, M. (2013). *Comparative study between the different compartments of Opuntia ficus-indica L.* Leuven, Belgium: InsideFood Symposium.

- Cunha, A. P., Silva, A. P. e Roque, O. R. (2003). *Plantas e produtos vegetais em fitoterapia*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- Diaz, F., Santos, E. M., Filardo, S., Villagómez, R. e Scheinvar, L. (2006). “Colorant extraction from red prickly pear (*Opuntia lasiacantha*) for food application”, *J. Agric. Food Chem*, **5**, pp. 1330-7.
- Dubeux, J. C., Ferreira dos Santos, M. F., Cavalcante, M. e Cordeiro dos Santos, D. (2013). “Potencial da palma forrageira na América do Sul”, *Cactusnet*, **13**, pp. 29-40.
- Duru, B. e Turker, N. (2005). “Changes in physical properties and chemical composition of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) during maturation”, *J. PACD*, **7**, pp. 22-33.
- Ewaidah, E. H. e Hassan, B. H. (1992). “Prickly pear sheets: a new fruit product”, *Int. J. Food Sci. Technol.*, **27**, pp. 353-358.
- FAO. (2003). “Food energy - methods of analysis and conversion factors”, *FAO Food Nutr Pap*, **77**.
- FAO. (2013). *Tabla de composicion de alimentos de America Latina*. Disponível *on-line* em: <http://www.rlc.fao.org/es/conozca-fao/que-hace-fao/estadisticas/composicion-alimentos>. Último acesso em 15-11-2013.
- FAO-ICARDA Cactusnet. (2013). *Why Cacti are important?* Disponível *on-line* em: http://www.cactusnet.org/cacti_importance. Último acesso em 15-11-2013.
- Fernández-López, J. A., Almela, L. (2001). “Application of high-performance liquid chromatography to the characterization of the betalain pigments in prickly pear fruits”, *J Chromatogr A.*, **913**, pp. 415-20.
- Fernández-López, J. A., Almela, L., Obón, J. M. e Castellar, R. (2010). “Determination of antioxidant constituents in cactus pear fruits”, *Plant Foods Hum Nutr*, **65**, pp. 253-9.
- Feugang, J. M., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, F. C. e Zou, C. (2006). “Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits”, *Front Biosci*, **11**, pp. 2574-89.
- Galati, E. M, Mondello, M. R, Giuffrida, D., Dugo, G., Miceli, N., Pergolizzi, S. e Taviano, M. F. (2003). “Chemical characterization and biological effects of Sicilian *Opuntia ficus indica* (L.)

mill. Fruit juice: antioxidant and antiulcerogenic activity”, *J Agric Food Chem*, **51**, 7, pp. 4903-8.

Galati, E. M., Mondello, M. R., Lauriano, E. R., Taviano, M. F., Galluzzo, M. e Miceli, N. (2005). “*Opuntia ficus indica* (L.) Mill. fruit juice protects liver from carbon tetrachloride induced injury”, *Phytother. Res.*, **19**, 9, pp. 796-800.

Gentile, C., Tesoriere, L., Allegra, M., Livrea, M. A., D’Alessio, P. (2004). “Antioxidant betalains from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) inhibit endothelial ICAM-1 expression”. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **1028**, pp. 481-6.

Gimeno, I. e Vilà, M. (2005). “Recruitment of two *Opuntia* species invading abandoned olive groves”, *Acta Oecol.* , **23**, pp. 239-46.

Gruber, A., Pop, I. M., Păsărin, B. e Albu, A. (2011). “Nutritional Evaluation of Raw Materials Entering the Structure to Mixed Fodder for the Specie *Poecilia reticulata* (Guppy)”, *J Anim Sci Biotechnol*, **44**, 1, pp. 51-4.

Gurrieri, S., Miceli, L., Lanza, C. M., Tomaselli, F., Bonomo, R. P. e Rizzarelli, E. (2000). “Chemical characterization of sicilian prickly pear (*Opuntia ficus indica*) and perspectives for the storage of its juice”, *J. Agric. Food Chem.*, **48**, pp. 5424-31.

Haddad, P. S., Azar, G. A., Groom, S, e Boivin, M. (2005). “Natural health products, modulation of immune function and prevention of chronic diseases”, *eCAM*, **2**, 4, pp. 513-20.

Hassan, F., El-Razek, A, e Hassan, A. A. (2011). “Nutritional value and hypoglycemic effect of prickly cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit juice in alloxan-induced diabetic rats”, *Aust. J. Basic Appl. Sci.*, **5**, 10, pp. 356-77.

Huang, H. C., Joshipura, K. J., Jiang, R., Hu, F. B., Hunter, D., Smith-Warner, S. A., Colditz, G. A, Rosner, B., Spiegelman, D. e Willett, W. C. (2004). “Fruit and vegetable intake and risk of major chronic disease”, *J Natl Cancer Inst*, **96**, 21, pp. 1577-84.

Inglese, P. (2011). “Cactus pear, *Opuntia ficus-indica* L. (Mill.) for fruit production: an overview”, *Cactusnet*, **11**, pp. 83-91.

Inglese, P., Barbera, G., La Mantia, T. e Portolano, S. (1995). “Crop production and ultimate size of cactus pear fruit following fruit thinning”, *HortScience*, **30**, pp. 227-30.

- Jaeger, S. R., Axten, L. G., Wohlers, M. W. e Sun-Waterhous, D. (2009). “Polyphenol-rich beverages: insights from sensory and consumer science”, *J Sci Food Agric*, **89**, pp. 2356–23.
- Kader, A. A. (1997). “Fruit maturity, ripening, and quality relationships”, *Acta Hort.*, **485**, pp. 203-8.
- Kanner, J., Harel, S. e Granit, R. (2001). “Betalains: a new class of dietary cationized antioxidants”, *J. Agric. Food Chem*, **49**, 11, pp. 5178-85.
- Kaur, M., Kaur, A. e Sharma, R. (2012). “Pharmacological actions of *Opuntia ficus indica*: A Review”, *JAPS*, **2**, 7, pp. 15-8.
- Kiesling, R. (2013). “Historia and Prehistoria de la tuna o cactus, *Opuntia ficus-indica*: Presente y Futuro”, *Cactusnet*, **13**, pp. 13-8.
- Kim, J., Park, S., Ha, H., Moon, C., Shin, T., Kim, J., Lee, N., Kim, H., Jang, K., e Wie, M. (2006). “*Opuntia ficus-indica* attenuates neuronal injury in *in vitro* and *in vivo* models of cerebral ischemia”, *J. Ethnopharmacol.*, **104**, pp. 257–62.
- Kugler, F., Graneis, S., Schreiter, P., Stintzing, F. C. e Carle, R. (2006). “Determination of free amino compounds in betalainic fruits and vegetables by gas chromatography with flame ionization and mass spectrometric detection”, *J. Agric. Food Chem*, **54**, pp. 4311-18.
- Kuti, J. O. (2000). “Antioxidant activity of *Opuntia cactus pear*”, *HortScience*, **35**, 3, pp. 433.
- Kuti, J. O. (2004). “Antioxidant compounds from four *Opuntia cactus pear* fruit varieties”, *Food Chem*, **85**, pp. 527-33.
- Kuti, J. O. e Galloway, C. M. (1994). “Sugar composition and invertase activity in prickly pear”, *J Food Sci*, **59**, pp. 387-93.
- Medina, E. M., Rodríguez, E. M. e Romero, C. D. (2007). “Chemical characterization of *Opuntia dillenii* and *Opuntia ficus indica* fruits”, *Food Chem*, **103**, pp. 38-4.
- Moßhammer, M. R., Stintzing F. C e Carle, R. (2006). “Cactus pear fruits (*Opuntia spp.*): A review of processing technologies and current uses”, *J. PACD*, **8**, pp. 1-25.

Mullen, W., Marks, S. C. e Crozier, A. (2007). “Evaluation of phenolic compounds in commercial fruit juices and fruit drinks”, *J. Agric. Food Chem.*, **55**, pp. 3148-57.

Nobel, P. S. (2002). *Cacti: Biology and Uses*. (1ª ed.). Berkeley-Los Angeles-Londres: Cambridge Univ. Press.

Piga, A. (2004). Cactus pear: A fruit of nutraceutical and functional importance. *J. PACD*, **6**, pp. 9-22.

Piga, A., D'Aquino, S., Agabbio, M., Emonti, G. e Farris, G. A. (2000). “Influence of storage temperature on shelf-life of minimally processed cactus pear fruits”, *Food Sci Technol-Leb*, **33**, pp. 15-20.

Porto, A. e Oliveira, L. (2006). *Tabela da Composição de Alimentos*. Lisboa: Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge.

Prior, R. L., Wu, X., Schaich, K. (2005). “Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements”, *J Agric Food Chem.*, **53**, pp. 4290-302.

Ramadan, M. F. e Mörsel, J. T. (2003a). “Lipid profile of prickly pear pulp fractions”, *Food Agric Environ*, **1**, pp. 66-70.

Ramadan, M. F. e Mörsel, J. T. (2003b). “Recovered lipids from prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill] peel: A good source of polyunsaturated fatty acids, natural antioxidant vitamins and sterols”, *Food Chem* **83**, pp. 447-56.

Robards, K., Prenzler, P. D., Tucker, G., Swatsitang, P. e Glover, W. (1999). “Phenolic compounds nad their role in oxidative processes in fruits”, *Food chem*, **66**, pp. 401-36.

Rolfes, S. R., Pinna, K. e Whitney, E. (2009). *Understanding Normal and Clinical Nutrition*. (8ª ed.). Wadsworth: International Student Edition.

Sáenz, C. e Sepúlveda, E. (1999). *Physical, chemical and sensory characteristics of juices from pomegranate and purple cactus pear fruit*. Paris, França: Annals of the 22nd IFU Symposium.

Sarbojeet, J. (2012). “Nutraceutical and functional properties of cactus pear (*Opuntia spp.*) and its utilization for food applications”, *JERS*, **3**, 2, pp.60-6.

Sawaya, W. N., Khatchadourian, H. A., Safi, W. M. e Al-Hammad, H. M. (1983). “Chemical characterization of prickly pear pulp, *Opuntia ficus indica*, and the manufacturing of prickly pear jam”, *J Food Technol*, **18**, pp.183-93.

Scheerens, J. C. (2001). “Phytochemicals and the consumer: Factors affecting fruit and vegetable consumption and the potential for increasing small fruit in the diet”, *Horttechnology*, **11**, 4, pp. 547-55.

Stintzing, F. C. e Carle, A. (2001). “Phytochemical and nutritional significance of cactus pear”, *Eur Food Res Technol*, **212**, pp. 396-07.

Stintzing, F. C. e Carle, R. (2005). “Cactus stems (*Opuntia spp.*): A review on their chemistry, technology, and uses”, *Mol. Nutr. Food Res*, **49**, pp. 175-4.

Stintzing, F. C., Schieber, A. e Carle, R. (1999). “Amino acid composition and betaxanthin formation in fruits from *Opuntia ficus-indica*”, *Planta Med.*, 65, 7, pp. 632-5.

Stintzing, F. C., Schieber, A. e Carle, R. (2003). “Evaluation of color properties and chemical quality parameters of cactus juices”, *Eur. Food Res. Technol*, **216**, pp. 303-11.

Sumaya-Martínez, M. T., Cruz-Jaime, S., Madrigal-Santillár, E., García-Paredes, J.D., Cariño-Cortés, R., Cruz-Cansino, N., Valadez-Veja, C., Martinez-Cardenas, L. e Alanís-García, E. (2011). “Betain, acid ascorbic, phenolic contents and antioxidant properties of purple, red, yellow and white cactus pears”, *Int. J. Mol. Sci*, **12**, pp. 6452-68.

Sun, J., Chu Y. F., Wu, X. e Liu, R. H. (2002). “Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits”, *J. Agric. Food Chem*, **50**, 23, pp. 6910-16.

Tesoriere, L., Butera, D., Allegra, M., Fazzari, M. e Livrea, M. A. (2005). “Distribution of betalain pigments in red blood cells after consumption of cactus pear fruits and increased resistance of the cells to *ex vivo* induced oxidative hemolysis in humans”, *J. Agric. Food. Chem*, **53**, pp. 1266-70.

Tesoriere, L., Butera, D., Pintaudi, A. M., Allegra, M. e Livrea, M. A. (2004). “Supplementation with cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit decreases oxidative stress in healthy human: A comparative study with vitamin C”, *Am. J. Clin. Nutr*, **80**, pp. 391-5.

- Trichopoulou, A. e Vasilopoulou, E. (2000). “Mediterranean diet and longevity”, *Br. J. Nutr.*, **84**, pp. 205-9.
- Tsimogiannis, D., Samiotaki, M., Panayotou, G. e Oreopoulou, V. (2007). “Characterization of Flavonoid Subgroups and Hydroxy Substitution by HPLC-MS/MS”, *Molecules*, **12**, pp. 593-606.
- Watanabe F. S. e Olsen S. R. (1965). “Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO₃ extracts from soil”, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **29**, 6, pp. 677-8.
- Watts, S. e Halliwell, L. (1996). *Essential environmental Science: Methods and techniques*. Londres: Routledge.
- Wit, M., Nel, P., Osthoff, G. e Labuschagne, M. T. (2010). “The effect of variety and location on cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit quality”, *Plant Foods Hum Nutr.*, **65**, pp.136-45.
- Yeddes, N., Chérif, J. K., Guyot, S., Sotin, H. e Ayadi, M. T. (2013). “Comparative study of antioxidant power, polyphenols, flavonoids and betacyanins of the peel and pulp of three tunisian *Opuntia* forms”, *Antioxidants*, **2**, pp. 37-51.
- Zou, D., Brewer, M., Garcia, F., Feugang, J. M., Wang, J., Zang, R., Liu, H. e Zou, C. (2005). “Cactus pear: a natural product in cancer chemoprevention”, *Nutr J.*, **4**, 25.

Anexos

Volume II