



**MELISSA GUIMARÃES SILVEIRA**

**ENSAIO NUTRICIONAL DE *Pereskia* spp.:  
HORTALIÇA NÃO CONVENCIONAL**

**LAVRAS - MG**

**2016**

**MELISSA GUIMARÃES SILVEIRA**

**ENSAIO NUTRICIONAL DE *Pereskia* spp.:**  
**HORTALIÇA NÃO CONVENCIONAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

Orientadora

Dra. Maria de Fátima Pícolo Barcelos

**LAVRAS - MG**

**2015**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha  
Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados  
informados pelo (a) próprio(a) autor(a).**

Silveira, Melissa Guimarães.

Ensaio nutricional de *Pereskia* spp.: hortaliça não convencional /  
Melissa Guimarães Silveira. – Lavras: UFLA, 2016.

173 p.

Tese (doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador(a): Maria de Fátima Piccolo Barcelos.

Bibliografia.

1. Ora-pro-nobis. 2. Antioxidante. 3. Antinutricional. I. Universidade  
Federal de Lavras. II. Título.

**MELISSA GUIMARÃES SILVEIRA**

**ENSAIO NUTRICIONAL DE *Pereskia* spp.:  
HORTALIÇA NÃO CONVENCIONAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 16 de dezembro de 2015.

Dr. Wilson César de Abreu	UFLA
Dra. Joelma Pereira	UFLA
Dra. Luciane Vilela Resende	UFLA
Dra. Sueli Ciabotti	IFTM

Dra. Maria de Fátima Pícolo Barcelos  
Orientadora

**LAVRAS - MG**

**2015**

*Ao meu sobrinho, Breno. Sem seu amor constante não haveria amor para a constituição deste trabalho. Obrigada pela companhia, torcida e planos traçados juntos.*

*A você, com todo o meu carinho e gratidão*

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela vida.

A NOSSA SENHORA APARECIDA, da qual sou devota, por me amparar nos momentos difíceis e pelas bênçãos a mim concedidas.

À minha família, pelo incentivo, amor e apoio incondicional. Em especial aos meus pais, exemplos de luta e perseverança, à doçura de minha mãe e ao meu querido pai, por me fazer cada dia mais forte. Acredito que puxei mesmo a você, e sinto muito orgulho disso!

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade concedida para a realização deste projeto de pesquisa e de vida!

À professora Dra. Maria de Fátima Pícolo Barcelos, pela orientação, ensinamentos, amizade e confiança. Tenho imensa gratidão pelas oportunidades concedidas além deste trabalho, as quais foram e continuam sendo de grande valia para meu crescimento pessoal e profissional.

Ao meu coorientador, professor Dr. Wilson César de Abreu, pela amizade, sugestões, o valioso apoio na realização das análises laboratoriais, enfim, por estar presente em todas as etapas deste doutorado.

Aos professores Dra. Joelma Pereira, Dra. Luciane Vilela Resende e Dra. Sueli Ciabotti, pela sabedoria compartilhada, pela boa vontade em participar da banca e pela colaboração para a melhoria e a qualidade deste trabalho.

Ao professor Dr. Marcelo Cirilo, pela gentileza em prestar auxílio nas análises estatísticas deste trabalho, sem as quais não seria possível a clareza dos resultados.

Aos professores do Departamento de Ciência dos Alimentos, pelos conhecimentos transmitidos e amizade compartilhada durante toda a minha jornada acadêmica.

Às laboratoristas Tina e Cidinha e à pós-doutoranda e mamãe da Bianca, Helô, pela imensa contribuição pessoal, profissional e apoio imprescindível na realização das análises laboratoriais.

À amiga “Lily”, pelo tempo, carinho e sorrisos que me dedicou ao longo desses anos, além da paciência, apoio incondicional e incentivos em tantos momentos de minha vida... palavras confortantes e conselhos nos cafés de final de tarde... Como esses momentos foram valiosos para mim.

À “Sandrinha”, por me permitir trabalhar e dar seguimento ao doutorado, pela imensa ajuda espiritual, fundamental nesta trajetória, pela confiança em mim sempre depositada, pela amizade verdadeira, pelos conselhos iluminados... Você é uma pessoinha abençoada.

Aos professores do Departamento de Nutrição, pela torcida constante e palavras de incentivo, fundamentais para a concretização deste sonho.

À minha companheirinha Camilinha e linda mamãe, pelas parcerias no trabalho e na vida. Obrigada por me ouvir, amiga. Foi muito importante.

À Roseane, sempre presente nos momentos decisivos. Existem pessoas na vida com as quais nos encantamos e se tornam amigas no instante em que nos conhecemos. Sem palavras para lhe agradecer.

Aos meus amigos. Àqueles que, de longe ou de perto, fizeram do meu tempo livre um tempo mais feliz. Aos de uma vida toda, pela amizade sincera, em especial à Paula e nosso eterno pai Paulo!!! À Carolzinha, agora um pouco mais distante, mas sempre presente em minhas orações; à Jú Mesquita, que a cada dia se mostra mais amiga, enfim, a todos do “grupo Ex-coliose”, com quem tenho a felicidade de conviver e que carinhosamente compreenderam meus momentos de ausência.

Ao Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela doação das amostras de ora-pro-nobis cultivadas no Horto Medicinal.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>AA -</b>	Ácido ascórbico
<b>AAT -</b>	Atividade antioxidante total
<b>ACP -</b>	Análise de componentes principais
<b>ANOVA -</b>	Análise de variância (do inglês <i>analyses of variance</i> )
<b>AO -</b>	Ácido oxálico
<b>AOAC -</b>	<i>Association of Oficial Analytical Chemist</i>
<b>AT -</b>	Açúcares totais
<b>CLAE -</b>	Cromatografia líquida de alta eficiência
<b>CM -</b>	Cocção mista
<b>CP -</b>	Componentes principais
<b>CU -</b>	Cocção úmida
<b>DCNT -</b>	Doenças crônicas não transmissíveis
<b>DPPH<sup>*</sup> -</b>	Radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil
<b>EAG -</b>	Equivalentes de ácido gálico
<b>EMD -</b>	Escalonamento multidimensional
<b>FAO -</b>	<i>Food and Agriculture Organization</i>
<b>FAT -</b>	Fibra alimentar total
<b>FI -</b>	Fibra insolúvel
<b>FS -</b>	Fibra solúvel
<b>MI -</b>	Matéria integral
<b>MS -</b>	Matéria seca
<b>MSR -</b>	Método de superfície de resposta
<b>OMS -</b>	Organização Mundial da Saúde
<b>OPN -</b>	Ora-pro-nobis
<b>PAM -</b>	<i>Pereskia aculeata</i> Miller
<b>PGH -</b>	<i>Pereskia grandifolia</i> Haworth
<b>SST -</b>	Sólidos solúveis totais
<b>TAN -</b>	Taninos
<b>UTI -</b>	Unidades de tripsina inibida

## RESUMO GERAL

O ora-pro-nobis é uma hortaliça não convencional de fácil cultivo e fonte complementar para o combate às carências nutricionais e doenças crônicas não transmissíveis, pela rica composição proteica e bioativa. Entretanto, como outros vegetais folhosos, a constituição antinutricional deve ser conhecida e, sempre que possível, reduzida para o alcance de seu pleno potencial nutritivo e funcional ao organismo humano. A caracterização físico-química das folhas de duas espécies comestíveis de ora-pro-nobis, em particular a determinação de ácidos orgânicos predominantes e de aminoácidos, por métodos cromatográficos e o escore químico proteico, bem como a estabilidade dos compostos bioativos frente a meios e tempos diferentes de cocção foram investigadas e os resultados avaliados por meio de técnicas estatísticas uni e multivariadas. As folhas das espécies *Pereskia grandifolia* Haworth e *Pereskia aculeata* Miller foram coletadas no Horto Medicinal, na Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, durante o mês de setembro de 2014 e submetidas às análises centesimal, de clorofila e vitamina C, mineral, fibras alimentar total e frações, fenólicos totais, atividade antioxidante total, avaliada por métodos espectrofotométricos específicos para soluções aquosas e oleosas, bem como de antinutricionais (ácido oxálico, taninos, nitratos e inibidores de tripsina). As amostras de ora-pro-nobis apresentaram alto teor de proteínas, fibras, predominantemente insolúveis, e minerais como ferro e cálcio. As duas espécies apresentaram comportamento químico diferenciado sob tratamento térmico e, por meio das técnicas de análise de componentes principais e escalonamento multidimensional, foram bem discriminadas. O processo de cocção não foi impactante na redução dos íons metálicos ferro e cálcio, enquanto o restante dos minerais, bem como a vitamina C, foram pouco retidos nas folhas, principalmente naquelas mantidas sob calor por maior tempo. Em termos de aumento da ação antioxidante, a cocção foi benéfica para a espécie *P. aculeata*, que apresentou maior retenção de fenólicos nas folhas e ação antioxidante pelos métodos de captura do radical livre DPPH e sistema de co-oxidação do  $\beta$ -caroteno. Dentre os fatores antinutricionais analisados, independente do valor inicial de nitrato observado em folhas cruas, o tratamento térmico foi capaz de reduzir o conteúdo do referido composto, sendo a retenção foliar final semelhante em ambas as espécies. A inibição da enzima tripsina foi significativamente reduzida após 1 minuto de cocção, embora a manutenção da atividade inibitória mantenha o caráter antinutricional dos extratos foliares. A análise de superfície de resposta sugeriu que os antinutricionais complexantes de minerais, taninos e ácido oxálico, apresentaram grande retenção nas folhas coccionadas de ambas as espécies, devido à interação com minerais cujo teor é alto nestas folhosas, o zinco, em *P. grandifolia*, e ferro, em *P. aculeata*. A

melhor forma de preparo da hortaliça e os benefícios no consumo variam conforme a espécie de ora-pro-nobis avaliada e os resultados obtidos permitem afirmar que as mudanças, principalmente no teor antinutricional dessas hortaliças, bem como de outras folhosas com composição química semelhante, se submetidas às mesmas condições de preparo, precisam ser mais investigadas para uma indicação segura da melhor forma de preparo para o consumo humano.

Palavras-chave: *Pereskia grandifolia* Haworth. *Pereskia aculeata* Miller. Ora-pro-nobis. Antioxidante. Antinutricional.

## GENERAL ABSTRACT

The ora-pro-nobis is an unconventional vegetable of easy to grow and a complementary source to combat nutritional deficiencies and chronic diseases, high nutritional and bioactive value. However, like other leafy vegetables, antinutritional constitution is worrying, it must be known and where possible reduced to achieve their full functional potential in humans. The physico-chemical characterization of two edible species *Pereskia aculeata*, in particular the profile of predominant organic acids and aminoacid, by chromatographic methods as well as the stability of all these compounds against ways and for different cooking was investigated and the results evaluated using statistical techniques Univariate and multivariate. The leaves of the species *grandifolia* *Pereskia* Haworth and *Pereskia aculeata* Miller were collected in the Medicinal Garden at the Federal University of Lavras, Minas Gerais, during the month of September 2014 and submitted to proximate analysis, chlorophyll and vitamin C, mineral fibers (enzyme-gravimetric method), total phenolics, total antioxidant activity, assessed by spectrophotometric methods specific for aqueous and oily solutions and antinutritional (oxalic acid, tannins, nitrates and trypsin inhibitor by enzyme assay). Samples of ora-pro-nobis presented rich in protein, fiber, mostly insoluble, and minerals like iron and calcium. The two species showed different chemical behavior under heat treatment and, by the techniques of principal component analysis and multidimensional scaling were well broken down. The cooking process was not impressive reduction of the metal ions calcium and iron, while the remainder of the minerals and vitamin C were slightly trapped in leaves, particularly those maintained under heat for a longer time. In terms of increased antioxidant action, the cooking was beneficial to the species *P. aculeata*, with the highest retention of phenolic antioxidant in the leaves and the free radical trapping methods DPPH and co-oxidation of  $\beta$ -carotene system. Among the antinutritional factors analyzed, regardless of the initial value observed in nitrate raw sheets, the heat treatment was able to reduce the content of antinutritional to lower values, like in amabas species. Inhibition of the enzyme trypsin was significantly reduced after 1 minute of cooking while maintaining the inhibitory activity keep the anti-nutritional character of leaf extracts. A response surface analysis suggested that the antinutritional complexing minerals, tannins and oxalic acid, showed high retention in coccionadas leaves of both types, due to interaction with mineral whose content is high in these leafy, zinc, in *P. grandifolia* and iron, in *P. aculeata*. The recommendation of how best to prepare and benefit consumption varies according to the species studied, and the results support the assertion that the changes, especially in anti-nutritional content of these vegetables and other leafy with similar nutritional composition subjected to the same conditions of

preparation, needs further investigation before their human ingestion recommendation.

Keywords: *Pereskia grandifolia* Haworth. *Pereskia aculeata* Miller. Ora-pro-nobis. Antioxidant. Antinutritional.

## SUMÁRIO

	<b>PRIMEIRA PARTE</b> .....	14
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	70
	<b>SEGUNDA PARTE</b> .....	91
	<b>ARTIGO 1</b> Impacto nutricional avaliado por escalonamento multidimensional de hortaliças do gênero <i>Pereskia</i> tratadas termicamente .....	91
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	92
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	94
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	100
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	122
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	123
	<b>ARTIGO 2</b> Aspectos nutricionais e antinutricionais de <i>ora-pro-nobis</i> .....	132
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	133
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	135
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	141
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	164
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	165
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	172

## PRIMEIRA PARTE

### 1 INTRODUÇÃO

Os alimentos, quando consumidos de forma adequada, tanto em quantidade quanto em qualidade, vêm garantir ou disponibilizar todos os nutrientes de que o organismo necessita no dia a dia. Alguns, entretanto, além da função de nutrir, de saciar a fome, trazem consigo alegações de propriedades funcionais, devido à presença de substâncias bioativas, que agem modulando o metabolismo. O efeito protetor é atribuído, em parte, à presença de fibra alimentar, ácidos graxos essenciais, algumas vitaminas e minerais, compostos fenólicos e carotenoides, além de outros (BENEVIDES et al., 2013).

Vegetais do gênero *Pereskia* têm sido estudados por suas propriedades nutricionais e despertado o interesse científico na busca por novos compostos bioativos (CASTRO; SCIO, 2014).

As espécies comestíveis *Pereskia grandifolia* Haworth e *Pereskia aculeata* Miller, também conhecidas no Brasil como ora-pro-nobis, são classificadas como hortaliças folhosas não convencionais, de sabor agradável, fácil preparo e consideradas também, popularmente, plantas medicinais, em virtude das ações anti-inflamatórias, analgésicas e dermatológicas, dentre outras (ANDRADE, 2012; KINUPP; BARROS, 2008).

O ora-pro-nobis é uma hortaliça com teores elevados de proteínas, fibra alimentar, minerais (cálcio e ferro), vitaminas (A, C e do complexo B) e de substâncias antioxidantes que a tornam uma fonte alimentícia e funcional promissora, podendo variar conforme a espécie vegetal cultivada, o tipo de solo e as demais condições de plantio (MERCÊ et al., 2001b; ODHAV et al., 2007; SOUSA et al., 2014).

Sabe-se que um dos principais focos de pesquisa com vegetais folhosos não convencionais está na necessidade de se investigar a presença de fatores antinutricionais originados do seu metabolismo, os quais podem interferir na digestibilidade, na absorção ou na utilização de nutrientes, além de representarem risco potencial em toxicidade, conforme a quantidade consumida.

As hortaliças são, muitas vezes, consumidas na forma crua, mas há situações em que a cocção ou outros métodos de preparo são empregados, por serem necessários ou preferidos.

Folhas de ora-pro-nobis são preparadas e consumidas tanto na forma fresca (folhas cruas) como seca e moída (em pó), podendo ser empregadas com grande praticidade no preparo da farinha múltipla, complemento nutricional no combate à fome, bem como para agregar valor a produtos alimentícios, como mais um ingrediente alimentício no preparo de pães, bolos e outros (CAMPOS et al., 2008b).

As folhas desta cactácea são também consumidas após cocção, cozidas ou refogadas. Estas formas de preparo podem acarretar perdas de nutrientes hidrossolúveis, se houver descarte da água pós-cozimento ou, mesmo, redução ou elevação do potencial antioxidante pelo uso adicional do calor, além da elevação da digestibilidade das proteínas pela ocorrência da desnaturação pelo calor. Constata-se também a redução e ou a eliminação de algumas substâncias antinutricionais pela ação do calor e/ou descarte da água de cocção (CHAI; LIEBMAN, 2005).

Em pesquisas constatou-se a influência do tratamento térmico no valor nutritivo e funcional de alimentos vegetais (DEL-VECHIO et al., 2005; MELO; FARIA, 2014; SANTOS, 2006a; TAKEITI et al., 2009) e, devido à importância do ora-pro-nobis, ensaios experimentais também devem ser realizados com essa hortaliça não convencional.

A determinação do seu valor nutricional pela caracterização físico-química e de suas possíveis propriedades antioxidantes, assim como da qualidade das folhas oriundas dessa matéria-prima processada termicamente, é aspecto importante para a obtenção de dados e o desenvolvimento de pesquisas que, diante dessa imensa biodiversidade da flora nacional, possam potencializar e valorizar os produtos dela oriundos, assim como constatar as possibilidades de proporcionarem benefícios à saúde da população consumidora.

### **1.1 Objetivo geral**

Diante do exposto, este trabalho foi realizado com o objetivo geral de verificar as interferências do tratamento térmico nos atributos nutricionais e bioativos das folhas comestíveis do gênero *Pereskia*, *P. grandifolia* e *P. aculeata* (ora-pro-nobis), incluindo os de ação antioxidante e os compostos antinutricionais.

### **1.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos foram:

- a) determinar, nas folhas *in natura*: composição físico-química aproximada, pH, acidez total titulável, açúcares totais, sólidos solúveis totais, ácidos orgânicos predominantes, perfil aminoacídico e cômputo proteico químico;
- b) determinar, nas folhas *in natura* e tratadas termicamente: teores de fibra alimentar total e frações, clorofilas a, b e total, vitamina C, minerais (K, Ca, P, Mg, S, Mn, Zn, Fe e Cu), fenólicos totais,

atividade antioxidante total e compostos antinutricionais (nitrato, inibidor de tripsina, taninos e ácido oxálico);

- c) discriminar, por técnicas de análise multivariada, as duas espécies de *Pereskia*, conforme a constituição química em suas folhas cruas e tratadas termicamente, bem como pelo impacto dos meios e tempos de cocção em suas propriedades funcionais e antinutricionais.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Embora remonte às origens da civilização, a relação entre alimentação e saúde nunca foi tão estreita. A literatura aponta o acesso a alimentos que contenham qualidade adequada de nutrientes como fundamental para o alcance do equilíbrio nutricional necessário para uma condição saudável de vida, seja na resolução da desnutrição e das deficiências de micronutrientes ou, ainda, na prevenção da obesidade e das doenças crônicas não transmissíveis (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2002).

Há muito tempo acredita-se que o consumo de vegetais auxilie na prevenção de doenças e em numerosos estudos tem sido demonstrado que a ingestão adequada de vegetais está associada à redução do risco de desenvolvimento de obesidade, diabetes, problemas cardiovasculares, hipertensão, osteoporose e câncer, fornecendo vários compostos biologicamente ativos para a dieta, havendo evidências suficientes das suas relações com a redução de morbimortalidade (WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, 2003).

### **2.1 Hortaliças não convencionais**

As hortaliças são plantas herbáceas, geralmente de ciclo curto e tratos culturais intensos e compreendem todos os vegetais cultivados em horta, cujas partes comestíveis são caule, flores, frutos, raízes, sementes frescas e folhas (BRASIL, 2010; PIGOLI, 2012). Classificam-se genericamente em legumes (frutas e sementes das leguminosas), verduras (parte comestível de cor verde), tubérculos e raízes (parte subterrânea das espécies), e bulbos e talos

(ORNELLAS; KAJISHIMA; VERRUMA-BERNARDI, 2007; PHILIPPI, 2006).

Segundo o Guia Alimentar para a População Brasileira, desenvolvido pelo Ministério da Saúde, o consumo de hortaliças contribui para a prevenção da ingestão excessiva de energia e, conseqüentemente, do surgimento da obesidade e das doenças crônicas associadas a esta condição (BRASIL, 2014, 2015). Segundo a mesma publicação, o Ministério da Saúde, em conformidade com a Organização Mundial de Saúde, recomenda o consumo diário médio de 3 porções diárias de 15 kcal/cada, totalizando 45 kcal. O consumo inadequado deste grupo de alimentos está entre os principais fatores de risco para essas patologias em todo o mundo (AMERICAN INSTITUTE OF CANCER RESEARCH - AICR, 2006; NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 2005; WHO, 2003).

A busca, por parte dos diversos segmentos da sociedade, pelo consumo de alimentos alternativos tem sido impulsionada pela necessidade de se tentar minimizar os problemas nutricionais da população utilizando-se recursos mais acessíveis a todos (MADRUGA et al., 2004).

Nesse sentido, vários países têm adotado políticas públicas que promovem o consumo de frutas e hortaliças e órgãos reconhecidos mundialmente pelo combate à fome organizam programas que promovem a construção de hortas residenciais como medida de combate a uma série de doenças (WILLS et al., 2004).

Na literatura e no meio técnico, há certa indefinição quanto à denominação deste grupo de hortaliças. Por vezes, são identificadas, por uma vertente de técnicos, como “hortaliças tradicionais”. Denominá-las dessa forma, em referência ao seu cultivo associado a populações tradicionais, é também uma forma de valorar a questão cultural agregada a estas espécies; entretanto, pode causar confusão por alusão às hortaliças mais corriqueiramente consumidas

(BRASIL, 2010). Outros autores utilizam o termo “não convencionais” para aquelas que não receberam a devida atenção por parte da comunidade técnica científica e da sociedade como um todo, resultando em consumo apenas em algumas localidades ou regiões (ALMEIDA et al., 2014).

De acordo com as definições do International Plant Genetic Resources Institute - IPGRI (2006), atual *Bioversity International*, culturas subutilizadas são aquelas que já foram largamente utilizadas e que caíram em desuso devido a fatores agronômicos, genéticos, econômicos, sociais e culturais. Definidas por Eyzaguirre et al. (1999) como “culturas negligenciadas”, são cultivadas primariamente em seus centros de origem por agricultores familiares. Sua distribuição é limitada e exerce grande influência na alimentação e na cultura de populações tradicionais e na subsistência das comunidades locais (KINUPP; LORENZI, 2014; OLIVEIRA et al., 2013).

Para ser considerada subutilizada ou negligenciada, uma espécie deve preencher requisitos como necessidade de poucos insumos externos para a sua produção, adaptação à produção orgânica, ser cultivável em áreas marginais, contribuir para a estabilidade dos ecossistemas frágeis, ser integrável ao sistema produtivo dos agricultores familiares, apresentar importância tradicional local ou regional, ser de fácil armazenamento e processamento, e apresentar aptidão de mercado, alto valor nutritivo e/ou medicinal e múltiplos usos (IPGRI, 2007).

Segundo critérios do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2013), as hortaliças não convencionais são aquelas que não estão organizadas em cadeias produtivas propriamente ditas, diferentemente das hortaliças convencionais (batata, tomate, repolho e alface, entre outras) e por isso não despertam o interesse comercial das empresas de sementes, fertilizantes ou agroquímicos. Além disso, são espécies que não receberam, ainda, a devida atenção por parte da comunidade técnico-científica (QUEIROZ, 2012).

O Brasil tem uma extensão territorial considerável, que permite ampla diversidade climática e, conseqüentemente, de recursos genéticos de hortaliças silvestres e variedades locais (BRASIL, 2013), o que faz dele o principal entre os países detentores de megadiversidade. Entretanto, seja pela falta de conhecimentos acerca de seu potencial produtivo e/ou alimentar, muitas vezes inexplorados, seja por serem consideradas espécies invasoras, muitas são ainda subutilizadas (KINUPP; BARROS, 2008).

O conhecimento acerca do potencial alimentício e nutritivo de espécies vegetais alimentícias de ocorrência espontânea na natureza ainda é escasso, tanto por parte da população em geral como do meio científico, que prioriza a pesquisa de culturas de maior importância econômica e deixa de lado o papel importante de espécies que podem contribuir consideravelmente para a conservação de recursos genéticos e assegurar a segurança alimentar e também nutricional da população humana (FAO, 2010; KINUPP, 2006; SILVA SOBRINHO et al., 2015; SOUZA, 2014).

O governo brasileiro tem promovido ações para o desenvolvimento do setor que envolve a pesquisa e o uso sustentável da biodiversidade brasileira (QUEIROZ, 2012). Também tem sido estimulada a pesquisa envolvendo plantas nativas de cada região brasileira, de modo que possam ser exploradas e aproveitadas no complemento das necessidades nutricionais da população (SILVA-JÚNIOR et al., 2010).

As hortaliças e as frutas são sabidamente ricas em minerais (NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO - NEPA, 2011) e, normalmente, em se tratando de hortaliças não convencionais, os teores desses nutrientes são significativamente maiores do que em plantas domesticadas (FLYMAN; AFOLAYAN, 2006; GUERRERO et al., 1998; LETERNE et al., 2006; ODHAV et al., 2007). Além disso, as hortaliças não convencionais, em geral, são mais ricas em fibras e em compostos com funções antioxidantes

(ODHAV et al., 2007) e muitas são fontes de proteínas superiores às fontes vegetais convencionais (KINUPP; BARROS, 2008).

Neste âmbito, devem ser realizadas, em maior número, pesquisas que busquem expandir o conhecimento sobre o potencial alimentício dessas hortícolas, com enfoque na determinação de seu perfil bromatológico e fitoquímico, possibilitando argumentos científicos para uma maior e melhor utilização dessas espécies de ocorrência espontânea. Deve-se também buscar técnicas de produção ao mesmo tempo acessíveis à população e que melhor aproveitem esses alimentos, visando reduzir custos e o desperdício, melhorando a qualidade nutricional da alimentação e tornando possível a criação de novas formulações alimentares (FAO, 2010; SOUSA, 2014).

Fizeram e/ou fazem parte da cultura brasileira algumas plantas nativas e outras introduzidas por colonizadores europeus (especialmente portugueses) ou por escravos africanos, como almeirão-de-árvore (*Cichorium intybus* L.), araruta (*Maranta arundinacea* L.), azedinha (*Rumex acetosa* L.), beldroega (*Portulaca oleracea* L.), bertalha (*Basella alba* L.), capuchinha (*Tropaeolum majus* L.), capiçoba (*Erechtites valerianifolius*), caruru (*Amaranthus spp.*), chicória-do-pará (*Eryngium foetidum* L.), cúbio (*Solanum sessiliflorum* D.), inhame (cará - *Dioscorea spp.*), jacatupé (*Pachirrhizus tuberosus*), jambu (*Acmella oleracea* L.), labaga (*Rumex obtusifolius* L.), mangarito (*Xanthosoma maffaffa*), maria-gorda (*Talinum paniculatum*), maxixe (*Cucumis anguria* L.), maxixe-do-reino (*Cyclanthera pedata* L.), ora-pro-nobis (*Pereskia grandifolia* Haw. e *Pereskia aculeata* Mill.), peixinho (*Stachys lanata* L.), serralha (*Sonchus oleraceus* L.), taioba (*Xanthosoma sagittifolium* L.), taro (inhame; *Colocasia esculenta* L.), vinagreiras (*Hibiscus acetosella* L. e *Hibiscus sabdariffa* L.), entre outras (BRASIL, 2013).

Em publicação de Kinupp e Lorenzi (2014), os autores citam, ainda, a utilização de outras plantas alimentícias não convencionais que podem ser

consumidas como hortaliças, entre elas: roseta (*Soliva anthemifolia*), erva-moura (*Solanum americanum*), buva (*Conyza canadenses*), serralha-de-espinho (*Sonchus asper/Sonchus depura*), aipochimarrão (*Cyclosporum leptopyllum*), capiçoba (*Erechtites valerianifolia*), caruru-amargo (*Erechtites hieracifolia*), assa-peixe (*Uernanthan thura phosphocica*), folha-pepino (*Parietaria debilis*), picão-branco (*Galinsoga parvifolia*), almeirão-do-mato (*Hypochoeris chillenses*), taioba-taia (*Xanthosoma violaceum*), tansagem (*Plantago australis*), picão-preto (*Bidens pilosa*), folhas de batata-doce (*Ipomea batatas*), rainha-da-noite (*Ipomea alba*), língua-de-vaca (*Rumex obtusifolium*) e dente-de-leão (*Taraxocum officialis*).

Entre as espécies alimentícias não convencionais, destacam-se *Pereskia grandifolia* Haworth e *Pereskia aculeata* Miller, pertencentes à família Cactaceae e popularmente conhecidas como ora-pro-nobis (MERCÊ et al., 2001a). Além de serem consumidas como hortaliças e do potencial para a exploração agrícola nutricional, constituem importante influência em culturas locais. São tradicionalmente consumidas no estado de Minas Gerais (MG), onde seu uso é bastante comum na culinária. No município de Sabará, inclusive, existe um festival que leva seu nome (BRASIL, 2010).

Com características agrônômicas favoráveis, ainda apresentam um número limitado de estudos, como a maioria das hortaliças não convencionais, que comprovem cientificamente suas propriedades. Por isso, faz-se necessário o conhecimento técnico sobre componentes químicos e atividades biológicas dessas espécies (KINUPP, 2006; SOUZA et al., 2009).

## **2.2 Família Cactaceae e gênero *Pereskia***

A família Cactaceae é representada por 124 gêneros e 1.427 espécies e está dividida em três subfamílias que são: a) Opuntioideae, que apresenta

espécies tipo árvore ou arbusto, com folhas suculentas e aréolas axilares com espinhos, divididas em cinco gêneros; b) Pereskioideae, representada pelo gênero *Pereskia*, com hastes não suculentas, folhas grandes, aréolas axilares com espinhos e c) Cactoideae, a mais numerosa, com 91 gêneros, geralmente árvores sem folhas ou com vestígios de folhas e hastes suculentas com aréolas bem desenvolvidas (BARTHLOTT; HUNT, 1993). Edwards e Diaz (2006) referendam ainda uma quarta subfamília, a Maihuenioideae.

As características ecológicas de diagnóstico estão relacionadas com suas características morfológicas, fisiológicas e adaptações para o melhor armazenamento de água e sobrevivência em ambientes extremamente secos (EDWARDS; DIAZ, 2006), o que permitiu que a linhagem irradiasse extensivamente em todos os ecossistemas áridos e semiáridos do Novo Mundo (ANDERSON, 2001).

Considera-se que, provavelmente, a região noroeste da América do Sul tenha sido o centro original da diversificação e propagação do gênero *Pereskia* (BUTTERWORTH; WALLACE, 2005). A partir daí, as cactáceas povoaram desde regiões ligeiramente mesicas do Caribe, assim como na América Central e na América do Sul, incluindo o norte da Argentina, a leste, Costa andina do Peru e a oeste do Paraguai, Uruguai e leste do Brasil, embora também sejam encontradas em climas frios e úmidos (ARIAS; PÉREZ, 2006), conforme Figura 1.

O gênero *Pereskia* é considerado o menos avançado da família Cactaceae e preserva algumas características primitivas perdidas em outros gêneros (BUTTERWORTH; WALLACE, 2005), como formas arbustivas, caule lenhoso bem desenvolvido, folhas suculentas e flores terminais dispostas em cimeiras, entre outras (DUARTE; HAYASHI, 2005; FARAGO et al., 2004).

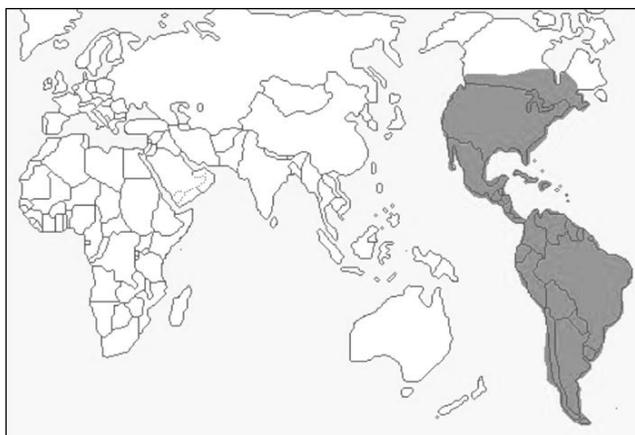


Figura 1 Área sombreada no mapa caracteriza a distribuição geográfica da família Cactaceae no continente americano

Fonte: Porto (2009)

Estas espécies incluem arbustos folhosos e plantas arbóreas, cujos caules não são suculentos, apresentam estômatos e a formação de casca é retardada (EDWARDS; DONOGHUE, 2006).

Inicialmente, o gênero *Pereskia* foi descrito como *Peireskia*, por Plumier, em 1703. De acordo com Scheinvar (1995), essa designação foi uma homenagem ao cientista francês Nicolas Claude Fabri de Peiresc (1580-1637). Linnaeus usou o nome *Cactus pereskia*, em 1753, mas é atribuído a Miller, em 1754, a elevação do nome para o nível de “gênero”, considerada como primeira classificação válida (BUTTERWORTH; WALLACE, 2005).

Esse ancestral primitivo dos cactos compreende 17 espécies que são: *P. aculeata*, *P. aureiflora* F. Ritter, *P. bahiensis* Gürke, *P. Bleo* (Kunth) DC., *P. diaz-romeroana* Cárdenas, *P. guamacho*, *P. grandifolia* Haw., *P. lychnidiflora* DC., *P. marcanoi* Areces, *P. nemorosa* Rojas Acosta, *P. portulacifolia* (L.) DC., *P. quisqueyana* Alain, *P. sacharosa* Griseb., *P. stenantha* F.Ritter, *P. weberiana* K. Schum. e *P. zinniiflora* DC. (EDWARDS; DIAS, 2006; EDWARDS; NYFELER; DONOGHUE, 2005).

Diversos estudos têm sido conduzidos com diferentes espécies de *Pereskia*. Por exemplo, os que tratam da identificação de compostos, como sitosterol e estigmasterol (SALT; TOCKER; ADLER, 1987) e polissacarídeos em *P. aculeata* (SIERAKOWSKI et al., 1990); da saponina em *P. grandifolia* Haw. (SAHU; BANERJI; CHAKRAVARTI, 1974) e do alcaloide alucinógeno mescalina em *P. corrugata* Cutak e *P. tampicana* F. A. C. Weber (DOETSCH; CASSADY; MCLAUGHLIN, 1980), bem como da composição da mucilagem (MERCÊ et al., 2001a, 2001b) e a diversidade genética (NASSAR; HAMRICK; FLEMING, 2002) de *P. guamacho* F.A.C. Weber, da disseminação de *P. aculeata* como planta invasora e adequados controles biológicos da citotoxicidade de *P. bleo* (Kunth) DC, além de aspectos fotossintetizantes na fisiologia de *P. aculeata* (GUPTA et al., 2005).

No gênero *Pereskia*, apresentam compostos com atividade antioxidante os frutos e as folhas de *Pereskia aculeata* Mill. (AGOSTINI-COSTA et al., 2012; ALMEIDA et al., 2014), as folhas de *Pereskia bleo* (Kunth) DC. (BAKHARI et al., 2010; ER; LEE; RADHAKRISHNAN, 2010; SIM; SRI NURESTRI; NORHANOM, 2010a) e de *Pereskia grandifolia* Haw. (ALMEIDA et al., 2014; SIM; SRI NURESTRI; NORHANOM, 2010b).

*Pereskia bleo* Kunth, *Pereskia grandifolia* Haw. e *Pereskia aculeata* Mill. têm sido utilizadas como alimento e aliadas ao tratamento de várias doenças na medicina popular (SOUZA, 2014). Os cactos também são estudados em termos de aplicações em alimentos, devido ao seu valor nutricional (MERCÊ et al., 2001b).

A população brasileira e a de alguns países da América Latina utilizam, como alternativa alimentar, cactáceas do gênero *Melocactus* (coroa-de-frade) e *Pilosocereus* (facheiro), além de espécies dos gêneros *Opuntia* e *Pereskia* (ora-pro-nobis). Entretanto, seu consumo ainda é pouco difundido e limitado apenas

aos consumidores da gastronomia exótica ou à população de baixa renda (SILVA et al., 2005).

### 2.2.1 Ora-pro-nobis

O ora-pro-nobis figura como hortaliça não convencional nos documentos oficiais brasileiros desde 2002 (BRASIL, 2010). Este vegetal folhoso pertence ao reino Plantae, classe Magnoliopsida, ordem Caryophyllales, família Cactaceae e gênero *Pereskia* (KINUPP, 2006).

No Brasil, ora-pro-nobis é o nome popular dado às variedades comestíveis mais comuns do gênero *Pereskia* - *Pereskia grandifolia* Haworth e *Pereskia aculeata* Miller (CASTRO; SCIO, 2014; EDWARDS; NYFELER; DONOGHUE, 2005; TURRA et al., 2007), em associação à expressão “rogai por nós” (TAYLOR et al., 2015). O nome indígena é *mori* ou *guaiapá* (tupiguarani) e significa “planta que produz frutos com muitos espinhos finos”; o termo *aculeata* vem do latim e significa espinho, agulha (ACCORSI; DOSOUTO, 2006).

No nordeste do Brasil, estas espécies vegetais são conhecidas como azedinha, espinho-preto, surucucu, cipó-santo, lobolôbô, espinho-de-santo-antônio (TAYLOR et al., 2015), além de outras designações, como groselha-da-américa, groselha-de-barbados, cereja-de-barbados, cipó-santo, matavelha, trepadeira-limão, jumbeba e rosa-madeira (QUEIROZ, 2012).

As duas espécies são exemplares únicos de cactos foleares dentre 25 espécies (TURRA et al., 2007) e apresentam alto potencial de utilização no conjunto das hortaliças não convencionais. Como planta ornamental ou na medicina popular, são frequentemente citadas como espécies de múltiplo uso e por sua tolerância a condições adversas, como o estresse hídrico causado por longos períodos de estiagem e por solos de baixa fertilidade (KINUPP, 2006).

A espécie *Pereskia grandifolia* Haworth, conforme ilustrado na Figura 2, apresenta flores em pequenos cachos, lembrando rosas, e folhas, no geral, de tamanho grande, o que, possivelmente, está relacionado ao seu nome específico (FARAGO et al., 2004; SOUZA, 2014).

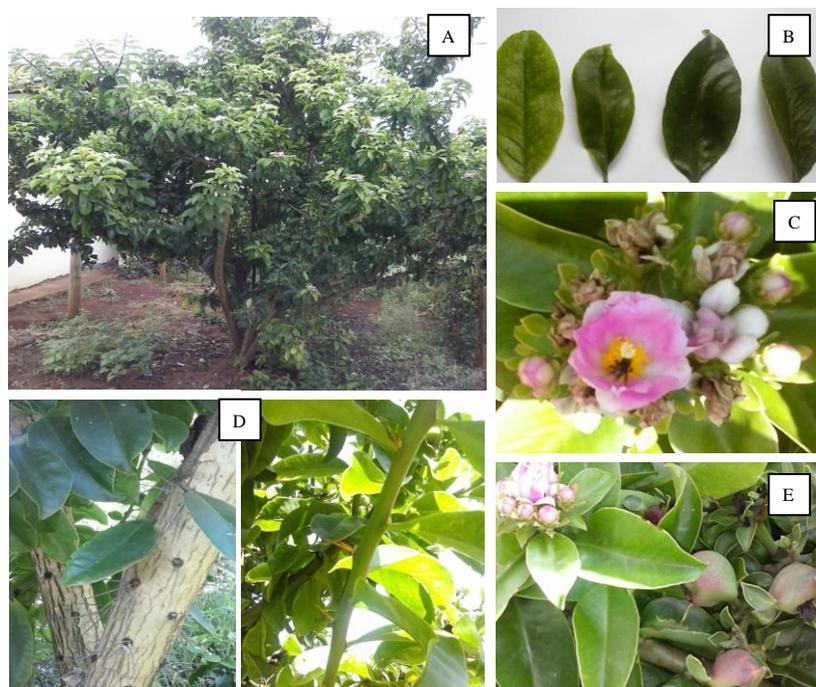


Figura 2 Exemplar de ora-pro-nobis - *Pereskia grandifolia* Haworth (A); detalhe de folhas grandes, ovais e brilhantes (B); buquê de cor rosada e branca apresenta-se em pequenos cachos, e visitante floral - abelha africanizada (*Apis mellifera*) e botões florais fechados (C); acúleos reforçados, escuros, formando bastos tufos em ramos mais velhos e solitários nos ramos jovens (D); frutos imaturos angulados nas pontas dos ramos (E). Horto Medicinal - Departamento de Agricultura/UFLA, Lavras, 2015

Fonte: arquivo pessoal da autora

De coloração verde, as folhas são ovaladas, glabras e levemente carnosas, com dois espinhos junto ao caule. Medem de 12 a 15 cm de comprimento. Pesam, em média, 1,0 g cada, com diâmetro de aproximadamente 3,28 cm e área foliar de 129,05 cm<sup>2</sup> (FARAGO et al., 2004; SOUZA, 2014).

Com relação aos frutos, eles têm coloração verde, mesmo em estágio de amadurecimento e formato do tipo piriforme, obtuso ou angulado e sementes elípticas. O buquê está na formação dos frutos e assemelha-se a um colar ou rosário, o que, provavelmente, pode ter dado origem ao nome da planta, ora-pro-nobis (TAYLOR et al., 2015).

Para a Enciclopédia... (2004, p. 267), a *Pereskia grandifolia* Haworth “é uma planta de caule arbóreo, cilíndrico, lenhoso, armado de acúleos reforçados, pretos ou muito escuros, formando bastos tufos na madeira velha, mas, via de regra, são solitários nos ramos jovens”.

O cacto-rosa, como *P. grandifolia* é conhecida no nordeste, caracteriza-se por desenvolvimento silvestre e vegetativo durante o ano inteiro (ALMEIDA FILHO; CAMBRAIA, 1974; DAYRELL; VIEIRA, 1977a).

*P. grandifolia* Haw. é cultivada, principalmente, como planta ornamental (ABDELWAHAB, 2013) e mais indicada para a composição de “sebes” ou cercas vivas, por apresentar maior número de espinhos, oferecendo melhor proteção (FARAGO et al., 2004).

A espécie vegetal foi introduzida na África do Sul, pelo menos desde 1858 e é amplamente distribuída na Mata Atlântica brasileira (MORAN; ZIMMERMANN, 1991), conforme se observa na Figura 3.



Figura 3 Distribuição geográfica mundial da espécie *Pereskia grandifolia* Haworth, representada por círculos e, em destaque, regiões brasileiras onde predomina a espécie  
 Fonte: Missouri Botanical Garden Database (2015) e Taylor et al. (2015)

Quanto à distribuição geográfica em território nacional, a espécie se concentra nas regiões nordeste (Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Piauí), sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e sul (Paraná, Santa Catarina) (TAYLOR et al., 2015).

*Pereskia aculeata* Miller é um membro lenhoso primitivo da família Cactaceae e caracteriza-se pelo caule fino com ramos longos, nos quais se inserem folhas verdadeiras, largas, lanceoladas, suculentas e com presença de mucilagem (“baba”) (BRASIL, 2010).

As folhas pesam, aproximadamente, 1,02 g, apresentam 10,26 cm de comprimento, 4,06 cm de largura e área foliar de 89,41 cm<sup>2</sup> (SOUZA, 2014). Duarte e Hayashi (2005) descrevem a folha de *Pereskia aculeata* como tendo o ápice agudo-acuminado, a base aguda, a margem inteira e nervura central nítida.

É uma planta perene, com características de trepadeira, e atinge até 10 m de altura, crescendo mesmo sem a presença de anteparo. No final dos ramos podem surgir flores terminais solitárias ou em cimeiras curtas, pequenas, brancas

e amareladas, com odor agradável que atrai uma grande quantidade de abelhas. Os frutos são pequenas bagas verdes, quando imaturos e amarelo-alaranjados, quando maduros, semelhante a groselhas. No caule há a presença de acúleos (falsos espinhos), curtos e curvos, ocorrendo em pares, próximos à base das folhas jovens, enquanto nos ramos mais velhos crescem aglomerados (ALBUQUERQUE; SABAA-SRUR; FREIMAN, 1991; MERCÊ et al., 2001a), conforme pode ser observado na Figura 4.

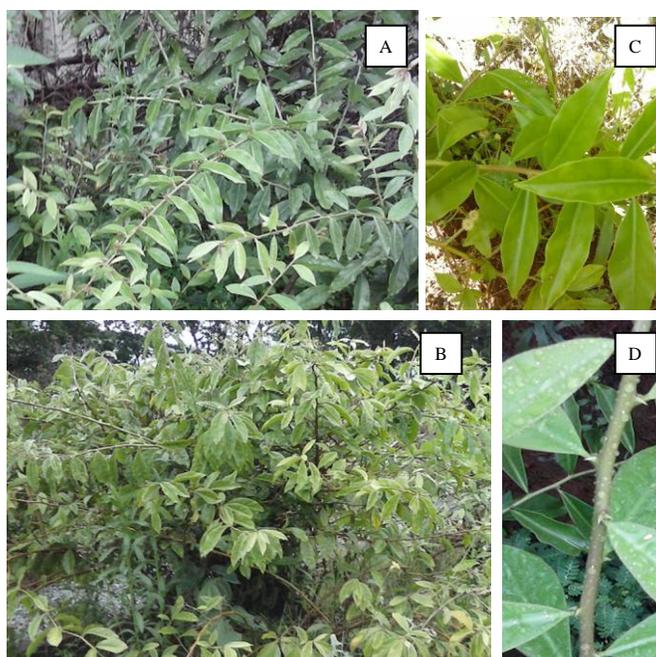


Figura 4 Exemplar de ora-pro-nobis - *Pereskia aculeata* Miller - forma “trepadeira” e detalhe de ramos (A, B); folhas lanceoladas e carnosas (C); presença de acúleos no caule, curtos e em pares (D). Horto Medicinal - Departamento de Agricultura / UFLA, Lavras, 2015

Fonte: arquivo pessoal da autora

*P. aculeata* é uma espécie amplamente distribuída sobre o território brasileiro e cresce em diferentes biomas (CARVALHO et al., 2014).

Encontram-se diferentes informações sobre a origem e a ocorrência de espécies do gênero. Almeida Filho e Cambraia (1974) identificaram a *Pereskia aculeata* como nativa da América Tropical, além de largamente encontrada na Índia Oriental. Outros autores (AGOSTINI-COSTA et al., 2012; TAKEITI et al., 2009) confirmam também a origem na América Tropical, onde relatam a presença nativa de plantas desde a região sul dos Estados Unidos (Flórida) até o Brasil, onde está amplamente distribuída entre os estados da Bahia até o Rio Grande do Sul (Figura 5).

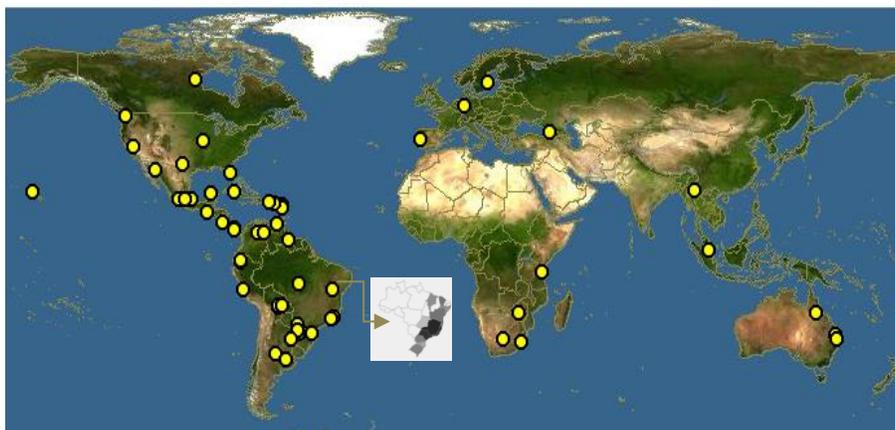


Figura 5 Distribuição geográfica mundial da espécie *Pereskia aculeata* Miller, representada por círculos e, em destaque, regiões brasileiras onde predomina a espécie

Fonte: Missouri Botanical Garden Database (2015) e Taylor et al. (2015)

*P. grandifolia* e *P. aculeata* podem ser cultivadas para fins de produção de mel pelos apicultores, pois apresentam floração rica em pólen e néctar, nos meses de janeiro a abril (BRASIL, 2010).

Como pesquisador, o apicultor e escritor de livros técnicos de apicultura Nikolaos Argyrios parece ser o pioneiro e grande divulgador dessas cactáceas.

Afirma ele que, dentre todas as espécies melissotróficas da flora nativa, segundo suas pesquisas, destaca-se o ora-pro-nobis como planta de alto valor econômico e ecológico, por ser nectarífera e polinífera, além de cactácea comestível.

O ora-pro-nobis tem características agronômicas favoráveis ao seu cultivo, como o fato de ser uma planta rústica, vigorosa e de fácil propagação (SANT'ANA et al., 2000). Leuenberger (1992) relata o rápido crescimento de *P. aculeata* em condições favoráveis. Esse mesmo autor, observando o crescimento de outras espécies de *Pereskia*, avalia que o crescimento da parte aérea pode ser suprimido em função de condições adversas extremas.

Como outras espécies do gênero, são de fácil propagação por sementes e por estaquia caular, com facilidade de enraizamento, crescimento rápido e vigoroso e melhor sob luz solar plena, não exigente em fertilidade, adaptabilidade a solos e climas variados, além da baixa incidência de pragas e doenças (SILVA-JÚNIOR et al., 2010).

O extenso grupo de adaptações peculiares à escassez de água, dentre outras características, permite que estas espécies apresentem-se sempre verdes, apesar das condições de seca extrema, e como uma boa opção para cultivo, produção e aproveitamento dos seus nutrientes (EDWARDS; DONOGHUE, 2006; QUEIROZ, 2012).

A colheita das espécies deve ser iniciada 2 a 3 meses após o plantio. A coleta das folhas, juntamente com o pecíolo (talo), é realizada quando estas apresentam de 7 a 9 cm de comprimento, evitando a concentração de retirada das folhas nos ramos. O rendimento da cultura varia de 2.500 a 5.000 kg/ha (BRASIL, 2010).

Embora sejam consideradas todas as adptabilidades e funcionalidades desta hortaliça, considerada como potencial para exploração econômica, ainda há pouco interesse comercial por essas espécies comestíveis. São cultivadas quase que exclusivamente como plantas domésticas e por alguns poucos

produtores de mudas, mas não há relato bibliográfico de cultivo comercial com fins lucrativos a partir de seu corte ou, mesmo, de outras formas de uso de seus constituintes (SILVA-JÚNIOR et al., 2010).

Conforme Carvalho et al. (2014), o efeito não citotóxico do extrato hidroetanólico das folhas secas de *P. aculeata* comprova a segurança na sua utilização como uma fonte alimentar. Entre outros autores, Abdelwahab (2013) também certificou o consumo alimentar seguro e a ausência de citotoxicidade de *Pereskia grandifolia* (Haw.).

Especialistas atestam o valor nutricional das espécies *Pereskia grandifolia* Haworth e *Pereskia aculeata* Miller, tendo em vista a sua rica composição proteica, de pró vitaminas A, B e C e minerais como cálcio, fósforo e ferro, o que torna esse vegetal um importante aliado contra a carência proteica e de micronutrientes (CASTRO; SCIO, 2014; OLIVEIRA et al., 2013).

Resultados de pesquisas indicam potencial de melhoria na qualidade nutricional e/ou sensorial de produtos formulados com a inclusão de OPN, na forma de farinhas (folhas secas moídas), em massas alimentícias como de macarrão e em bolos ou, mesmo, folhas frescas (ROCHA et al., 2008; WANG et al., 1996). Adicionalmente, há potencial para a utilização dos seus frutos em licor, geleia e compotas (MORAN; ZIMMERMANN, 1991; OLIVEIRA et al., 2011; SANTOS et al., 2011).

Uma série de outros setores industriais também pode obter vantagens com a utilização dos produtos obtidos dessas cactáceas, dentre os quais a indústria farmacêutica, uma vez que estas espécies são detentoras de substâncias químicas ativas com ação farmacológica e a indústria de alimentos, utilizando o ora-pro-nobis como matéria-prima potencial para a indústria de hidrocoloides (LIMA-JUNIOR et al., 2013; SARTOR et al., 2010; SIM; SRI NURESTRI; NORHANOM, 2010b; SRI NURESTRI; SIM; NORHANOM, 2009; SOUSA, 2014).

### 2.2.1.1 Composição físico-química

O ora-pro-nobis tem sido estudado em relação às características químicas de suas folhas e frutos (QUEIROZ, 2012). A composição centesimal de folhas dessa hortaliça foi realizada, entre outros pesquisadores, por Almeida et al. (2014), Girão et al. (2003), Silva et al. (2010) e Takeiti et al. (2009), em plantas sem condição de cultivo especificada; por Guimarães et al. (2009), em plantas cultivadas em diferentes substratos; em diferentes tipos de solo, por Mazia e Sartor (2012); em diferentes formas de cultivo, por Queiroz (2012); por Moraes et al. (2010) em plantas jovens cultivadas em função de níveis de luz solar direta e por Magalhães et al. (2011), que analisaram diferentes matrizes de OPN em folhas apicais e basais.

As folhas das espécies de perékias apresentam elevado conteúdo hídrico, entre 85% e 90%, como a maioria dos vegetais folhosos (BANGASH et al., 2011; JAN et al., 2011; ODHAV et al., 2007; TAKEITI et al., 2009). Espécies comestíveis de OPN do Rio Grande do Sul, avaliadas por Souza (2014), apresentaram valores ainda superiores a essa faixa de umidade, entre 90,70% e 95,74%, para *P. grandifolia* e *P. aculeata*, respectivamente, e acima dos teores encontrados por Martinevski et al. (2013) em vegetais da espécie PAM (86,8%), bem como do conteúdo hídrico observado em caules da mesma espécie por Carvalho et al. (2014).

O conhecimento do teor de umidade é necessário e fundamental para a conservação de hortaliças e demais vegetais, visando manter a qualidade do material vegetal e prolongando a vida no pós-colheita, visto que, a exemplo de outras hortaliças, são geralmente comercializados *in natura*, por agricultores, em feiras. Outro fator importante é no rendimento da matéria-prima, uma vez que, como já relatado na literatura, estas espécies de *Pereskia* estão sendo utilizadas

na fabricação de farinhas e subprodutos (ALMEIDA et al., 2014; MARTINEVSKI et al., 2013).

No Brasil, Kinupp e Barros (2008) ressaltam que há muitas espécies subutilizadas com expressivos teores proteicos. Esse nutriente é, possivelmente, um dos constituintes de maior interesse nas folhas de OPN, e a razão pela qual é conhecida popularmente como “carne-de-pobre” (MERCÊ et al., 2001b).

Os teores de proteínas em folhas de OPN estão relacionados à idade fisiológica da planta, ao manejo agrônomico, à origem botânica, bem como à composição do solo, cuja textura argilosa é a recomendada para o cultivo (MAZIA; SARTOR, 2012; SOUSA, 2014).

Atribui-se à Almeida Filho e Cambraia (1974) o primeiro estudo científico acerca do valor nutritivo das folhas dessa hortaliça não convencional, com destaque para a alta fração proteica, a presença de aminoácidos essenciais e a proporcionalidade adequada entre eles, com cerca de 85% de toda proteína foliar digerível e aproveitada pelo organismo humano.

Dayrell e Vieira (1977a, 1977b) obtiveram e analisaram um concentrado proteico de folhas de OPN, para o qual consideraram a análise de aminoácidos comparável ao padrão de referência da FAO, exceto para metionina.

A partir da década de 1970, em vários estudos comprovaram-se os altos níveis de proteínas na matéria vegetal dessas espécies, primeiramente em folhas de *P. aculeata* e, posteriormente, em folhas de *P. grandifolia*, entre 19,6% e 25,5%, comparáveis aos determinados para hortaliças verdes não convencionais, como a taioba (*Xanthosoma saggitifolium*) (17,92%) e a mostarda (*Brassica campestris* - var Sarson) (23,03%); a folhosas de ingestão mais habitual, como repolho-branco (*B. oleracea* var. capitata) (12,2%), alface americana (*Lactuca sativa* L.) (15,8%), acelga (*Beta orientalis* L.) (18,2%), almeirão (*Cichorium intybus* L.) (19,8%), couve-manteiga (*B. oleracea* var. acéfala) (23,5%) e espinafre (*Tetragoniaexpansa*) (24,7%) e a outros vegetais de alto consumo e

grande alcance, como milho (7-10%) e feijões (18-20%) (SILVA et al., 2005; SOUZA et al., 2009), e menores apenas que os teores observados em brócolis (*B. oleracea* var. *italica*) (31,2%) e agrião (*Nasturtium officinale*) (32,8%) (NEPA, 2011).

A qualidade de uma proteína está relacionada, principalmente, à sua composição de aminoácidos essenciais e digestibilidade, tendo como referência valores encontrados para as proteínas do ovo e do leite (BOYE; WIJESINHA-BETTONI; BURLINGAME, 2012). Nesse sentido, folhas de *P. aculeata* são ótimas fontes de aminoácidos, como triptofano, fenilalanina, tirosina, isoleucina, leucina, treonina e lisina (ALBUQUERQUE; SABAA-SRUR; FREIMAN, 1991). Segundo os autores citados, aminoácidos essenciais sulfurados (metionina e cistina) pouco contribuem para a constituição proteica das folhas de *ora-pro-nobis*, sendo considerados limitantes na proteína desse vegetal.

Conforme Mercê et al. (2001b), o aminoácido lisina constituiu 5,4% do conteúdo total de proteína neste vegetal (*P. aculeata* Mill.), que foi de 2 a 23 vezes o conteúdo encontrado em vegetais, como couve e alface, em cereais, como o milho comum e em leguminosas, como feijões. Por outro lado, a avaliação do teor de aminoácidos realizada por Takeiti et al. (2009) evidenciou que essa espécie vegetal tem o triptofano como o aminoácido mais abundante e a lisina como um dos aminoácidos limitantes.

Gomes (2010) encontrou, em folhas de *P. aculeata*, 92,52% de digestibilidade proteica, classificada, segundo critérios da FAO (2002), como de qualidade intermediária. Diante da importância da proteína no organismo e da necessidade de se descobrir novas fontes vegetais desse nutriente, as pereskias tornam-se uma opção viável (SOUSA, 2014). A finalidade de consumo como alimento rico em proteína justifica-se também pelo alto teor observado em suas folhas, mesmo em menores potenciais mátricos, ou seja, em oferta reduzida de água (QUEIROZ, 2012).

A fração lipídica nas folhas de OPN é a de menor contribuição para a composição centesimal e apresenta variabilidade alta nos dados reportados na literatura. São observados baixos níveis de lipídios, tais como palmitato de metila, oleato de metila e estearato de metila (GIRÃO et al., 2003; MERCÊ et al., 2001a; OLIVEIRA et al., 2013; TAKEITI et al., 2009). Foram registrados valores de 2,35%, por Wang et al. (1996), seguidos, em ordem crescente, pelos resultados encontrados por Rocha et al. (2008), de 3,64%; por Takeiti et al. (2009), de 4,1%; por Girão et al. (2003), de 4,41%; por Dayrell e Vieira (1977a), de 5,83% e por Albuquerque, Sabaa-Srur e Freiman (1991), de 6,30%. Almeida Filho e Cambraia (1974) observaram, para amostras de diferentes regiões mineiras, valores de 6,8% e 11,7%. Magalhães et al. (2011) relataram teores de lipídeos entre 1,6% e 5,6%, para folhas de ora-pro-nobis de cinco diferentes matrizes, enquanto no intervalo de potencial mátrico avaliado por Queiroz (2012) as folhas dessas pereskias apresentaram de 6,0% a 7,5% de extrato etéreo e, em média, 10 vezes superiores ao encontrado em caules dessas espécies. Almeida et al. (2014) e Almeida Filho e Cambraia (1974) relataram valores altos desse nutriente, considerando-se tratarem-se de vegetais folhosos. Segundo Ornellas, Kajishima e Verruma-Bernardi (2007), a extração lipídica pode carrear clorofila e outros pigmentos solúveis em solventes orgânicos, que podem superestimar a cifra correspondente a este nutriente.

Grande heterogeneidade no teor de açúcares solúveis é observada em folhas de OPN da mesma família. Barbosa et al. (2012) verificaram, em extratos alcoólicos de folhas de PAM, 0,86% destes compostos. Em trabalho desenvolvido por Silva et al. (2013), os autores encontraram, para sólidos solúveis totais, em folhas de azedinha (*Rumex acetosa*), espécie olerícola que também integra o grupo das hortaliças não convencionais (SOUZA et al., 2009), entre 4,37 e 6,20 °Brix.

O baixo teor glicídico é reflexo, majoritariamente, dos altos valores médios de fibra alimentar total, predominantemente insolúvel, como relatado nos trabalhos de Almeida et al. (2014) e Takeiti et al. (2009), e de cinzas (GIRÃO et al., 2003; SILVA, 2012). Esses constituintes ativos vêm atestar, mais uma vez, as afirmações de que as folhas de ora-pro-nobis são excelentes fontes de fibras, bem como a contribuição do consumo de suas folhas na prevenção e na redução de doenças crônicas (CAMPOS-VEGA et al., 2009; LATTIMER; HAUB, 2010; OLIVEIRA et al., 2013; SANTOS et al., 2001; SCHROEDER; MARQUART; GALLAHER, 2013; TAKEITI et al., 2009; TORRES et al., 2006; WHO, 2013).

Folhas de *P. grandifolia* e *P. aculeata* apresentam-se como boas fontes de ambas as frações de fibras e particularmente da fração insolúvel. O alto teor de fibras desse vegetal foi observado em experimento *in vivo*, por Silva (2012). Buscando avaliar o crescimento e o desenvolvimento de ratos tratados com dietas contendo 40% de farinha de *Pereskia aculeata* Miller e restrição de proteína (60% de caseína), a autora observou menor ingestão alimentar e maior excreção fecal, quando comparados ao grupo padrão ( $p \leq 0,05$ ). Além disso, a digestibilidade verdadeira, também influenciada pelo alto conteúdo fibroso, foi significativamente menor que a controle ( $p \leq 0,01$ ).

Almeida e Correa (2012) realizaram trabalho semelhante, porém, avaliaram o efeito da farinha de folhas da espécie vegetal *Pereskia grandifolia* Haworth (Cactaceae) no metabolismo de ratos *Wistar* previamente alimentados com dieta hipercalórica, substituindo-se 5% (FPG 5%) e 10% (FPG 10%) do valor energético total pela farinha de *P. grandifolia*. Ambas as dietas foram eficazes em promover a redução do ganho de peso dos ratos, enquanto a dieta do grupo FPG 10% foi três vezes mais eficaz que a dieta do grupo FPG 5%, sugerindo a atuação do rico teor em fibras presente em ora-pro-nobis no organismo humano.

Na indústria alimentar, uma massa de macarrão rica em fibras, adicionada de ora-pro-nobis desidratado, foi desenvolvida e aprovada com índice maior que 70% de aceitabilidade (ROCHA et al., 2008). No estudo de Silva Sobrinho et al. (2015), os autores produziram uma farinha a partir de folhas de ora-pro-nobis (*P. aculeata*), adicionada em formulações de salsicha para a obtenção de um produto cárneo de baixo custo e mais saudável. O produto com concentração de 2% de farinha apresentou elevado teor de fibras ( $11,13 \pm 0,05\%$ ) e proteína ( $40,68 \pm 1,61\%$ ) e boa aceitação, sendo considerado uma excelente fonte para melhorar nutricionalmente os produtos aos quais é adicionada.

Mesmo considerando as diferentes formas e condições de cultivo entre as espécies de OPN, os teores de fibra bruta permanecem no intervalo de 9,0% e 16,0% do total da matéria seca foliar. Na década de 1970, Almeida-Filho e Cambraia (1974) encontraram valores, em média, de 9,35% e Dayrell et al. (1977a), de 7,12%, semelhante ao valor obtido por Albuquerque, Sabaá-Srur e Freiman (1991), na década de 1990 (7,7%). Valores superiores a esses (12,6%) já foram verificados por Rocha et al. (2008) e entre, aproximadamente, 11,4% e 16,0%, por Magalhães et al. (2011) e Wang et al. (1996), respectivamente.

Nos estudos supracitados, entretanto, não se identificaram as frações solúvel e insolúvel da fibra alimentar. Almeida et al. (2014) também verificaram valores mais elevados, para as duas espécies comestíveis de *Pereskia*, de 18,82% e 21,6% para *P. grandifolia* e *P. aculeata*, respectivamente. As frações de fibras solúveis observadas em base seca, nos trabalhos de Takeiti et al. (2009), de 5,2% e de Almeida et al. (2014), de 2,43%, para a espécie *P. aculeata*, foram sempre inferiores às respectivas porções insolúveis encontradas, de 33,9% e 19,17%. Para a espécie *P. grandifolia*, estes autores observaram, como fração solúvel e insolúvel, respectivamente, 2,99% e 16,63%.

Diferentes espécies de *Pereskia* têm sido investigadas também quanto aos aspectos relativos à composição da mucilagem e alto teor desse composto foi observado em folhas de *P. aculeata* (CARVALHO et al., 2014; CONCEIÇÃO, 2013; MERCÊ et al., 2001a, 2001b; SIERAKOWSKI et al., 1987, 1990).

Sierakowski (1990) identificou, em folhas de *P. aculeata*, os monossacarídeos arabinofuranose, arabinopirranose, galactopirranose, ácido galactopiranosilurônico, ramnopirranose e glucopirranose. Utilizando extratos das folhas de *Pereskia aculeata*, Mercê et al. (2001b) identificaram a presença do biopolímero arabinogalactana, substância comestível que tem a propriedade de se complexar com íons metais como o  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  e  $\text{Ni}^{2+}$ , e poderia ser utilizada como aditivo nas indústrias de alimentos e farmacêutica.

O alto resíduo mineral fixo observado nas folhas de ora-pro-nobis indica que esta hortaliça é uma fonte substancial e importante de minerais para o organismo humano e pode contribuir com o seu aporte na dieta (ALBUQUERQUE et al., 2001; QUEIROZ, 2012; SOUSA, 2014), tais como cálcio, ferro, zinco, manganês e magnésio (GIRÃO et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2013; TAKEITI et al., 2009), muitos dos quais encontrados em maior proporção do que aqueles observados em outros vegetais comumente utilizados como alimentos, como couve e espinafre (CASTRO; SCIO, 2014).

Registraram-se, em folhas da espécie *P. aculeata*, em base seca, valores médios de cinzas, decrescentes, de 21,7% e 20,1%, para amostras obtidas de diferentes fontes (ALMEIDA FILHO; CAMBRAIA, 1974), similares aos conteúdos verificados por Silva et al. (2010), de 20,11% e por Martinevski et al. (2013), de 19,81%, em seguida, por Dayrell e Vieira (1977a), de 19,25%; por Rocha et al. (2008), de 18,07% e por Takeiti et al. (2009), de 16,10% e 14,24% (ALBUQUERQUE; SABAA-SRUR; FREIMAN, 1991), enquanto Pinto et al. (2001) observaram, em limbos de outras hortaliças não convencionais, como taiobas (com nervuras), teor de cinzas ao redor de 15,0%.

Almeida et al. (2014), testando farinhas de folhas de ora-pro-nobis, encontraram um percentual de cinzas de 12,57%, para *P. grandifolia* e de 14,81%, para *P. aculeata*, ao passo que Sousa (2014), avaliando as duas espécies, encontrou valores superiores, em ambas, de aproximadamente, 15,76%.

Os teores de cálcio obtidos em folhas de OPN no experimento de Queiroz (2012), em média de 5.600 mg 100 g<sup>-1</sup> (MS), cerca de 5,5 vezes maiores que os teores verificados pelo autor em caules e raízes, revelaram que as folhas são uma boa fonte desse mineral, já que podem ser consumidas, mesmo *in natura*, como hortaliça. Os resultados desse trabalho assemelham-se aos determinados por Silva et al. (2010), de 6.130 mg 100 g<sup>-1</sup>. Em outros estudos com folhas (matéria seca) de *P. aculeata* registraram-se, em média, 3.410 mg 100 g<sup>-1</sup> de cálcio (ALMEIDA FILHO; CAMBRAIA, 1974; TAKEITI et al., 2009), valores ainda superiores aos relatados por Almeida Filho e Cambraia (1974), 2.800-3.400 mg 100 g<sup>-1</sup>; por Dayrell e Vieira (1977a), 3.190 mg 100 g<sup>-1</sup> e por Almeida et al. (2014), que encontraram teores de 2.860 mg 100 g<sup>-1</sup> para farinha de *P. grandifolia* e de 1.346 mg 100 g<sup>-1</sup> para farinha de *P. aculeata*.

Os teores de cálcio citados superam o conteúdo encontrado em espinafre (1.633 mg 100 g<sup>-1</sup>) e brócolis (977 mg 100 g<sup>-1</sup>), mostrando, mais uma vez, que o ora-pro-nobis é uma boa fonte desse mineral. Mesmo se comparadas a uma fonte derivada de leite, como o iogurte natural (1.430 mg 100 g<sup>-1</sup> MS), ou à casca de ovo de galinha, que tem cálcio de mesma qualidade biológica do leite (4.150 mg.100 g<sup>-1</sup>, base seca) (NEPA, 2011), folhas de OPN apresentam teores significativos desse mineral.

Estudos com folhas de OPN revelaram teores de fósforo bastante variáveis, com intervalos superiores a 100%, como nos trabalhos de Almeida Filho e Cambraia (1974), de 1.800-2.000 mg 100 g<sup>-1</sup>; por Takeiti et al. (2009), de 156 mg 100 g<sup>-1</sup>, cujo resultado aproxima-se mais aos de Dayrell e Vieira

(1977a), de 240 mg 100 g<sup>-1</sup>, e de Silva et al. (2010), de 400 mg 100 g<sup>-1</sup>. Em estudo recente de Almeida et al. (2014) também foram demonstradas, para este macromineral e nas duas espécies de ora-pro-nobis avaliadas (*P. grandifolia* - 286 mg 100 g<sup>-1</sup> e *P. aculeata* - 320 mg 100 g<sup>-1</sup>), concentrações inferiores às observadas por Almeida Filho e Cambraia (1974).

Takeiti et al. (2009) identificaram, em *P. aculeata*, teor de 14,18 mg 100 g<sup>-1</sup> MS, considerando-o alto quando comparado ao de outros alimentos, enquanto Oliveira et al. (2008) quantificaram, no material vegetal da mesma espécie, 21 mg 100 g<sup>-1</sup> desse íon. Almeida et al. (2014) observaram, em *P. aculeata*, maiores teores de ferro (20,56 mg 100 g<sup>-1</sup>), quando comparada à outra espécie comestível do gênero, *P. grandifolia* (15,23 mg 100 g<sup>-1</sup>).

As folhas de ambas as espécies de OPN destacam-se por apresentarem teores de ferro superiores, na matéria seca, aos encontrados em 100 g de fígado de boi (12,1 mg), em folhas de mandioca (7,60 mg) e em gema de ovo (5,87 mg), alimentos considerados importantes fontes de ferro (FRANCO, 2004).

Tais valores são muito importantes, considerando-se que a anemia ainda é, prioritariamente, a maior doença causada pela deficiência em um micronutriente (COZZOLINO, 2012). No Brasil, apesar dos programas de suplementação e campanhas educativas, a prevalência de anemia por deficiência de ferro ainda é significativa, conforme evidenciaram alguns autores (BRAGA, 2014; FERREIRA et al., 2010; JORDÃO; BERNARDI; BARROS FILHO, 2009). É urgente a busca por alimentos vegetais ricos em ferro, tanto para populações de baixa renda quanto para pessoas com dietas restritivas de alimentos fontes de ferro de origem animal (ALMEIDA et al., 2014; SOUSA, 2014). Além disso, com a transição nutricional ocorrida no Brasil nos últimos anos, as doenças provenientes das deficiências de vários outros micronutrientes tornaram-se preocupantes.

As farinhas de ora-pro-nobis avaliadas por Almeida et al. (2014) apresentaram maiores teores de zinco (*P. grandifolia* - 4,93 mg 100 g<sup>-1</sup> e *P. aculeata* - 7,30 mg 100 g<sup>-1</sup>) que as de taioba avaliadas por Pinto, Vilas Boas e Carvalho (1999).

Os valores de pH encontrados em folhas *in natura* de PGH e PAM conferem o sabor neutro das folhas dessas espécies. Os valores de acidez total titulável são influenciados por fatores ambientais de cultivo, como condições climáticas, solo e maturidade fisiológica do vegetal (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010) e podem ser considerados altos, se comparados aos teores observados por Souza (2014), em frutos de *P. aculeata* (1,17%) e por Silva et al. (2013), em diferentes tipos de azedinha (0,11 e 0,20%).

### **2.2.1.2 Compostos com ação antioxidante**

De maneira geral, antioxidante “é qualquer substância que, presente em baixas concentrações, quando comparada à do substrato oxidável, retarda ou inibe a sua oxidação de maneira eficaz” (SHAMI; MOREIRA, 2004, p. 229). Os antioxidantes denominados primários quebram a cadeia de oxidação, sequestram radicais livres e os secundários desativam metais, inibem a cadeia reativa dos hidroperóxidos, regeneram os antioxidantes primários e sequestram oxigênio *singlete*, dentre outros mecanismos (PIETTA, 2000).

Como outras hortaliças verdes, esses folhosos destacam-se como fontes importantes de antioxidantes, uma das razões pelas quais têm tido seu consumo continuamente incentivado (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION - CDC, 2015).

Assim como o conteúdo fenólico, a ação funcional de *P. grandifolia* e *P. aculeata*, esta última mais amplamente investigada, tem sido alvo dos estudos de vários pesquisadores (AGOSTINI-COSTA et al., 2012; ALMEIDA et al., 2014;

PINTO et al., 2012; SHARIF et al., 2013; SIM et al., 2010; SRI NURESTRI; SIM; NORHANOM, 2009; SOUSA et al., 2014).

Estudos em espécies do gênero *Pereskia* têm mostrado compostos com atividade antioxidante em frutos e folhas de *Pereskia aculeata* Mill. (AGOSTINI-COSTA et al., 2012; ALMEIDA et al., 2014), em folhas de *Pereskia bleo* (Kunth) DC. (BAKHARI et al., 2010; ER; LEE; RADHAKRISHNAN, 2010) e de *Pereskia grandifolia* Haw. (ALMEIDA et al., 2014; SIM; SRI NURESTRI; NORHANOM, 2010b; SOUSA et al., 2014).

Sim, Sri Nurestri e Norhanom et al. (2010a) e Sri Nurestri et al. (2009) sugerem que *P. grandifolia* seja uma fonte potencial de antioxidantes naturais, por reduzir a produção de espécies reativas de oxigênio (GASPAROTTO JUNIOR, 2012). Sousa et al. (2014), avaliando folhas da espécie *Pereskia aculeata*, consideraram-na também fonte desses bioativos.

Além de fornecer componentes importantes para desempenharem funções básicas no organismo, o ora-pro-nobis é fonte dos ácidos ascórbico e fólico, entre outros compostos diretamente associados à prevenção de doenças (MARTINEVSKI et al., 2013; TAKEITI et al., 2009).

Sousa (2014) caracterizou morfológicamente e quimicamente espécies de hortaliças não convencionais, dentre elas aquelas utilizadas na culinária tradicional brasileira pelo alto valor nutricional, *P. grandifolia* e *P. aculeata*, e encontraram, respectivamente, 4,01 e 3,69 mg AA 100 g<sup>-1</sup> de vitamina C. Valores inferiores foram relatados por Takeiti et al. (2009) (1,4 mg 100 g<sup>-1</sup>) e Oliveira et al. (2013) (1,9 mg 100 g<sup>-1</sup>), em folhas de *P. aculeata* e por Almeida et al. (2014), em farinha de folhas de *P. grandifolia* (3,16 mg 100 g<sup>-1</sup>), enquanto o teor encontrado em folhas de *P. aculeata* (4,21 mg 100 g<sup>-1</sup>) superou o conteúdo mencionado anteriormente. Sugere-se que os teores dessa vitamina entre as espécies podem variar e que plantas mais jovens apresentem maior teor de ácido ascórbico (LISIEWSKA; KMIĘCIK; KORUS, 2008).

Por ser um vegetal folhoso verde-escuro, apresenta-se como uma ótima fonte de carotenoides e flavonoides na alimentação humana (RAJU et al., 2007; TAKEITI et al., 2009). Agostini-Costa et al. (2014) avaliaram a composição carotenoide de *P. grandifolia* e *P. aculeata* colhidas no Banco de Germoplasma da Embrapa Recursos Energéticos e Biotecnologia, em Brasília, e observaram que as folhas apresentavam altos níveis de carotenos, sendo os teores de  $\beta$ -caroteno em *P. grandifolia* entre 22,7 e 31,0  $\mu\text{g g}^{-1}$  e em *P. aculeata* de 13,8 a 47,0  $\mu\text{g g}^{-1}$ . Teores de  $\beta$ -caroteno observados nas espécies *P. grandifolia* (16,21  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) e *P. aculeata* (31,0  $\mu\text{g g}^{-1}$ ), por Almeida et al. (2014), encontram-se no intervalo observado pelos autores anteriores. Em frutos de *P. aculeata* foram detectados 71,70  $\mu\text{g g}^{-1}$  de carotenoides totais, sendo trans- $\beta$ -caroteno (34,30  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) e cis- $\beta$ -caroteno (2,8  $\mu\text{g g}^{-1}$ ) (AGOSTINI-COSTA et al., 2012).

O teor de fenólicos totais vem sendo determinado em alguns trabalhos, seja com finalidades nutritivas, de conservação, bem como para a prevenção de doenças relacionadas ao aparecimento de radicais livres (ALMEIDA et al., 2014; SOUZA et al., 2014).

Sim, Sri Nurestri e Norhanom (2010a) determinaram o teor de compostos fenólicos dos extratos bruto e fracionado de *Pereskia bleo*, um arbusto espinhoso mais conhecido por “jarum tujuh bilah”, na Malásia, e pertencente também à família Cactaceae. Os extratos metanólicos apresentaram o maior conteúdo fenólico total (40,12 mg EAG g extrato). Já os extratos de hexano e água apresentaram quantidade similar de fenólicos, de 23,15 e 27,70 mg EAG g extrato, respectivamente. Bakhari et al. (2010) avaliaram a quantidade de fenóis totais em *P. Bleo* e encontraram, nas folhas desta pereskia, utilizando como solvente extrator o metanol, 101,47 mg Ecatequina  $\text{g}^{-1}$  material seco.

Sim, Sri Nurestri e Norhanom (2010a) investigaram, pela primeira vez, o poder antioxidante dos extratos bruto de metanol e fracionados (hexano,

acetato de etila e água) preparados com folhas de *P. grandifolia* e a fração acetato de etila exibiu a maior atividade antioxidante (83,13%), correlacionada ao elevado teor de compostos fenólicos presentes nesse meio (45,99 mg EAG g extrato). Sri Nurestri, Sim e Norhanom (2009) isolaram e identificaram os compostos 2,4-di-tert-butilfenol,  $\alpha$ -tocoferol e  $\beta$ -sitosterol em extrato de acetato de etila de *P. grandifolia*.

Em folhas de *P. aculeata*, Takeiti et al. (2009) encontraram quantidades significativas de compostos pró-vitamina A, ácido fólico e vitamina C.

Almeida et al. (2014) avaliaram os compostos bioativos de *Pereskia grandifolia* e *P. aculeata* e encontraram valores próximos entre as espécies, em média de 19,7 mg de EAG 100 g<sup>-1</sup>. Compostos fenólicos foram também reportados neste vegetal por Sharif et al. (2013).

Pinto et al. (2012) reportaram atividade antioxidante de diferentes frações obtidas a partir do extrato de folhas da espécie *P. aculeata*, pelo ensaio de sequestro de radicais livres DPPH e responsabilizaram os fenóis presentes nos tecidos foliares por essa ação funcional.

A capacidade de extratos de folhas de *Pereskia grandifolia* e *Pereskia aculeata* em sequestrar o radical DPPH avaliada por Sousa (2014) foi superior, quando utilizados etanol ou metanol como solventes extratores, e maior na espécie *Pereskia aculeata*.

Turra et al. (2007) estudaram o efeito do extrato de *Pereskia grandifolia* em diferentes solventes e verificaram que o diclorometano e o acetato de etila apresentaram a maior capacidade de sequestro de radicais livres DPPH, de 25% e 30% de inibição, respectivamente. Já Sri Nurestri, Sim e Norhanom (2009) relataram ter encontrado atividade antioxidante em pequenas concentrações com extrato hexânico (5  $\mu$ g/mL) e com acetato de etila (16-20  $\mu$ g/mL) em folhas de *P. grandifolia*. No que se refere à *Pereskia aculeata*, os autores verificaram

atividade antioxidante em todos os extratos pesquisados e maior nos extratos etanólico e metanólico.

Souza et al. (2014) encontraram redução do radical em torno de 65%, utilizando extração etanólica de folhas de *P. aculeata*. A extração aquosa e a infusão, apesar de terem apresentado as menores reduções, também apresentaram atividade antioxidante. Extratos em acetona 80% apresentaram o maior teor de fenóis totais (117,8 mg EAG g extrato) e melhor atividade antioxidante, na faixa de 63,5-75,6%.

O conteúdo de compostos fenólicos totais de materiais vegetais avaliados por Vieira et al. (2010), utilizando folhas de cultivares não definidas de OPN, em extrato metanólico, foi de 1.693,33 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> MS e significativamente superior ao teor de fenólicos extraído pelo solvente etanol, de 940 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> MS.

Embora Carvalho et al. (2014) tenham observado influência do tratamento do solo no conteúdo de mucilagem de *P. aculeata*, componentes fenólicos e a capacidade de eliminação de radicais livres não foram alterados, de forma significativa, entre os tratamentos.

Não só pesquisas *in vitro* atestam o potencial antioxidante destes vegetais folhosos. Almeida e Correa (2012) avaliaram o efeito da farinha de folhas da espécie vegetal *Pereskia grandifolia* Haworth (Cactaceae) no metabolismo de ratos Wistar previamente alimentados com dieta hipercalórica, substituindo 5% (FPG 5%) e 10% (FPG 10%) do valor energético total pela farinha de *P. grandifolia*. Os animais alimentados com as farinhas apresentaram menor concentração de triacilgliceróis e de glicose sérica e capilar caudal, comparados ao grupo controle, sugerindo que o uso de ora-pro-nobis na dieta humana poderia resultar em melhoria desses parâmetros biológicos, podendo ser utilizado na prevenção e/ou no tratamento de doenças crônicas, como as dislipidemias e o diabetes mellitus.

### 2.2.1.3 Compostos antinutricionais

O principal problema na exploração de vegetais como fonte de nutrientes está no acúmulo de altas concentrações de substâncias indesejáveis ao consumo humano em suas folhas, oriundas do seu próprio metabolismo secundário (ESPÍNDOLA, 1987; LOPES et al., 2009; SILVA et al., 2013).

O termo “fator antinutricional” tem sido utilizado para descrever compostos ou classes de compostos presentes numa extensa variedade de alimentos de origem vegetal que, quando consumidos, podem originar reações tóxicas e interferir na biodisponibilidade e na digestibilidade de alguns nutrientes como aminoácidos essenciais e minerais e, conseqüentemente, alterar o valor nutritivo desses alimentos (BENEVIDES et al., 2011; GRIFFITHS; BIRCH; HILLMAN, 1998; SILVA et al., 2013).

Estima-se que os vegetais, em particular os verdes folhosos, contribuam com mais de 70% do nitrato total ingerido na alimentação humana (GUADAGNIN, 2004). A redução intestinal de nitrato a nitrito, com conseqüente absorção deste, pode originar cianoses devido à formação de metamioglobina ou, ainda, reagir com aminas secundárias e terciárias (BOINK; SPEIJERS, 2001).

Os inibidores de proteases têm ampla distribuição no reino vegetal (SALAZAR et al., 2006) e exercem impacto negativo sobre a qualidade nutricional dos alimentos pela capacidade de inibir as atividades de proteases digestivas (FRIEDMAN; BRANDON, 2001; SALAZAR et al., 2006). Taninos também têm capacidade de se combinar com enzimas digestivas, além de outras proteínas, polímeros (carboidratos e pectinas) e minerais, formando complexos estáveis que dificultam sua absorção (MARQUES et al., 2014).

Dayrell e Vieira (1977a) não observaram a presença do inibidor de tripsina nas amostras de *P. aculeata* coletadas nas cidades de Sete Lagoas e Belo

Horizonte, ambas em Minas Gerais. Já Almeida et al. (2014) verificaram inibição da tripsina pela farinha da *P. aculeata* (1,82 UTI mg<sup>-1</sup> MS), superior ainda àquela provocada por *P. grandifolia* (1,03 UTI mg<sup>-1</sup> MS).

Pompeu et al. (2014) verificaram o comportamento de inibidores de proteases extraídos das folhas de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller) e o efeito de inibição, já observado em folhas cruas, aumentou após o teste de digestão sob fluido gástrico.

Silva (2012) buscou avaliar o crescimento e o desenvolvimento de ratos *Wistar* tratados com dietas contendo folhas de *Pereskia aculeata* Miller. O grupo que foi alimentado com 40% de farinha de folhas de *Pereskia aculeata* em substituição à caseína apresentou, significativamente, menores valores de coeficiente de eficiência proteica, razão proteica líquida e digestibilidade verdadeira que o grupo padrão.

O ácido oxálico está presente em tecidos vegetais como uma combinação de fontes solúveis de oxalatos de sódio e de potássio, além de apresentar a propriedade de se ligar ao ferro e ao cálcio, formando sais insolúveis e indisponibilizando-os ao organismo (BENEVIDES et al., 2011; MASSEY, 2007; SANTOS, 2006b).

Almeida et al. (2014) analisaram os teores de antinutricionais nas farinhas de folhas das espécies de *P. grandifolia* e *P. aculeata* e encontraram teores de ácido oxálico de 60,37 mg 100 g<sup>-1</sup> (MS) e 41,79 mg 100 g<sup>-1</sup> (MS), respectivamente, enquanto, para nitrato, os valores foram de 16,2 mg 100 g<sup>-1</sup> (MS), em *P. aculeata* e 15 vezes superiores àqueles observados em *P. grandifolia* (1,07 mg 100 g<sup>-1</sup> MS).

Squena et al. (2009) avaliaram a morfoanatomia do caule e folhas de *P. aculeata* Mill. e observaram idioblastos com drusas de oxalato de cálcio e grãos de amido.

### 2.3 Tratamento térmico em vegetais

A prática de cozinhar os alimentos tem sido adotada pelo homem desde os primórdios das civilizações. As hortaliças são, muitas vezes, consumidas na forma crua. Mas, há situações em que a cocção é necessária ou, ainda, preferida e pode ser realizada de diversas maneiras e em tempos diferenciados (CAMPOS et al., 2008b; MIGLIO et al., 2008).

O ora-pro-nobis pode ser preparado na forma crua, em saladas, e em várias preparações, na forma cozida, em sopas, refogados, mistos, mexidos e omeletes (SANT'ANA et al., 2000). O tempo utilizado para preparar folhas de *P. aculeata* na cozinha tradicional de Minas Gerais, a 100 °C, é, em média, de 1 minuto (POMPEU et al., 2014), embora outras formas de preparo exijam maior tempo de processamento, podendo alterar o seu conteúdo nutricional (CAMPOS et al., 2008a).

Utiliza-se uma diversidade de terminologias em relação aos métodos de preparo dos alimentos. A técnica de cocção em meio aquoso ou calor úmido (cocção úmida) utiliza um fluido aquoso como meio de transferência de calor para o tratamento térmico do alimento (LISIEWSKA et al., 2011). A fervura, ou ebulição, é o processo que implica na cocção do alimento por imersão em água e pode iniciar-se em diferentes graus de temperatura (fria, quente e fervendo) até atingir temperatura inferior a 100 °C (ORNELLAS; KAJISHIMA; VERRUMABERNARDI, 2007). O branqueamento é a cocção incompleta de um alimento que recebe os efeitos térmicos da água fervente durante um curto período de tempo (LISIEWSKA et al., 2011).

A cocção mista ocorre quando o calor que se transmite ao alimento provém tanto da água, inerente ao próprio alimento, como do óleo adicionado. O alimento refogado é aquele submetido ao fogo brando, em pequena quantidade de óleo, com a intervenção do seu próprio teor em água (PHILIPPI, 2006).

O óleo de soja atende aos principais requisitos da gordura para a fritura, entre os quais ter sabor neutro e suportar temperaturas de decomposição entre 180-200 °C (PHILIPPI, 2006), além de ser o meio mais utilizado pela população neste tipo de processamento.

Nos distintos métodos de cozimento, as formas de transferência de calor, a temperatura, a duração do processo e o meio de cocção, em água em ebulição, a vapor, em calor seco ou misto, variando o tipo de equipamento empregado, são alguns dos fatores responsáveis pelas alterações químicas e físicas que podem modificar, significativamente, o valor nutricional dos alimentos, seja de forma qualitativa quanto quantitativa (CORREIA; FARAONI; PINHEIRO-SANT'ANA, 2008; SCHEIBLER et al., 2010).

Hortaliças *in natura* ou cozidas costumam ter mais que 90% do seu peso em água (BRASIL, 2014). Alves et al. (2011) avaliaram os teores de umidade em brócolis submetidos a diferentes técnicas de cocção e os valores médios variaram de 88,32% (*in natura*) a 94,37% (cocção a partir da ebulição, fogo brando). Quando submetidos aos métodos de cocção a partir da água em ebulição e fria (fogo brando e alto), os vegetais apresentaram os maiores valores de umidade e não diferiram, de forma significativa, entre si.

O perfil nutricional e a capacidade antioxidante de vegetais podem ser afetados tanto de forma positiva, tal como a melhora da capacidade de compostos naturalmente presentes e a formação de novos compostos com atividade nutricional, quanto negativa, como a perda de nutrientes/antioxidantes naturalmente presentes (BERNHARDT; SCHLICH, 2006; REDY; LOVE, 1999). Campos et al. (2008b) apontaram, ainda, como consequências do processamento térmico, a formação de novos compostos com atividade prooxidante ou, ainda, nenhuma mudança na concentração de antioxidantes naturalmente presentes.

O tratamento térmico pode conduzir a perdas globais de até metade do teor de nutrientes iniciais da hortaliça, sendo fator determinante para o aumento ou o decréscimo de antioxidantes no vegetal (HES et al., 2014; SENSOY et al., 2006; SOUSA, 2014).

O processamento térmico pode interferir em alguns componentes químicos de alimentos, como descrito a seguir.

#### a) Fibras

As propriedades funcionais das fibras são determinadas pela inter-relação entre estruturas e características físico-químicas. Segundo a literatura, há fortes indícios de que o processamento hidrotérmico (cozimento) dos tecidos vegetais altera física e quimicamente as propriedades da parede celular, interferindo nos efeitos fisiológicos das frações fibrosas solúveis e insolúveis, e em sua atuação como fibra alimentar (CARVALHO et al., 2001; GUERRA; MEDEIROS FILHO; GALLÃO, 2006).

A ação do processamento hidrotérmico durante um tempo maior ou menor tem influência sobre as macromoléculas que formam a parede vegetal. As fibras celulósicas incham, sofrem uma fragmentação parcial e se abrandam. A gelatinização do amido nelas presente e o consequente rompimento celular acabam por liberar fibra insolúvel, como a lignina, para o meio (DZIEDZIC et al., 2012).

No estudo apresentado por Larrauri (1999), a secagem de produtos desidratados a altas temperaturas ocasionou a degradação parcial de componentes da fibra solúvel e, conseqüentemente, alterou sua capacidade de hidratação.

Os teores de fibra bruta avaliados por Pigoli (2012) nas folhas cruas de brócolis (4,63%) reduziram-se nas folhas submetidas a diferentes métodos de cocção, para 1,51%, 1,89%, 1,41% e 1,86% em imersão, vapor, panela de

pressão e microondas, respectivamente. Quando comparados ao total de fibras nas folhas do vegetal cru, observou-se que os tratamentos mais efetivos para a manutenção dos teores desses constituintes da parede celular nos tecidos foliares do brócolis foram o método a vapor (40,88%) e o microondas (40,19%).

O cozimento em água afetou diferentemente a composição de fibras de espécies vegetais avaliadas por Hes et al. (2014). Enquanto a maior fração fibrosa foi encontrada em grãos cozidos de trigo, grãos cozidos de cevada apresentaram o menor teor desses compostos.

#### b) Pigmentos

Clorofilas e carotenoides são pigmentos que, pela estrutura química instável, após processamento, resultam em produtos de decomposição que modificam a qualidade dos vegetais (CASSETARI, 2012).

A constituição do alimento e as condições de processamento influenciam grandemente o curso da degradação da clorofila em alimentos processados (HEATON; MARANGONI, 1996; MORAWICKI; SCHMALKO; KANZIG, 1999). Segundo Johnson-Flanagan e Thiagarajah (1990), a clorofila a é mais sensível à feofitinação do que a clorofila b.

A degradação da clorofila pode acarretar a remoção do fitol, que confere à clorofila uma característica apolar e lipofílica, enquanto o restante da molécula é hidrofílico. Como consequência, há um drástico aumento da polaridade da molécula que diminui a sua estabilidade na membrana tilacoide, no cloroplasto. Isso resulta em ruptura das ligações entre proteínas e lipídeos e, possivelmente, em desnaturação do conjunto de clorofila com proteínas (CASSETARI, 2012). Essa ruptura pode também liberar carotenoides, substâncias bioativas com efeitos benéficos à saúde e, assim, reduzir o transporte de elétrons e a habilidade de suprimir radicais livres, respectivamente (HEATON; MARANGONI, 1996; VOLP; RENHE; STRINGUETA, 2009).

Por ser uma molécula pró-oxidante, a clorofila poderia estar associada à redução da estabilidade oxidativa de alimentos processados. Além disso, a feofitina, substância derivada da degradação desse pigmento, apresenta potencial pró-oxidante três vezes superior ao da clorofila (AQUINO et al., 2011; CENKOWSKI; JAYAS, 1993).

Visando à preservação da clorofila, alguns pesquisadores recomendam, entre outros procedimentos, a exposição ao calor aplicando técnicas com altas temperaturas por pouco tempo e/ ou a associação com outros métodos (SCHWARTZ; LORENZO, 1990).

#### c) Vitaminas

As vitaminas são compostos bastante sensíveis e sua degradação depende de condições específicas durante o processo culinário, como temperatura, umidade, pH, oxigênio, luz e duração do tratamento térmico (LIMA-PALLONE; CATHARINO; GODOY, 2008). Portanto, o processamento de alimentos pode alterar significativamente a composição qualitativa e quantitativa das vitaminas. As hortaliças com folhas verde-escuras, tratadas pelo calor, conservam somente 60% do seu conteúdo em vitamina C (CORREIA; FARAONI, PINHEIRO-SANT'ANA, 2008).

Pellegrini et al. (2010) verificaram redução nos teores de ácido ascórbico em brócolis de 18,39% e 22,58%, respectivamente, pelos métodos de cocção em água em ebulição (8 minutos) e em vapor (13 minutos). Observaram também que quanto maior o tempo de cocção, maior era a perda da vitamina.

Alves et al. (2011) avaliaram os teores de vitamina C em brócolis submetidos a diferentes técnicas de cocção. O menor valor médio foi encontrado no método de cocção a partir da ebulição, fogo brando (28,75 mg 100 g<sup>-1</sup>) e o maior em brócolis *in natura* (50,79 mg 100 g<sup>-1</sup>). Os métodos de cocção a partir da água fria, fogo brando; cocção a partir da ebulição, fogo alto e cocção a partir

da ebulição, fogo brando não diferiram entre si e apresentaram as maiores perdas.

Os maiores teores de ácido ascórbico foram encontrados por Pigoli (2012) em folhas de brócolis tratadas sob vapor, de 63,25% em relação ao vegetal cru. Já o tratamento menos efetivo foi observado pelo autor após o uso da imersão, sendo 53,55% do total de ácido ascórbico, quando comparado com o vegetal cru.

Os efeitos de três métodos de cocção convencionais, branqueamento, ebulição e fritura sobre o conteúdo de vitamina C, em vegetais tailandeses selecionados, foram avaliados por Miglio et al. (2008), por espectrofotometria. O conteúdo de vitamina C para vegetais crus e cozidos variou de 0,5-83,6 e 0,2-70,8 mg 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. A fritura e a ebulição causaram perdas de 14% a 95%, sendo a maior encontrada em pepino (*Monordica charantia* Linn.) cozido.

Galgano et al. (2007), ao avaliarem as perdas de vitamina C em brócolis, encontraram 34% de redução após cocção em água (15 minutos), 24% após o cozimento a vapor (23 minutos) e 22,4%, após cocção sob pressão.

Como referendado, boa parte dos estudos refere-se à vitamina C e  $\beta$ -caroteno, com poucos trabalhos realizados a respeito da estabilidade de polifenóis que, devido à interferência de aspectos químicos e físicos, também sofrem influência do processamento (AYALA-ZAVALA et al., 2004).

#### d) Minerais

O teor mineral em vegetais é influenciado, diretamente, pela temperatura, o tempo e o tipo de cocção (MOREIRA, 2006).

Miller (1996) e Tannembaum, Young e Archer (1993) afirmam que as perdas de substâncias minerais durante o cozimento são causadas, principalmente, por lixiviação, que arrasta parte dos minerais hidrossolúveis

para a água de cocção. Resultados dos trabalhos de Alves et al. (2011), Santos et al. (2011), Pigoli (2012) e Scheibler et al. (2000), entre outros, comprovam a tendência de lixiviação dos minerais por contato direto com o meio líquido.

Segundo Kawashima e Valente Soares (2005), o tempo de cozimento foi determinante na perda mineral de folhas de espinafres, e os métodos de branqueamento e cocção prolongada foram os responsáveis pelas maiores perdas minerais nesse vegetal. Esse comportamento também foi observado por Scheibler et al. (2010), em outras hortaliças.

Santos, Abreu e Carvalho (2003) avaliaram o tempo de cozimento e sua influência nos teores minerais (potássio, fósforo, cálcio, manganês e ferro) em folhas de brócolis, couve-flor e couve. Estes autores constataram que todos os minerais avaliados tiveram seus teores diminuídos e as perdas acentuaram-se conforme o aumento do tempo e o método de cocção utilizado, mostrando, conforme os autores, terem sido removidos pela água.

Expressivas reduções nos teores de potássio provocadas pelo cozimento têm sido reportadas por Santos, Abreu e Carvalho (2003), em couve (56,5%) e em brócolis (27,13%).

Avaliando os teores de minerais em brócolis submetidos a diferentes técnicas de cocção, Alves et al. (2011) encontraram, em maior proporção em hortaliças cruas, o mineral potássio, cujos valores médios variaram de 51,75 mg 100 g<sup>-1</sup> (cocção a partir da água fria fogo alto) a 229,23 mg 100 g<sup>-1</sup> (*in natura*), estatisticamente igual ao teor observado em brócolis coccionado a vapor (165,75 mg 100 g<sup>-1</sup>). Os métodos de cocção a partir da ebulição, fogo brando e alto, cocção a partir da água fria, fogo brando e alto resultaram em menor preservação e não diferiram estatisticamente entre si. Os autores observaram, ainda, perdas significativas nos teores de cálcio e fósforo em todas as técnicas de cocção avaliadas, em comparação ao vegetal *in natura*, resultados também verificados por Santos et al. (2008), que analisaram o efeito da cocção em folhas da mesma

hortaliça e verificaram que o conteúdo de cálcio no vegetal *in natura* diferiu estatisticamente de todos os métodos de cocção utilizados no trabalho.

Scheibler et al. (2010), avaliando o efeito de diferentes tempos de cozimento nos teores de minerais, observaram que a quantidade de fósforo sofre pequenas quedas à medida que se aumenta o tempo de fervura, significando que esse mineral pode ser arrastado pela água de cozimento.

Santos, Abreu e Carvalho (2003) verificaram que as folhas de brássicas submetidas a diferentes tempos de fervura praticamente mantiveram seus teores de cálcio à medida que o tempo de cozimento foi aumentado, comportamento similar ao apresentado pelo magnésio, com uma pequena queda até 8 minutos de fervura. Quanto ao tipo de processamento, Moreira (2006) relata que brócolis cozidos em água preservaram maior conteúdo desse íon que aqueles cozidos a vapor.

Os resultados do conteúdo mineral avaliado em brássicas, por Pigoli (2012), indicaram que os teores de potássio apresentaram diferenças significativas entre as espécies analisadas e os métodos de cozimento (imersão, vapor, panela de pressão e microondas). A couve, com o maior teor do mineral, apresentou a maior queda, perdendo, após 10 minutos, cerca de 56,5% do potássio presente antes da fervura, mas ainda manteve o maior teor desse mineral, quando comparada às outras duas hortaliças. O menor teor de potássio foi encontrado em brócolis ( $1.560 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), com perda de 27,13% do seu conteúdo após aplicação dos tratamentos. Em relação aos teores de fósforo (perda de 60,07%) e cálcio (manutenção de 78,75% do total mineral) nas folhas dessa hortaliça, houve diferença significativa apenas em relação ao vegetal cru e aos métodos de cocção utilizados, considerados estatisticamente iguais. O uso do vapor foi o tratamento mais efetivo para os teores de magnésio e zinco, e manteve, respectivamente, mais da metade (60%) e grande parte (91,97%) do total desses íons minerais em relação ao vegetal cru. Os tratamentos em que as

folhas do brócolis foram submetidas ao cozimento com o uso da imersão mantiveram os maiores teores de ferro, em torno de 90% do total mineral. Com relação às perdas de manganês, o método de cocção em água conservou mais adequadamente o teor desse mineral, quando comparado ao método de cocção no vapor.

É importante considerar que, à medida que íons divalentes de minerais como cálcio, magnésio e zinco são cofatores de proteínas e enzimas envolvidas no processo de óxido-redução celular, a alteração no teor destes minerais pode afetar o balanço oxidativo no organismo humano (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2007).

#### e) Compostos fenólicos

Em trabalhos nos quais se avaliou a capacidade antioxidante das hortaliças observou-se que, além da vitamina C, compostos fenólicos são os mais sensíveis às perdas durante a cocção, especialmente por lixiviação em processamento com água (ALVES et al., 2011; CAMPOS et al., 2008a; PIGOLI, 2012).

O processamento tecnológico pode modificar o conteúdo fenólico de alimentos de várias maneiras e o tratamento térmico é fator determinante para o aumento ou o decréscimo dessas substâncias (KAUR; KAPOOR, 2002; SENSOY et al., 2006).

No entanto, ambos os efeitos, positivos ou negativos, dependem das diferenças nas características morfológicas, genética, fatores ambientais e concentração dos fitoquímicos entre as espécies vegetais (BERNHARDT; SCHLICH, 2006; OU et al., 2002; PODSEDEK, 2007).

Após o branqueamento de hortaliças como batata, cenoura e espinafre, Puupponen-Pimiä et al. (2003) encontraram redução de cerca de 1/3 da vitamina C e de 20% a 30% do conteúdo de fenóis totais e da atividade antioxidante,

medida pela capacidade sequestrante de radicais DPPH. Em couve-flor, os autores observaram redução na AAT (DPPH) em 23%, mas, no caso do repolho, houve acréscimo de 9% na ação antioxidante, após o branqueamento em água.

O branqueamento de folhas de batata-doce em água fervente, por 30 segundos, promoveu perdas em torno de 27% do total de flavonoides presentes nas folhas cruas. Após 60 segundos, esse tipo de processamento reduziu à metade o conteúdo desses fenóis (CHU; CHANG; HSU, 2000).

A exposição ao calor influenciou a concentração de fenólicos em hortaliças folhosas estudadas na Malásia, submetidas à cocção em pequeno intervalo de tempo. Ismail, Marjan e Foong (2004) observaram que espinafres crus apresentaram a maior atividade antioxidante total, seguidos por repolho e couve. O teor de fenólicos totais foi excepcionalmente elevado em espinafre, seguido pela couve. A investigação possibilitou, ainda, observar que o tratamento térmico de 1 minuto diminuiu significativamente o conteúdo fenólico total de todos os vegetais estudados. No mesmo estudo, a atividade antioxidante (capacidade de inibição da peroxidação em sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico) da couve e do espinafre reduziu cerca de 9% e 7%, respectivamente, após a cocção.

Roy et al. (2007) declararam que o aquecimento a temperaturas mais baixas (50 °C) preservou bem o conteúdo de compostos fenólicos e atividade antioxidante de espinafre e repolho (80 a 100%), medida por meio da atividade sequestrante de radicais DPPH. Já a cocção realizada em temperaturas usuais, mais altas, provocou efeitos mais negativos sobre esses parâmetros.

De acordo com Lin e Chang (2005), o extrato de brócolis cozido durante 10 minutos, a 50 °C, exibiu atividade sequestradora de radicais DPPH em torno de 31%, enquanto o extrato fresco do vegetal exibiu maior eficiência protetora, em torno de 40%.

Segundo Miglio et al. (2008), embora o consumo de alimentos frescos seja amplamente defendido, ainda há divergências, na literatura, a respeito dos efeitos do cozimento sobre o teor e a atividade antioxidante em hortaliças, uma vez que surgem evidências de que, *in vivo*, a biodisponibilidade de diversos compostos de proteção é reforçada quando legumes são cozidos.

Ao contrário de trabalhos que evidenciaram perda do conteúdo fenólico, em estudos científicos registraram-se maiores quantidades do composto e ação antioxidante em hortaliças cozidas (CAMPOS et al., 2008b).

Durante o processo de cozimento, os polifenóis podem ligar-se ou desligar-se de algumas proteínas, ser eliminados na água do cozimento, permanecer livres ou sofrer polimerização. A cocção pode afetar o teor antioxidante devido à inativação de peroxidases cuja atividade seria pró-oxidante, à formação de novos compostos antioxidantes melanoidianos ou à melhora da capacidade antioxidante de compostos naturalmente presentes (BENEVIDES et al., 2011; WACHTEL-GALOR; WING WONG; BENZIE, 2008).

Hes et al. (2014) encontraram, em grãos cozidos de trigo, maior teor de polifenóis e constataram que isto se deve à liberação parcial desses compostos da forma ligada com proteínas como resultado da ebulição. Além disso, os compostos fenólicos poderiam estar associados a outros componentes vegetais, como carboidratos.

Del-Vechio et al. (2005) investigaram o efeito do tratamento térmico em sementes de abóboras (*Cucurbita* spp.) e constataram que aquelas submetidas à tostagem apresentaram maiores níveis de polifenóis em relação às coccionadas (água em ebulição por 10 minutos). Segundo os autores, o calor pode ter influenciado a formação de alguns constituintes fenólicos, como a cumarina.

Abreu e Barcelos (2012) avaliaram o efeito do tempo de cozimento em polpa de tomate cultivar Débora, durante 0, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 minutos e

encontraram, nos dois métodos utilizados para avaliar a atividade antioxidante total (AAT), maior potencial antioxidante na polpa processada termicamente em condições domésticas em relação ao tomate cru. Os autores relataram, ainda, significativo aumento dos teores de licopeno,  $\beta$ -caroteno e fenólicos totais e diminuição do teor de vitamina C.

Muitos trabalhos correlacionam positivamente o teor de fenólicos totais e a atividade antioxidante. Hes et al. (2014), utilizando a técnica de Sperman, encontraram correlação positiva ( $r = 0,80$ ) entre polifenóis em grãos de trigo e cevada e atividade antioxidante, mensurada pela atividade de eliminação de radicais DPPH. Abreu e Barcelos (2012) encontraram, utilizando o índice de correlação de Pearson, correlação positiva entre a AAT avaliada pelos métodos do radical DPPH e do sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico com o teor de licopeno (principal determinante da AAT no sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico),  $\beta$ -caroteno e fenólicos totais (principais determinantes da AAT pelo método do radical DPPH). O teor de vitamina C apresentou os menores valores de correlação com a AAT, sendo esta negativa para o método do DPPH.

A cocção em água e a fritura em óleo aumentaram a capacidade antioxidante, expressa por meio de parâmetros que incluíram a remoção de um radical peroxil (*Total Reactive Antioxidant Potential*, TRAP) e a capacidade de redução de metal (*Ferric Reducing Antioxidant Power*, FRAP), de brócolis, cenoura e abobrinha (MIGLIO et al., 2008).

Os efeitos da cocção em ebulição e fritura sobre a atividade antioxidante de vegetais advindos do Paquistão (ervilhas, cenoura, espinafre, repolho, couve-flor, nabo amarelo e nabo branco) foram avaliados por Sultana, Anwar e Iqbal (2008) e, de acordo com os resultados, a AAT, segundo a quantificação de produtos formados durante a peroxidação de lipídeos (TBARS), aumentou após os procedimentos de fervura e fritura.

O cozimento reduziu o conteúdo de fenólicos totais, de forma significativa, em brócolis, mas não em folhas de espinafre avaliadas por Turkmen, Sari e Velioglu (2005). Após o cozimento, a atividade antioxidante total, medida pela capacidade de sequestrar radical DPPH, aumentou nos vegetais avaliados e os autores associaram a variação do potencial antioxidante ao tipo de vegetal, mas não ao de tipo de cozedura.

Wachtel-Galor, Wing Wong e Benzie (2008) determinaram o conteúdo de antioxidantes e os efeitos da cocção (fervura e vapor) em brássicas (brócolis, couve-flor, repolho e repolho chinês) cruas e cozidas. Para todos os legumes cozidos, o conteúdo antioxidante foi maior sob vapor e, em seguida, sob fervura, diminuindo com o tempo de cozedura, independentemente do método. Todos os vegetais cozidos apresentavam conteúdo antioxidante mais elevado, quando comparados aos vegetais crus.

Miglio et al. (2008) registraram, em hortaliças frescas, conteúdo de fenóis entre 882-1.306 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>, cuja redução foi insignificante após os procedimentos de cocção. Uma vez que observaram aumento global dos valores da atividade antioxidante em todos os legumes cozidos, os autores afirmaram que suas descobertas desafiam a noção de que os vegetais processados ofereçam qualidade nutricional inferior e também sugerem que, para cada uma das espécies, um método de cozimento seria preferível para preservar suas qualidades nutricional e físico-química.

Além da ampla variação na perda de compostos fenólicos e de atividade antioxidante entre as espécies vegetais, há também diferenças quando se consideram partes diferentes de um mesmo vegetal. Zhang e Hamauzu (2004) relataram maiores perdas de fenólicos nas influorescências de brócolis do que no caule, cozidos em água fervente (cozimento convencional por 5 minutos), ocorrendo o inverso para ácido ascórbico e carotenoides. Quanto à atividade antioxidante total, medida por meio da capacidade de sequestrar o radical DPPH,

as fluorescências e os caules de brócolis retiveram cerca de 35% do total da atividade antioxidante e não houve grandes diferenças entre as duas partes analisadas.

O conhecimento dos principais fatores que afetam a estabilidade dos antioxidantes possibilita maior prevenção ou redução de suas perdas durante a preparação dos alimentos e contribui para a maior retenção desses compostos (SCHEIBLER et al., 2010).

#### f) Fatores antinutricionais

Alguns tratamentos têm sido aplicados e estudados, objetivando a redução dos fatores antinutricionais em vegetais e o tratamento térmico é um dos mais discutidos na literatura (BENEVIDES et al., 2013). Além disso, na presença de água, a lixiviação de substâncias e a ação de outros compostos na redução de fatores antinutricionais podem ser facilitadas (NAVES et al., 2010).

Santos (2006b) avaliou o efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócolis, couve-flor e couve, e observou redução nos teores desses fatores com o aumento do tempo de cocção. O cozimento doméstico por 10 minutos promoveu reduções médias de 30% em nitratos.

Reações de nitritos com aminas secundárias e, em alguma extensão, com aminas primárias e terciárias, resultam na formação de n-nitrosaminas, as quais estão entre os compostos mais carcinogênicos formados em alimentos. Os nitritos reagem principalmente com os resíduos PRO, HIS, TRIP, ARG, TIR e CIS, sob elevada temperatura (COZZOLINO, 2012).

Quando são ingeridos alimentos indevidamente cozidos que contenham inibidores de tripsina, estes são capazes de bloquear a ação da tripsina, enzima proteolítica produzida pelo pâncreas, resultando em hipertrofia pancreática e perdas endógenas de aminoácidos essenciais (PISULEWSKA; PISULEWSKI,

2000). Portanto, esses fatores antinutricionais devem ser inativados termicamente e sua presença controlada (COZZOLINO, 2012).

Os inibidores proteolíticos, geralmente, são destruídos nas condições normais de cozimento, doméstico ou industrial dos alimentos, melhorando seu valor proteico (BENEVIDES et al., 2011; CARDOSO et al., 2007). Esses procedimentos são capazes de manter o perfil inibitório de enzimas relacionadas ao metabolismo proteico abaixo de 50%, considerada não significativa (KWON; APOSTOLIDIS; SHETTY, 2006).

Segundo Lajolo e Genovese (2002), métodos eficazes, como cozinhar até mesmo à pressão atmosférica ou sob pressão, são eficazes para a inativação da maior parte ou mesmo toda a atividade de inibidores da protease.

No entanto, embora sensíveis ao tratamento térmico, a utilização de temperaturas moderadas pode não ser suficiente para desnaturar tais inibidores, podendo haver manutenção da atividade inibitória (AL-WESALI et al., 1995).

A estabilidade térmica dos inibidores de proteases, como de *Kunitz* e de *Bowman-Birk*, principais tipos de inibidores de tripsina, depende de seu peso molecular e do grau de estabilização da conformação ativa por ligações dissulfeto. Inibidores de proteases do tipo *kunitz* são termolábeis ao passo que inibidores de *Bowman-Birk* mantêm-se estáveis sobre condições de processamento térmico e às variações de pH. Portanto, proteínas vegetais tratadas termicamente são, em geral, de melhor digestibilidade, apesar de conterem ainda algum resíduo do tipo *Bowman-Birk* (AL-WESALI et al., 1995; EICHER; SATTERLEE, 1988; SILVA; SILVA, 1999).

Vem, Matser e Berg (2005) verificaram que a inativação do inibidor de tripsina na soja processada só foi possível combinando-se o tratamento sob pressão com temperaturas mais elevadas (90% de inativação com menos de 2 minutos, a temperaturas entre 77 e 90 °C e pressões entre 750 e 525 Mpa). Conforme os autores, uma alternativa para maior redução da atividade do

inibidor de tripsina seria a utilização do seu cozimento em vapor a pressões elevadas (panela de pressão).

Del-Vechio et al. (2005) investigaram o efeito do tratamento térmico (cocção e tostagem) em sementes de abóboras (*Cucurbita* spp.) sobre os níveis de fatores antinutricionais e/ou tóxicos e constataram que o cozimento (água em ebulição por 10 minutos) acarretou diminuição nos níveis médios de inibidores de tripsina, apresentando-se mais eficiente que a tostagem.

Marques et al. (2014) avaliaram o potencial inibitório do extrato aquoso de lúpulo (*Humulus lupulus* L.) (1 g de amostra para 20 mL de água) e encontraram expressiva inibição da tripsina, uma importante protease digestiva. Em seguida, os autores analisaram a atividade inibitória do extrato exposto à ação de fluido gástrico simulado (simulação, *in vitro*, do processo de digestão no estômago), bem como ao efeito da temperatura. Na presença do fluido gástrico simulado (37 °C), a capacidade inibitória do extrato em relação à enzima tripsina aumentou significativamente, de aproximadamente 67%, na sua ausência, para 90%. Para o teste de resistência do inibidor frente ao tratamento térmico, os autores submetem o extrato de lúpulo às temperaturas de 37, 50, 70 e 95 °C e os percentuais de inibição da tripsina foram de, respectivamente, 67,5%, 61,5%, 69,5% e 75,3%.

Conforme o estudo da digestibilidade *in vitro* de compostos extraídos das folhas de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller) submetidas a 1 minuto de cocção, este tempo foi suficiente para a degradação de bandas relacionadas com inibidores de proteases. Entretanto, Pompeu et al. (2014) observaram que parte dos fatores antinutricionais não sofreu completa degradação, uma vez que visualizaram, por meio do método de eletroforese, a presença de bandas de proteína resistentes que ainda causavam inibição.

Ogbadoyi et al. (2006) avaliaram o efeito do processamento no conteúdo de oxalato em folhas de vegetais nigerianos e constataram que o aquecimento

(100°C/5min) e o descarte da água do tratamento contribuíram para a redução de 65% no teor de oxalato nesses produtos. Em outros trabalhos confirmou-se que o aquecimento de vegetais com posterior descarte da água de cocção reduz o conteúdo de oxalato nas amostras analisadas (ALBIHN; SAVAGE, 2001; LISIEWSKA et al., 2011).

Chai e Liebman (2005) avaliaram o efeito de diferentes métodos de cozimento em vegetais no conteúdo de oxalato e observaram que a fervura promoveu uma maior redução no teor desse fator antinutricional (30%-87%) e foi mais eficaz do que o cozimento em fogo brando (5%-53%) e o forneamento. Os autores afirmam que o emprego de métodos de cozimento reduz significativamente o conteúdo de oxalato e pode ser uma estratégia eficaz para diminuir oxalúria em indivíduos com predisposição para o desenvolvimento de pedras nos rins.

Com o objetivo de determinar a concentração de substâncias antinutricionais em maxixe e jiló, bem como estudar o efeito do processamento térmico sobre esses fatores, Benevides et al. (2013) realizaram um estudo. Estes autores observaram, após o tratamento térmico, redução na ordem de 17,4% e 8,4% de oxalatos e 6,4% e 11,6% de taninos, para maxixe e jiló, respectivamente, quando comparados às amostras *in natura*. A diferença no comportamento desses antinutrientes ocorre devido às suas diferentes características químicas e interações entre os nutrientes (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Quando o ácido oxálico se liga aos minerais sódio ou potássio, há a formação de sais solúveis e, nesta forma, é facilmente liberado dos alimentos, quando os mesmos são submetidos a processos de lixiviação, comportamento ainda mais favorecido pela elevação da temperatura (FERREIRA; ARÊAS, 2010).

Sugere-se que a alteração no teor de taninos esteja associada com a formação de complexos insolúveis com outros componentes do vegetal, como proteínas e minerais, que dificultam sua migração para o meio (DANIEL; CEMALUK, 2011) e/ou pelas alterações nos compostos da parede celular pela alta temperatura e devido à decomposição de compostos fenólicos (MECHI; CANIATTI-BRAZACA; VALTER, 2005).

De acordo com Ramírez-Cárdenas, Leonel e Costa (2006), a perda aparente de taninos induzida pela cocção não se deve a uma destruição química, mas a mudanças na solubilidade e na reatividade das moléculas que dificultam sua extração. Dessa forma, pode-se inferir que existe uma relação inversa entre o tempo de cozimento e o conteúdo de taninos no meio líquido, que poderia estar associado à formação de complexos moleculares entre taninos condensados e compostos afins (proteínas, oligossacarídeos e lipídios) que se depositam no caldo de cocção durante o processamento, os quais não podem ser extraídos e quantificados mediante técnicas analíticas (BARAMPANA; SIMARD, 1995).

Os efeitos de três métodos de cocção convencionais, branqueamento, ebulição e fritura sobre o conteúdo de taninos, em vegetais tailandeses selecionados, foram avaliados por Miglio et al. (2008), por espectrofotometria. A fritura e a ebulição causaram retenção de cerca de 58%-79% para 44%-93%. Embora o método de fervura convencional seja um método eficaz para reduzir o conteúdo de taninos em vegetais, também reduziu o teor de vitamina C.

Em estudo com brássicas, as hortaliças analisadas apresentaram redução média de 30% nos teores de taninos, após a aplicação do tratamento térmico (100 °C/10 min) (SANTOS, 2006b).

Segundo Nozella (2001), acima de 1 g 100 g<sup>-1</sup>, o teor de taninos é considerado elevado e prejudicial à digestibilidade de proteínas. De acordo Pino e Lajol (2003), a redução no teor desses compostos é muito favorável, pois este fator antinutricional tem a capacidade de reduzir drasticamente a digestibilidade

de proteínas, na proporção de 5:1, taninos/proteína, bem como precipitar esses nutrientes.

## REFERÊNCIAS

- ABDELWAHAB, S. I. Anticancer, antioxidant and antibacterial activities of different extracts of *Pereskia grandifolia* Haw. (Cactaceae). **Journal of Jazan University - Applied Sciences Branch**, Rajab, v. 2, n. 2, p. 20-27, 2013.
- ABREU, W. C.; BARCELOS, M. F. P. Atividade antioxidante total da polpa de tomate submetida ao processamento térmico doméstico em diferentes tempos. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 71-76, 2012.
- ACCORSI, W.; DOSOUTO, R. Ladainha comestível. **Revista Globo Rural**, São Paulo, v. 244, p. 2, 2006.
- AGOSTINI-COSTA, T. S. et al. Carotenoids profile and total polyphenols in fruits of *Pereskia aculeata* Miller. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 234-238, 2012.
- ALBIHN, P. B. E.; SAVAGE, G. P. The effect of cooking on the location and concentration of oxalate in three cultivars of New Zealand-grown oca (*Oxalis tuberosa* Mol). **Journal of the Science and Food Agriculture**, London, v. 81, n. 10, p. 1027-1033, Aug. 2001.
- ALBUQUERQUE, M. G. P. T.; SABAA-SRUR, A. U. O.; FREIMAN, L. O. Composição centesimal e escore de aminoácidos em três espécies de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill., *P. bleu* De Candolle e *P. pereskia* (L) Karsten). **Boletim SBCTA**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 7-12, 1991.
- ALMEIDA, M. E. F.; CORRÊA, A. D. Utilização de cactáceas do gênero *Pereskia* na alimentação humana em um município de Minas Gerais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 4, p. 751-756, abr. 2012.
- ALMEIDA, M. F. E. et al. Chemical characterization of the non-conventional vegetable known as ora-pro-nobis. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 431-439, 2014.
- ALMEIDA FILHO, J.; CAMBRAIA, J. Estudo do valor nutritivo do “ora-pro-nobis” (*Pereskia aculeata* Mill.). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 21, n. 114, p. 105-111, 1974.

ALVES, N. E. G. et al. Efeito dos diferentes métodos de cocção sobre os teores de nutrientes em brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica*). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 70, n. 4, p. 507-513, 2011.

AL-WESALI, M. et al. The influence of pea seed trypsin inhibitors on the *in vitro* digestibility of casein. **Journal of the Science and Food and Agriculture**, Oxford, v. 68, n. 4, p. 431-437, Apr. 1995.

AMERICAN INSTITUTE OF CANCER RESEARCH. **Healthy and wise: a guide to the simple lifestyle steps that can help minimise your and your loved ones' risk of cancer**. 2006. Disponível em: <<http://www.aicr.org.uk/Docs/HealthyWise.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

ANDERSON, E. F. **The cactus family**. Portland: Timber, 2001. 776 p.

ANDRADE, R. R. **Substrato e irrigação em ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill.)**. 2012. 90 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.

AQUINO, A. C. M. S. et al. Estudo da influência de diferentes tempos e métodos de cocção na estabilidade dos teores de clorofila e ácido ascórbico em brócolis (*Brassica oleracea*). **Scientia Plena**, Aracajú, v. 7, n. 1, p. 1-7, 2011.

ARIAS, S.; PÉREZ, M. E. V. Diversidad y distribución de las Cactáceas en Guatemala. In: CANO, E. (Ed.). **Biodiversidad de Guatemala**. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala, 2006. p. 229-238.

AYALA-ZAVALA, J. F. et al. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. **LWT - Food Science and Technology**, Trivandrum, v. 37, n. 7, p. 687-695, 2004.

BAKHARI, N. A. et al. The relationship between phenolic, tannin and flavonoid content with the antioxidant activity of *Pereskia bleo* (Kunth). In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE AND SOCIAL RESEARCH, 2010, Kuala Lumpur. **Proceedings...** Kuala Lumpur: CSSR, 2010. p. 494-498.

BANGASH, J. A. et al. Proximate composition, minerals and vitamins content fo selected vegetables grown in Peshawar. **Journal of Chemical Society of Pakistan**, Karachi, v. 33, n. 1, p. 118-122, Feb. 2011.

BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R. E. Effects of soaking, cooking and fermentation on composition, in-vitro starch digestibility and nutritive value of common beans. **Plant Foods for Human Nutrition**, Berlin, v. 48, n. 4, p. 349-365, 1995.

BARBOSA, C. K. R. et al. Manejo e conservação pós-colheita de *Pereskia aculeata* Mill. em temperatura ambiente. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, jul. 2012. Disponível em: <[http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev\\_6/A4597\\_T6664\\_Comp.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_6/A4597_T6664_Comp.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2015.

BARTHLOTT, W.; HUNT, D. R. Cactaceae. In: KUBIZTKI, K.; ROHWER, J. G.; BITTRICH, V. (Ed.). **The families and genera of vascular plants: flowering plants - Dicotyledons**. Berlin: Springer-Verlag, 1993. v. 2, p. 161-197.

BENEVIDES, C. M. J. et al. Effect of processing on oxalate and tannin levels in maxine (*Cucumis anguria* L.), eggplant (*Solanum gilo*), green bean (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) and andu bean (*Cajanus cajan* (L.) Mill SP). **Brazilian Journal of Food Nutrition**, Araraquara, v. 24, n. 3, p. 321-327, July/Sept. 2013.

BENEVIDES, C. M. J. et al. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 67-79, 2011.

BERNHARDT, S.; SCHLICH, E. Impact of different cooking methods on food quality: retention of lipophilic vitamins in fresh and frozen vegetables. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 77, n. 2, p. 327-333, 2006.

BOINK, A.; SPEIJERS, G. Health effect of nitrate and nitrites, a review. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 563, p. 29-36, 2001.

BOYE, J.; WIJESINHA-BETTONI, R.; BURLINGAME, B. Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 108, p. 183-211, Aug. 2012. Supplement 2.

BRAGA, D. L. **Anemia e deficiência de vitamina A em crianças brasileiras**. 2014. 125 f. Tese (Doutorado em Enfermagem) - Escola de Enfermagem, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de hortaliças não convencionais**. 2. ed. rev. Brasília, 2013. 99 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. **Manual de hortaliças não-convencionais**. Brasília, 2010. 92 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Alimentos regionais brasileiros**. 2. ed. Brasília, 2015. 484 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Coordenação-Geral de Alimentação e Nutrição. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed. Brasília, 2014. 156 p.

BUTTERWORTH, C. A.; WALLACE, R. S. Molecular phylogenetics of the leafy cactus genus *Pereskia* (Cactaceae). **Systematic Botany**, Kent, v. 30, n. 4, p. 800-808, 2005.

CAMPOS, M. F. et al. Determinação dos teores de vitamina C em hortaliças minimamente processadas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 3, p. 329-335, jul./set. 2008a.

CAMPOS, F. M. et al. Estabilidade de compostos antioxidantes em hortaliças processadas: uma revisão. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 4, p. 481-490, out./dez. 2008b.

CAMPOS-VEGA, R. et al. Chemical composition and *in vitro* polysaccharide fermentation of different beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 74, n. 7, p. 59-65, 2009.

CARDOSO, L. R. et al. Atividade de inibidores de proteases em linhagens de soja geneticamente melhoradas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 1, p. 19-26, 2007.

CARVALHO, E. G. et al. Wound healing properties and mucilage content of *Pereskia aculeata* from different substrates. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 24, n. 6, p. 677-682, nov./dez. 2014.

CASSETARI, L. S. **Teores de clorofila e  $\beta$ -caroteno em cultivares e linhagens de alface**. 2012. 67 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

CASTRO, N. C. C.; SCIO, E. The biological activities and chemical composition of *Pereskia* Species (Cactaceae): a review. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 69, n. 3, p. 189-195, Sept. 2014.

CENKOWSKI, S.; JAYAS, D. S. Potencial of in-field and low-temperature drying for reducing chlorophyll contents in canola (*Brassica napus* L). **Journal of Science in Food and Agriculture**, Bognor Regis, v. 63, n. 4, p. 377-383, 1993.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **Chronic disease prevention system**. Washington: U.S. Department of Health; Human Services, 2015. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

CHAI, W.; LIEBMAN, M. Effect of different cooking methods on vegetable oxalate content. **Journal of the Agriculture and Food Chemistry**, London, v. 53, n. 8, p. 3027-3030, 2005.

CHU, Y. H.; CHANG, C. L.; HSU, H. F. Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. **Journal of the Agriculture and Food Chemistry**, London, v. 80, n. 5, p. 561-566, 2000.

CONCEIÇÃO, M. C. **Otimização do processo de extração e caracterização da mucilagem de ora-pro-nóbis (*Pereskia aculeata* Miller)**. 2013. 121 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

CORREIA, L. F. M.; FARAONI, A. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 1, p. 83-95, 2008.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 4. ed. Barueri: Manole, 2012. 1368 p.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DANIEL, C. N.; CEMALUK, G. A. C. Effect of boiling and roasting on some anti-nutrient factors of asparagus bean (*Vigna sesquipedalis*) flour. **African Journal of Food Science and Technology**, Brisbane, v. 2, n. 3, p. 75-78, Mar. 2011.

DAYRELL, M. S.; VIEIRA, E. C. Leaf protein concentrate of the Cactaceae *Pereskia aculeata* part 1 extraction and composition. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 15, p. 529-537, 1977a.

DAYRELL, M. S.; VIEIRA, E. C. Leaf protein concentrate of the Cactaceae *Pereskia aculeata* part 2 nutritive value. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 15, p. 539-545, 1977b.

DEL-VECHIO G. et al. Efeito do tratamento térmico em sementes de abóboras (*Cucurbita* spp.) sobre os níveis de fatores antinutricionais e/ou tóxicos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 369-376, mar./abr. 2005.

DOETSCH, P. W.; CASSADY, J. M.; MCLAUGHLIN, J. L. Cactus alkaloids: XL., identification of mescaline and other  $\beta$ -phenethylamines in *Pereskia*, *Peresklopsis* and *Islaya* by use of fluorescamine conjugates. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 189, n. 1, p. 79-85, 1980.

DUARTE, M. R.; HAYASHI, S. S. Estudo anatômico de folha e caule de *Pereskia aculeata* Mill. (Cactaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v. 15, n. 2, p. 103-109, 2005.

DZIEDZIC, K. et al. Influence of technological process during buckwheat groats production on dietary fiber content and sorption of bile acids. **Food Research International**, Barking, v. 47, n. 2, p. 79-283, Dec. 2012.

EDWARDS, E. J.; DIAZ, M. Ecological physiology of *Pereskia guamacho*, a cactus with leaves. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 29, n. 2, p. 247-256, Feb. 2006.

EDWARDS, E. J.; DONOGHUE, M. J. *Pereskia* and the origin of the cactus life-form. **The American Naturalist**, Chicago, v. 167, n. 6, p. 777-793, June 2006.

EDWARDS, E. J.; NYFELER, R.; DONOGHUE, M. J. Basal cactus phylogeny: implications of *Pereskia* (Cactaceae) paraphyly for the transition to the cactus life form. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 92, n. 7, p. 1177-1188, July 2005.

EICHER, N. J.; SATTERLEE, L. D. Nutritional quality of Great Northern bean proteins processed at varying pH. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, p. 1139-1143, 1988.

ENCICLOPÉDIA agrícola brasileira: I-M. São Paulo: EdUSP, 2004. v. 4.

ER, H. M.; LEE, H. L.; RADHAKRISHNAN, A. K. Antiproliferative and antioxidant properties of leaf extracts of *Pereskia bleo* (Cactaceae) and their ability to limit natural and oxidant-induced apoptotic cell death. **Journal of Science and Technology in the Tropics**, Selangor Darul Ehsan, v. 6, n. 1, p. 31-38, 2010.

ESPÍNDOLA, F. S. **Fracionamento dos vegetais verdes e obtenção de concentrados proteicos de folhas (CPF) para suplementação de alimentos e ração animal, com aproveitamento dos subprodutos**. 1987. 130 f. Monografia (Especialização em Ciências da Saúde) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1987.

EYZAGUIRRE, P. B.; PADULOSI, S.; HODGKIN, T. IPGRI's strategy for neglected and underutilized species and the human dimension of agrobiodiversity. In: REPORT OF THE IPGRI CONFERENCE, 1998, Aleppo. **Proceedings...** Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1999.

FARAGO, P. V. et al. Leaf morpho-anatomical analysis of *Pereskia grandifolia* Haw., Cactaceae. **Latin American Journal of Pharmacy**, Buenos Aires, v. 23, n. 3, p. 323-327, abr. 2004.

FERREIRA, R. C. et al. Plantas Alimentares Não-Convencionais-PANS. **Anuário da Produção de Iniciação Científica Discente**, Anápolis, v. 14, n. 22, 2010.

FERREIRA, T. A.; ARÊAS, J. A. G. Calcium bioavailability of raw and extruded amaranth grains. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 532-538, 2010.

FLYMAN, M. V.; AFOLAYAN, A. J. The suitability of wild vegetables for alleviating human dietary deficiencies. **South African Journal of Botany**, Brisbane, v. 72, n. 4, p. 492-497, Nov. 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Expert consultation on protein and amino acid requirements in human nutrition**. Geneva, 2002. 265 p. (WHO Technical Report Series, 935).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Plants biodiversity for a world without hunger**. Rome, 2010. Disponível em: <<http://www.fao.org/biodiversity/components/plants/it/>>. Acesso em: 16 mar. 2015.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 10. ed. São Paulo: Atheneu, 2004. 307 p.

FRIEDMAN, M.; BRANDON, D. L. Nutritional and health benefits of soy proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 3, p. 1069-1086, Mar. 2001.

GALGANO, F. et al. The influence of processing and preservation on the retention of health-promoting compounds in broccoli. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 72, n. 2, p. 130-135, 2007.

GASPAROTTO JÚNIOR, A. Espécies medicinais com potencial para o tratamento de doenças cardiovasculares. **Revista de Fitoterapia**, Lisboa, v. 12, n. S1, p. 299, 2012.

GIRÃO, L. V. C. et al. Avaliação da composição bromatológica de ora-pro-nobis. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, jul. 2003. Suplemento 2. Disponível em: <<http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/pmfi5000c.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

GOMES, A. S. **Determinação da digestibilidade proteica *in vitro* de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill)**. 2010. 38 p. Monografia (Graduação em Nutrição) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2010.

GRIFFITHS, D. W.; BIRCH, A. N. E.; HILLMAN, J. R. Antinutritional compounds in the *Brassicaceae*: analysis, biosynthesis, chemistry and dietary effects. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Invergowrie, v. 73, n. 1, p. 1-18, 1998.

GUADAGNIN, S. G. **Avaliação do teor de nitrato em hortaliças folhosas produzidas por diferentes sistemas de cultivo**. 2004. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

GUERRA, M. E. C.; MEDEIROS FILHO, S.; GALLÃO, M. I. Morfologia de sementes de plântulas e da germinação de *Copaifera langsdorfu* Desf. **Cerne**, Campinas, v. 12, n. 4, p. 322-328, 2006.

GUERRERO, J. L. G. et al. Mineral nutrient composition of edible wild plants. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 11, n. 4, p. 322-328, 1998.

GUIMARÃES, H. E. T. et al. Cultivo e avaliação do teor proteico das folhas de *Pereskia aculeata*. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA CESUMAR, 6., 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: Cesumar, 2009. p. 1-5.

GUPTA, S. et al. Gupta Analysis of nutrient and antinutrient content of underutilized green leafy vegetables. **LWT - Food Science and Technology**, Trivandrum, v. 38, n. 4, p. 339-345, June 2005.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicals in biology and medicine**. 4<sup>th</sup> ed. Oxford: Clarendon, 2007. 704 p.

HEATON, J. W.; MARANGONI, A. G. Chlorophyll degradation in processed foods and senescent plant tissues. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 7, n. 1, p. 8-15, Jan. 1996.

HES, M. et al. Effect of boiling in water of barley and buckwheat groats on the antioxidant properties and dietary fiber composition. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 69, n. 3, p. 276-282, June 2014.

INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE. **Strategic framework for underutilized plant species research and development**. Sri Lanka: Global Facilitation Unit for Underutilized Species, 2006. 40 p.

INTERNATIONAL PLANT GENETIC RESOURCES INSTITUTE. **Unidad de Facilitación Global para Especies Subutilizadas**. 2007. Disponível em: <[http://www.underutilized-species.org/documents/PUBLICATIONS/gfu\\_spanish.pdf](http://www.underutilized-species.org/documents/PUBLICATIONS/gfu_spanish.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2014.

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

JAN, G. et al. Nutritional analysis, micronutrients and chlorophyll contents of *Cichoriumintybus* L. **Journal of Medicinal Plants Reserch**, Ebène, v. 5, n. 12, p. 2452-2456, 2011.

JOHNSON-FLANAGAN, A. M.; THIAGARAJAH, M. R. Degreening in canola (*Brassica napus*, c.v. Westar) embryos under optimum conditions. **Journal of Plant Physiology**, Jena, v. 136, p. 180-186, 1990.

JORDÃO, R. E.; BERNARDI, J. L. D.; BARROS FILHO, A. A. Prevalência de anemia ferropriva no Brasil: uma revisão sistemática. **Revista Paulista de Pediatria**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 90-98, set. 2009.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Antioxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. **International Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 37, n. 2, p. 153-161, 2002.

KAWASHIMA, L. M.; VALENTE SOARES, L. M. Efeito do tempo de branqueamento na extração seletiva de elementos minerais do substituto de espinafre (*Tetragonia expansa*) comumente empregado no Brasil. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 419-424, 2005.

KINUPP, V. F. Plantas alimentícias alternativas no Brasil: uma fonte complementar de alimento e renda. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 333-336, nov. 2006.

KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. Teores de proteína e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 846-857, 2008.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. Nova Odessa: Plantarum, 2014. 768 p.

KWON, Y. I.; APOSTOLIDIS, E.; SHETTY, K. Inhibitory potential of wine and tea against  $\alpha$ -glucosidase for management of hyperglycemia linked to type 2 diabetes. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v. 32, n. 1, p. 15-31, 2006.

LAJOLO, I. E.; GENOVESE, M. I. Nutritional significance of lectins and enzyme inhibitors from legumes. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 22, p. 6592-6598, Sept. 2002.

LARRAURI, J. A. New approaches in the preparation of high dietary fine powders from fruit by-products. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 10, n. 1, p. 3-8, Jan. 1999.

LATTIMER, J.; HAUB, D. Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. **Nutrients**, Manhattan, v. 2, n. 12, p. 1266-1289, Dec. 2010.

LETERNE, P. et al. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain Forest of Colombia. **Food Chemistry**, Oxford, v. 95, n. 4, p. 644-652, 2006.

LEUENBERGER, B. E. Leaf-bearing cacti (Genus *Pereskia*) in cultivation. **Cactus and Succulent Journal**, Claremont, v. 64, n. 5, p. 247-263, 1992.

LIMA-PALLONE, J. A.; CATHARINO, R. R.; GODOY, H. T. Folatos em brócolis convencional e orgânico e perdas no processo de cocção em água. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 530-535, 2008.

LIMA-JUNIOR, F. A. et al. Response surface methodology for optimization of the mucilage extraction process from *Pereskia aculeata* Miller. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 33, n. 1, p. 38-47, Aug. 2013.

LIN, C. H.; CHANG, C. Y. Textural change and antioxidant properties of broccoli under different cooking treatments. **Food Chemistry**, Oxford, v. 90, n. 1/2, p. 9-15, 2005.

LISIEWSKA, Z. et al. Amino acid profile of raw and as-eaten products of spinach (*Spinacia oleracea* L.). **Food Chemistry**, Oxford, v. 126, n. 2, p. 460-465, May 2011.

LISIEWSKA, Z.; KMIĘCIK, W.; KORUS, A. The amino acid composition of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), fresh and after culinary and technological processing. **Food Chemistry**, Oxford, v. 108, n. 2, p. 642-648, Aug. 2008.

LOPES, C. O. et al. Aproveitamento, composição nutricional e antinutricional da farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 669-675, 2009.

MADRUGA, M. S. et al. Avaliação nutricional de uma dieta suplementada com multimistura: estudo em ratos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 129-133, 2004.

MAGALHÃES, R. de O. et al. Avaliação físico-química de folhas de ora-pro-nobis obtidas de plantas catalogadas no município de Uberlândia, MG. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 1., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: IFTM, 2011. p. 4.

MARQUES, T. R. et al. Inibição de enzimas digestivas por pellets de lúpulo (*Humulus lupulus* L.). **Revista Brasileira de Biociência**, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 183-187, out./dez. 2014.

MARTINEVSKI, C. S. et al. Utilização de Bertalha (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) e Ora-Pro-Nobis (*Pereskia aculeata* Mill.) na elaboração de pães. **Brazilian Journal Food and Nutrition**, Araraquara, n. 24, p. 255-370, 2013.

MASSEY, L. K. Food oxalate: factors affecting measurement, biological variation, and bioavailability. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 107, n. 7, p. 1191-1194, 2007.

MAZIA, R. S.; SARTOR, C. F. P. Influência do tipo de solo usado para o cultivo de *Pereskia aculeata* sobre propriedade proteica. **Revista Saúde e Pesquisa**, Maringá, v. 5, n. 1, p. 59-65, 2012.

MECHI, R.; CANIATTI-BRAZACA, S. G.; VALTER, A. Avaliação química, nutricional e fatores antinutricionais de feijão preto (*Phaseolus vulgaris*, L.) irradiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 109-114, jan./mar. 2005.

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

MERCÊ, A. L. R. et al. Complexes of arabinogalactan of *Pereskia aculeata* and  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  and  $\text{Ni}^{2+}$ . **Bioresource Tecnologia**, Barking, v. 76, n. 1, p. 29-37, 2001a.

MERCÊ, A. L. R. et al. Fe (III) Galactomannan solid and aqueous complexes: potentiometric, EPR spectroscopy and thermal data. **Journal of Brazilian Chemical Society**, Campinas, v. 12, n. 6, p. 791-798, 2001b.

MIGLIO, C. et al. Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 1, p. 139-147, Jan. 2008.

MILLER, D. D. Minerals. In: FENNEMA, O. R. (Ed.). **Food chemistry**. New York: M. Dekker, 1996. p. 618-649.

MISSOURI BOTANICAL GARDEN DATABASE. **Global mapper.**

Disponível em: <<http://www.discoverlife.org>>. Acesso em: 10 set. 2015.

MORAES, F. A. et al. Perdas de vitamina C em hortaliças durante o armazenamento, preparo e distribuição em restaurantes. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 51-62, jan. 2010.

MORAN, V. C.; ZIMMERMANN, H. G. Biological control of cactus weeds of minor importance in South Africa. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 37, n. 1/3, p. 37-55, Oct. 1991.

MORAWICKI, R. O.; SCHMALKO, M. E.; KANZIG, R. G. Chlorophyll stability in yerba maté leaves in controlled atmospheres. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 42, n. 1, p. 85-90, 1999.

MOREIRA, T. R. **Análise de perdas de minerais em hortaliças submetidas a dois métodos de cocção.** 2006. 32 p. Monografia (Graduação em Nutrição) - Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, 2006.

NASSAR, J. M.; HAMRICK, J. L.; FLEMING, T. H. Allozyme diversity and genetic structure of the leafy cactus (*Pereskia guamacho* Cactaceae). **Journal of Heredity**, Cary, v. 93, n. 3, p. 193-200, May/June 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids: macronutrients.** Washington: The National Academies, 2005. Disponível em: <[http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=10490#toc](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=10490#toc)>. Acesso em: 10 fev. 2015.

NAVES, L. P. et al. Componentes antinutricionais e digestibilidade proteica em sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*) submetidas a diferentes processamentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 180-184, 2010.

NOZELLA, E. F. **Determinação de taninos em plantas com potencial forrageiro para ruminantes.** 2001. 58 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2001.

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO.** 4. ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 161 p.

ODHAV, B. et al. Preliminary assessment of nutritional value of traditional leafy vegetables in KwaZulu-Natal, South Africa. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 20, n. 5, p. 430-435, 2007.

OGBADOYI, E. O. et al. The effect of processing and preservation methods on the oxalate levels of some Nigerian leafy vegetables. **Biokemistri**, Abuja, v. 18, n. 2, p. 121-125, Dec. 2006.

OLIVEIRA, D. C. S. et al. Composição mineral e teor de ácido ascórbico nas folhas de quatro espécies olerícolas não-convencionais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 3, p. 472-475, jul./set. 2013.

OLIVEIRA, L. M. D. et al. Aproveitamento de frutos de ora-pro-nobis para elaboração de geleia. In: MOSTRA CIENTÍFICA DO INSTITUTO FEDERAL DO TRIANGULO MINEIRO, 4., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: IFTM, 2011. p. 1-4.

OLIVEIRA, T. A. et al. Efeito do revestimento de tomate com biofilme na aparência e perda de massa durante o armazenamento. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 1, p. 230-234, jan./mar. 2011.

ORNELLAS, L. H.; KAJISHIMA, S.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. **Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos**. 8. ed. São Paulo: Atheneu, 2007. 276 p.

OU, B. et al. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity ORAC and ferric reducing antioxidant power FRAP assays: a comparative study. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 11, p. 3122-3128, Apr. 2002.

PELLEGRINI, N. et al. Effect of different cooking methods on color, phytochemical concentration, and antioxidant capacity of raw and frozen brassica vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 58, n. 7, p. 4310-4321, 2010.

PHILIPPI, S. T. **Nutrição e técnica dietética**. 2. ed. Barueri: Manole, 2006. 424 p.

PIETTA, P. G. Flavonoids as Antioxidants. **Journal of Natural Products**, Cincinnati, v. 63, n. 7, p. 1035-1042, 2000.

- PIGOLI, D. R. **Alterações nutricionais em hortaliças decorrentes de diferentes métodos de cozimento**. 2012. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônomicas) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.
- PINO, V. H. D.; LAJOL, F. M. Efecto inhibitorio de los taninos del frijol carioca (*Phaseolus vulgaris* L.), sobre la digestibilidad de la paseolina por dos sistemas multienzimaticos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 49-53, 2003.
- PINTO, N. A. V. D. et al. Variabilidade da composição centesimal, vitamina C, ferro e cálcio de partes da folha de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, n. 3, p. 205-208, set./dez. 2001.
- PINTO, N. A. V. D.; VILAS BOAS, B. M.; CARVALHO, V. D. Caracterização mineral das folhas de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 57-61, jan./mar. 1999.
- PINTO, N. C. C. et al. Cytotoxic and antioxidant activity of *Pereskia aculeata* Miller. **Pharmacologyonline**, Salerno, v. 3, p. 63-69, Dec. 2012.
- PISULEWSKA, E.; PISULEWSKI, P. M. Trypsin inhibitor activity of legume seeds (peas, chickling vetch, lentils, and soya beans) as affected by the technique of harvest. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 86, n. 3, p. 261-265, Aug. 2000.
- PODSEDEK, A. Natural antioxidants capacity of brassica vegetables: a review. **Food Science and Technology**, London, v. 40, n. 1, p. 1-11, 2007.
- POMPEU, D. G. et al. Anti-nutritional factors and “*in vitro*” digestibility of leaves of *Pereskia aculeata* Miller. **BBR - Biochemistry and Biotechnology Reports**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 1-9, Jan./July 2014.
- PORTO, M. R. A. **Caracterização físico-química e comportamento reológico da polpa do fruto de *Cereus hildmannianus***. 2009. 94 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.
- PUUPPONEN-PIMIÄ, R. et al. Blanching and longterm freezing affect various bioactive compounds of vegetables in different ways. **Journal of the Science and Food Agriculture**, London, v. 83, n. 14, p. 1389-1402, Nov. 2003.

QUEIROZ, C. R. A. A. **Cultivo e composição química de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill.) sob déficit hídrico intermitente no solo.** 2012. 144 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.

RAJU, M. et al. Carotenoid composition and vitamin A activity of medicinally important green leafy vegetables. **Food Chemistry**, Oxford, v. 101, n. 4, p. 1598-1605, 2007.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A. J.; COSTA, N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 200-213, jan./mar. 2008.

REDY, M. B.; LOVE, M. The impact of food processing on the nutritional quality of vitamins and minerals. **Impact of Processing on Food Safety**, Chicago, v. 459, p. 99-106, 1999.

ROCHA, D. R. da C. et al. Macarrão adicionado de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller) desidratado. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 4, p. 459-465, out./dez. 2008.

ROY, M. K. et al. Antioxidant potential, anti-proliferative activities, and phenolic content in water-soluble fractions of some commonly consumed vegetables: effects of thermal treatment. **Food Chemistry**, Oxford, v. 103, n. 1, p. 106-114, 2007.

SAHU, N. P.; BANERJI, N.; CHAKRAVARTI, R. N. A new saponin of oleanolic-acid from *Pereskia grandifolia*. **Phytochemistry**, Oxford, v. 13, p. 529-530, 1974.

SALAZAR, J. et al. Chemical composition and antinutritional factors of *Lycianthes synanthera* leaves (chomte). **Food Chemistry**, Oxford, v. 97, n. 2, p. 343-348, July 2006.

SALT, T. A.; TOCKER, J. E.; ADLER, J. H. Dominance of  $\Delta^5$ -sterols in eight species of the cactaceae. **Phytochemistry**, New York, v. 26, n. 3, p. 731-733, 1987.

SANT'ANA, L. F. R. et al. Valor nutritivo e fatores antinutricionais de multimisturas utilizadas como alternativa alimentar. **Brazilian Journal of Food Technology**, Chicago, v. 3, n. 45, p. 129-135, 2000.

SANTOS, C. M. S. et al. Uso e percepções da alimentação alternativa nos Estados da Bahia: um estudo preliminar. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 14, p. 35-40, 2001.

SANTOS, G. M. et al. Catalogação de ora-pro-nobis em cultivo no município de Uberlândia, MG. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 1., 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: IFTM, 2011a. p. 4.

SANTOS, L. A. et al. Caracterização de isolados *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris* de sistemas de produção orgânico e reação de brássicas à podridão-negra. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 486-491, out./dez. 2008.

SANTOS, L. S. et al. Produção de licor de frutos de ora-pro-nobis. In: MOSTRA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS, 2011, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: IFTM, 2011b. p. 1-4.

SANTOS, M. A. T. Efeito de cozimento sobre alguns fatores nutricionais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 294-301, mar./abr. 2006a.

SANTOS, M. A. T. Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócolis, couve-flor e couve. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 294-301, mar./abr. 2006b.

SANTOS, M. A. T.; ABREU, C. M. P.; CARVALHO, V. D. Efeito de diferentes tempos de cozimento nos teores de minerais em folhas de brócolis, couve-flor e couve (*Brassica oleracea* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 597-604, maio/jun. 2003.

SARTOR, C. F. P. et al. Estudo da ação cicatrizante das folhas de *Pereskia aculeata*. **Revista Saúde e Pesquisa**, Maringá, v. 3, n. 2, p. 149-154, 2010.

SCHEIBLER, J. et al. Quantificação de micronutrientes em vegetais submetidos a diferentes métodos de cocção para doente renal crônico. **ConsScientiae Saúde**, São Paulo, v. 9, n. 4, p. 549-555, 2010.

SCHEINVAR, L. **Flora Ilustrada Catarinense: Cactaceas**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1995. v. 1, 377 p.

SCHROEDER, N.; MARQUART, L. F.; GALLAHER, D. D. The role of viscosity and fermentability of dietary fibers on satiety- and adiposity-related hormones in rats. **Nutrients**, Saint Paul, v. 5, n. 6, p. 2093-2113, 2013.

SCHWARTZ, S. J.; LORENZO, T. V. Chlorophylls in foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 29, n. 1, p. 1-17, 1990.

SENSOY, I. et al. Effect of processing on buckwheat phenolics and antioxidant activity. **Food Chemistry**, Oxford, v. 99, n. 2, p. 388-393, 2006.

SHAMI, N. J. I.; MOREIRA, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 227-236, mar./abr. 2004.

SHARIF, K. M. et al. Pharmacological relevance of primitive leafy cactuses pereskia. **Research Journal of BioTechnology**, Oklahoma, v. 8, n. 12, p. 134-142, 2013.

SIERAKOWSKI, M. R. et al. Location of *O*-acetyl groups in the heteropolysaccharide of the cactus *Pereskia aculeata*. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v. 201, n. 2, p. 277-284, 1990.

SIERAKOWSKI, M. R. et al. Some structural features of a heteropolysaccharide from the leaves of the cactus *Pereskia aculeata*. **Phytochemistry**, Oxford, v. 26, n. 6, p. 1709-1713, 1987.

SILVA, D. B. da et al. Proteína bruta e teor de minerais em duas espécies de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill. e *P. grandifolia* Haw). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GASTRONOMIA, 3.; SIMPÓSIO REGIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 1., 2010, Brasília. **Anais...** Brasília: UnB, 2010. p. 1-4.

SILVA, D. O. **Avaliação do crescimento e desenvolvimento de ratos tratados com *Pereskia aculeata*, Miller.** 2012. 64 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Alimentos) - Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

SILVA, J. G. M. et al. Xiquexique (*Pilosocereus gounellei* (A. Weber ex K. Schum.) Bly. Ex Rowl.) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) na alimentação de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 1408-1417, 2005.

SILVA, M. R. et al. Caracterização química e antinutricional de farinhas de hortaliças não-convencionais. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 7, n. 3, p. 51-57, set. 2013.

- SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de Nutrição de Campinas**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 5-19, jan./abr. 1999.
- SILVA-JÚNIOR, A. A. da et al. Pão de ora-pro-nobis - um novo conceito de alimentação funcional. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 23, n. 1, p. 35-37, 2010.
- SILVA SOBRINHO, S. da et al. Emulsified cooked sausages enriched with flour from ora-pro-nobis leaves (*Pereskia aculeata* Miller). **International Food Research Journal**, Selangor, v. 22, n. 1, p. 318-323, 2015.
- SIM, K. S.; SRI NURESTRI, A. M.; NORHANOM, A. W. Phenolic content and antioxidant activity of crude and fractionated extracts of *Pereskia bleo* (Kunth) DC. (Cactaceae). **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, Lagos, v. 4, n. 5, p. 193-201, 2010a.
- SIM, K. S.; SRI NURESTRI, A. M.; NORHANOM, A. W. Phenolic content and antioxidant activity of *Pereskia grandifolia* Haw. (Cactaceae) extracts. **Pharmacognosy Magazine**, Mumbai, v. 6, n. 23, p. 248-254, 2010b.
- SOUSA, R. M. F. et al. Atividade antioxidante de extratos de folhas de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill.) usando métodos espectrofotométricos e voltamétricos *in vitro*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 448-457, jun. 2014. Suplemento.
- SOUZA, L. F. **Aspectos fitotécnicos, bromatológicos e componentes bioativos de *Pereskia aculeata*, *Pereskia grandifolia* e *Anredera cordifolia***. 2014. 113 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.
- SOUZA, M. R. M. et al. O potencial do ora-pro-nobis na diversificação da produção agrícola familiar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 3550-3554, nov. 2009.
- SQUENA, A. P. et al. Análise morfoanatômica de partes vegetativas aéreas de *Pereskia aculeata* Mill., Cactaceae. **Cadernos da Escola de Saúde**, Curitiba, v. 8, n. 8, p. 189-207, 2009.
- SRI NURESTRI, A. M.; SIM, K. S.; NORHANOM, A. W. Phytochemical and cytotoxic investigations of *Pereskia grandifolia* Haw (Cactaceae) leaves. **Journal of Biological Sciences**, Singapore, v. 9, n. 5, p. 488-493, 2009.

SULTANA, B.; ANWAR, F.; IQBAL, S. Effect of different cooking methods on the antioxidant activity of some vegetables from Pakistan. **International Journal of Food Science & Technology**, Oxford, v. 43, n. 3, p. 560-567, 2008.

TAKEITI, C. Y. et al. Nutritive evaluation of a non-conventional leafy vegetable (*Pereskia aculeata* Miller). **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Hants, v. 60, n. 1, p. 148-160, Aug. 2009.

TANNENBAUM, S. R.; YOUNG, V. R.; ARCHER, M. C. Vitaminas y minerales. In: FENNEMA, O. R. (Ed.). **Química de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1993. p. 537-613.

TAYLOR, N. P. et al. **Cactaceae in lista de espécies da flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB1636>>. Acesso em: 8 jun. 2015.

TORRES, G. F. et al. Efeito do processo hidrotérmico sobre o teor de fibra alimentar em hortaliças. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 2, p. 337-346, jul./dez. 2006.

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

TURRA, A. F. et al. Avaliação das propriedades antioxidantes e susceptibilidade antimicrobiana de *Pereskia grandifolia* Haworth (Cactaceae). **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, Cascavel, v. 11, n. 1, p. 9-14, 2007.

VEM, C. V. D.; MATSER, A. M.; BERG, R. W. V. D. Inactivation of soybean trypsin inhibitors and lipoxygenase by high-pressure processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 53, n. 4, p. 1087-1092, Apr. 2005.

VIEIRA, D. A. et al. Avaliação da atividade antioxidante das folhas de acerola, guabiroba e ora-pro-nobis. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, Campo Mourão, v. 1, n. 2, p. 129-134, jul./dez. 2010.

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

WACHTEL-GALOR, S.; WING WONG, K.; BENZIE, I. F. F. The effect of cooking on *Brassica* vegetables. **Food Chemistry**, Oxford, v. 110, n. 3, p. 706-710, Oct. 2008.

WANG, S. H. et al. Technological and sensory characteristics of noodles fortified with different contents of a flour made with ora-pro-nobis *Pereskia aculeata* Mill.). **Alimentaria**, Bogota, n. 276, p. 91-96, 1996.

WILLS, R. et al. **Postharvest**: an introduction to the physiology & handling of fruit, vegetables & ornamentals. 4<sup>th</sup> ed. Wallingford: New South Wales University Press, 2004. 262 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Data world health statistics 2013**. Geneva, 2013. 167 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases**: joint WHO/FAO expert consultation. Geneva, 2003. (WHO Technical Report Series, 916). Disponível em: <[http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO\\_TRS\\_916.pdf](http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_916.pdf)>. Acesso em: 10 nov. 2014.

ZHANG, D.; HAMAUZU, Y. Phenolics ascorbic acid carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. **Food Chemistry**, Oxford, v. 88, n. 4, p. 503-509, Dec. 2004.

## SEGUNDA PARTE

### ARTIGO 1

#### IMPACTO NUTRICIONAL AVALIADO POR ESCALONAMENTO MULTIDIMENSIONAL DE HORTALIÇAS DO GÊNERO *Pereskia* TRATADAS TERMICAMENTE

#### RESUMO

O ora-pro-nobis é uma hortaliça não convencional com alto valor proteico, compostos bioativos e propriedades antioxidantes, consumida *in natura* ou após tratamento térmico. O perfil de ácidos orgânicos, obtido por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) e o efeito de diferentes meios e tempos de cocção sobre o teor de componentes químicos e ação antioxidante das espécies *P. grandifolia* Haworth e *P. aculeata* Miller foram investigados por meio de técnicas multivariadas. A ação antioxidante total (AAT) dos extratos foliares foi avaliada por meio da atividade sequestradora de radicais livres DPPH e sistema de cooxidação do  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico. Todas as amostras analisadas demonstraram alto percentual proteico e de fibra alimentar total, destacando-se a fração insolúvel. Dentre os ácidos orgânicos complexantes de minerais predominaram os ácidos oxálico e fítico. As espécies foram bem discriminadas conforme o conteúdo mineral, maior nas folhas cruas de ambas as espécies. O teor de fenólicos totais associou-se à maior capacidade do extrato foliar das cactáceas de eliminação de radicais DPPH. Os maiores teores desses compostos e a maior AAT, expressa pelos métodos DPPH e sistema de cooxidação do  $\beta$ -caroteno, foram apresentados pela espécie *P. aculeata*, nos primeiros minutos de cocção úmida, enquanto, em folhas processadas termicamente da espécie *P. grandifolia* Haworth, não foram observadas diferenças marcantes nestes parâmetros.

Palavras-chave: Ora-pro-nobis. Ácidos orgânicos. Minerais. Fenólicos. Atividade antioxidante. Cocção. Hortaliças não convencionais.

## 1 INTRODUÇÃO

Estudos epidemiológicos têm indicado que a ingestão adequada de vegetais está associada à redução de riscos de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) e o efeito protetor é atribuído, em parte, à presença de compostos bioativos e suas propriedades antioxidantes, como vitaminas C e E, fenólicos, carotenoides, diretamente correlacionados aos níveis de clorofila, e, ainda, fibra alimentar e minerais (PODSEDEK, 2007; SIMÃO et al., 2015). Ácidos orgânicos também são encontrados em grande quantidade em vegetais, podem comportar-se como antioxidantes preventivos ou sinérgicos e, com exceção dos ácidos fítico e oxálico, podem melhorar a absorção do ferro não heme dos alimentos de origem vegetal (NAWIRSKA-OLSZAŃSKA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2008).

Vegetais do gênero *Pereskia* têm sido estudados por suas propriedades nutricionais e bioativas (CASTRO; SCIO, 2014). As espécies *Pereskia grandifolia* Haworth e *Pereskia aculeata* Miller, popularmente conhecidas como ora-pro-nobis, são hortaliças folhosas não convencionais, de sabor agradável e fácil preparo. Diferenciam-se das hortaliças convencionais pela maior facilidade de cultivo em diferentes biomas e não degradação do ambiente, alta tolerância ao déficit hídrico e produtividade, além da baixa incidência de pragas e doenças (DUARTE; HAYASHI, 2005; EDWARDS; DONOGUE, 2006; KINUPP; BARROS, 2008). Dada a sua importância, ações de resgate e estímulo à utilização das hortaliças não convencionais vêm sendo propostas pelo *International Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI) (KINUPP; LORENZI, 2014).

As espécies hortícolas *P. grandifolia* e *P. aculeata* mostram-se fontes alimentícias promissoras devido à segurança de consumo e riqueza no teor de proteínas, fibra alimentar (mucilagem), vitamina C, minerais (ferro e cálcio) e

compostos fenólicos (ABDELWAHAB, 2013; ALMEIDA et al., 2014; CARVALHO et al., 2014; KAZAMA et al., 2012; MERCÊ et al., 2001; SIM; SRI NURESTRI; NORHANOM, 2010; SOUSA et al., 2014; TAKEITI et al., 2009).

Folhas de ora-pro-nobis podem ser consumidas *in natura* ou coccionadas, em refogados, sopas e omeletes ou, ainda, em pó, para agregar valor nutricional a produtos aos quais são adicionadas, como pães, massas alimentícias, salsichas e outras formulações de baixo custo (MARTINESVISKI et al., 2013; ROCHA et al., 2008; SILVA-JUNIOR et al., 2010; SILVA SOBRINHO et al., 2015).

Em situação rotineira de preparo, folhas de ora-pro-nobis podem apresentar perdas de nutrientes pela ação do calor e de compostos hidrossolúveis, pela lixiviação, além da redução ou elevação do seu potencial antioxidante, bem como a formação de novos compostos com atividade antioxidante ou pró-oxidante (CAMPOS et al., 2008).

Tratando-se de um grande número de variáveis que se correlacionam e devem ser analisadas em forma conjunta, optou-se pela utilização da análise multivariada de escalonamento multidimensional (EMD) como metodologia exploratória dos dados e melhor interpretação dos resultados.

Diante do exposto, este trabalho foi realizado com os objetivos de caracterizar físico-quimicamente as folhas das espécies de cactáceas comestíveis do gênero *Pereskia*, *P. grandifolia* Haworth e *P. aculeata* Miller; quantificar os ácidos orgânicos predominantes em seus tecidos foliares e, por meio de análises multivariadas, discriminar as espécies conforme o impacto do tratamento térmico convencional em suas propriedades nutricionais e bioativas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Amostras: obtenção e preparo

As folhas das espécies comestíveis de ora-pro-nobis (OPN) - *Pereskia grandifolia* Haworth (PGH) e *Pereskia aculeata* Miller (PAM) foram colhidas no mês de setembro de 2014, no Horto de Plantas Mediciniais, Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, estado de Minas Gerais (Brasil) e selecionadas, descartando-se aquelas com sintomas de amarelecimento e danificadas. Em seguida, os pecíolos foram cortados e as folhas higienizadas em água corrente, imersas em hipoclorito de sódio (200 ppm), por 15 minutos, e novamente lavadas em água destilada e drenadas por 30 minutos. Posteriormente, uma parcela das amostras, composta por folhas íntegras das duas espécies, foi caracterizada físico-quimicamente e o perfil de ácidos orgânicos predominantes, determinado. As demais análises experimentais foram realizadas em folhas íntegras e termicamente processadas por diferentes meios e tempos de cocção.

A cocção das hortaliças foi realizada conforme as práticas culinárias convencionais, em condições semelhantes às reais de preparo e consumo. A temperatura e os tempos de cozimento foram otimizados por experimentos preliminares. Conforme o meio de transferência de calor foram realizados a cocção em água (cocção úmida) e o refogamento em óleo (cocção mista), mantendo-se a temperatura constante ( $96 \pm 2$  °C), controlada por termômetro digital do tipo laser (Instruterm®) (ORNELLAS; KAJISHIMA; VERRUMA-BERNARDI, 2007; PHILIPP, 2006). A cocção úmida foi realizada após a adição das folhas *in natura* em água destilada em ebulição (1:4), em recipiente de aço inoxidável destampado e o tempo de cozedura (1; 2,5; 5 e 10 minutos) medido a partir do momento em que a água voltou a ebulir. A cocção mista (3

mL de óleo de soja e 50 g de amostra) foi realizada com os mesmos utensílios e nas mesmas condições do método anterior, por 1 e 2,5 minutos. Em seguida, o material vegetal foi resfriado em banho de gelo, drenado e estendido sobre folhas de papel-toalha para a retirada do excesso de água.

## **2.2 Amostras: análises**

Os teores de fibras, clorofila e minerais foram quantificados no material foliar mantido em estufa, a 60 °C, até atingir percentual de umidade inferior a 10%, triturado em moinho de facas (Marconi) para a obtenção de pó homogêneo (3 vezes/20 segundos), passado em peneiras de 32 *mesh* e armazenado em frascos de vidro âmbar, à temperatura ambiente. As análises de vitamina C e os extratos para quantificação de fenólicos e atividade antioxidante total foram realizados em amostras não desidratadas. Os resultados, com exceção de pH, sólidos solúveis totais e acidez total titulável, foram apresentados em matéria seca.

### **2.2.1 Análise cromatográfica dos ácidos orgânicos**

Os ácidos orgânicos foram identificados e quantificados em folhas *in natura* liofilizadas das espécies PGH e PAM, por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) por meio de cromatógrafo Shimadzu, com detector de condutividade (CDD-6A), polaridade +, utilizando-se pré-coluna SHIM-PACK SPR-H(G) (50 mm x 7,8 mm) e duas colunas em série SHIM-PACK SPR-H (250 mmx 7,8 mm). Amostras das folhas liofilizadas (1 g) de OPN foram colocadas em erlenmeyers de 250 mL, sendo adicionados 50 mL de água ultrapura e o material agitado no escuro, por 45 minutos e filtrado em papel de filtro tipo Whatman1. O volume injetado da amostra foi de 20 µL. Condição de

separação: fase móvel: 4 mM ácido p-tolueno sulfônico; fluxo: 0,8mL/min e temperatura: 45 °C. Condições de detecção: reagente: 16mM Bis-Tris, 4 mM ácido p-tolueno sulfônico e 100 µM EDTA; fluxo: 0,8 mL min e temperatura: 45 °C. Os picos correspondentes a cada ácido foram identificados pelo tempo de retenção, utilizando-se como comparação os tempos de retenção dos padrões.

### **2.2.2 Análises físico-químicas e enzimáticas**

Os teores de umidade, proteína bruta, extrato etéreo, fibra alimentar (método enzimático-gravimétrico) e cinzas foram determinados conforme Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2005) e o extrato não nitrogenado determinado por diferença, em base seca, entre 100 e a soma do conteúdo dos compostos anteriores. O valor calórico foi calculado conforme Brasil (2003) e Mahan e Escott-Stump (2008). Os valores de pH e sólidos solúveis totais foram determinados conforme Cecchi (2007), acidez total titulável segundo AOAC (2005) e açúcares totais pelo método de Antrona (DISCHE, 1962).

Os teores de clorofila a, b e total foram determinados segundo o método proposto por Nagata e Yamashita (1992) e os extratos submetidos à leitura em espectrofotômetro Beckman 640 B em 645 e 663 nm. A análise de vitamina C foi realizada pelo método colorimétrico com 2,4 dinitrofenil-hidrazina, de acordo com Strohecker e Henning (1967) e a leitura também realizada espectrofotometricamente.

Os minerais ferro, zinco, manganês, cobre, magnésio e cálcio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, o potássio por fotometria de chama (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997) e o fósforo por colorimetria (AOAC, 2005).

As análises físico-química e granulométrica do solo onde foram cultivadas as espécies avaliadas neste ensaio experimental foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo, no Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras, e os resultados constam da Tabela 1.

Tabela 1 Caracterização química e física do solo. Horto Medicinal, UFLA. Lavras, MG, 2014

Amostras Solo	Resultados analíticos											
	K	P	Ca	Mg	Al	H + Al	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S
	mg.dm <sup>-3</sup>		cmol.dm <sup>-3</sup>					mg.dm <sup>3</sup>				
	108	6,5	3,0	1,9	0,1	2,6	8,2	34,3	18,7	2,3	0,2	15
pH	<sup>a</sup> SB	<sup>b</sup> CTC	<sup>c</sup> CTC	<sup>d</sup> v	<sup>e</sup> m	<sup>f</sup> MO	Silte	Argila	Areia			
KCl	cmol.dm <sup>-3</sup>			%		dag.kg <sup>-1</sup>						
6,2	5,2	5,3	7,8	66,6		1,89	3	13	66	21		

Ca, Mg, Al - ExtratorKCl1 mol.L<sup>-1</sup>; P, Na, K, Fe, Zn, Mne Cu - Extrator Mehlich; H + Al- método SMP

<sup>a</sup>Soma de bases trocáveis; <sup>b</sup>Capacidade de troca catiônica efetiva e <sup>c</sup>pH 7,0; <sup>d</sup>Índice de saturação de bases e <sup>e</sup>saturação de alumínio, <sup>f</sup>Matéria orgânica

Análises granulométricas - teores de argila, silte e areia. Classificação: solo de textura argilosa

O teor de compostos fenólicos e a atividade antioxidante total (AAT), mensurada pelos métodos do sequestro do radical 2,2-difenil,1-picril-hidrazil (DPPH) e do sistema de co-oxidação do  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico, foram determinados a partir do extrato de amostras foliares de PGH e PAM *in natura* e processadas termicamente e as leituras realizadas em espectrofotômetro modelo Nova 2000 UV. Para a obtenção do extrato, 2 g das amostras foram homogeneizados em 20 mL de metanol 50% e, após filtração, foram adicionados ao resíduo 20 mL de acetona 70%. O sobrenadante da segunda filtração foi adicionado ao da primeira extração e o volume completado para 50 mL com água destilada.

Os fenólicos foram extraídos utilizando-se o reagente *Folin-Ciocalteu*, conforme metodologia de Waterhouse (2002) e a absorvância lida a 750 nm. O

cálculo do teor de fenólicos foi realizado a partir da equação da reta obtida da curva padrão do ácido gálico.

Para a determinação da AAT pelo método do sequestro do radical DPPH, conforme metodologia proposta por Rufino et al. (2007), com adaptações, foi adicionado 0,1 mL de cada extrato das amostras na concentração de 0,2 mg mL<sup>-1</sup> a 3,9 mL de solução de DPPH. As leituras foram realizadas a 515 nm e os resultados encontrados por meio do cálculo dos valores de EC50 (concentração do extrato necessária para reduzir 50% do radical DPPH) e percentual de proteção como maior captura do radical livre DPPH. No ensaio espectrofotométrico para determinar a AAT pelo método do sistema de cooxidação do β-caroteno/ácido linoleico, adotaram-se os procedimentos propostos por Rufino et al. (2006), com adaptações. Foram adicionados 0,4 mL de extrato a 5 mL de solução sistema, sendo as leituras realizadas a 470 nm e os resultados expressos em percentual de proteção, como a capacidade de inibição da oxidação do β-caroteno.

O percentual do índice de retenção dos compostos antioxidantes foi obtido pela relação entre o teor do composto nas folhas da espécie termicamente processada e o teor do composto observado nas folhas da espécie *in natura*, multiplicando-se o resultado final por 100.

### **2.3 Metodologia estatística**

Todos os testes experimentais foram realizados em triplicata e os resultados determinados por meio de estatística descritiva, no caso da caracterização físico-química das espécies, e dos *biplots* em conjunto com os *scores* obtidos via análise multivariada de componentes principais (ACP) (GOWER; HAND, 1996), para discriminação das espécies de ora-pro-nobis conforme a composição mineral antes e após o tratamento térmico.

Com o propósito de investigar as variáveis referentes aos teores de compostos bioativos e potencial antioxidante que melhor discriminassem as espécies, procedeu-se à seleção de variáveis utilizando a técnica multivariada de escalonamento multidimensional (EMD). Cada tratamento foi representado por um ponto, enquanto os eixos representaram as variáveis analisadas. O uso desse procedimento consiste em comparar a matriz de distância euclidiana obtida com todas as variáveis, definida por  $D=[d_{ij}]$  e a matriz com um grupo de variáveis selecionadas, representada por  $\Delta =[\delta_{ij}]$ , de tal forma que cada elemento fosse o mais próximo possível,  $d_{ij} \approx \delta_{ij}$  (BORG; GROENEN, 2005). Para avaliar essa proximidade, utilizou-se a função STRESS (DE LEEUW, 1988), sendo o resultado desejado mais próximo de zero. As análises e a rotina computacional para o ACP e EMD foram implementadas por meio do sistema de análise estatística R Core Team (2014).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Caracterização das amostras foliares *in natura*

A composição físico-química das folhas *in natura* das espécies *Pereskia grandifolia* Haworth (PGH) e *Pereskia aculeata* Miller (PAM) é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 Caracterização físico-química aproximada e conteúdo energético de folhas de *Pereskia grandifolia* Haworth (PGH) e *Pereskia aculeata* Miller (PAM). UFLA. Lavras, MG, 2014

Composição físico-química	Espécies de OPN	
	PGH	PAM
Proteína (%)	27,68±0,60	23,34±0,20
Lipídio (%)	2,16±0,01	1,44±0,10
Extrato não nitrogenado (%)	1,23±0,49	3,54±0,91
Fibra alimentar total (%)	52,83±0,50	51,03±0,56
Fração insolúvel	46,09±1,30	43,47±0,96
Fração solúvel	6,75±0,80	7,56±0,40
Cinzas (%)	16,10±0,23	20,64±0,49
Valor calórico (kcal) 100 g	135,10±1,30	120,50±2,37
pH	6,16±0,15	5,37±0,07
Açúcares totais (%)	0,86±0,03	0,46±0,003
Sólidos solúveis totais (°Brix)	4,97±0,03	5,02±0,03
Acidez total titulável (%)	1,28±0,01	1,31±0,01

Valores expressos como médias de três determinações ±desvio-padrão por meio de estatística descritiva./Resultados em base seca (composição centesimal e valor calórico) e em matéria integral (pH, AT, SST e ATT). Análises realizadas a 25 °C.

Umidade (%): PGH = 86,55±0,23; PAM = 85,47±0,13

Conforme dados da Tabela 2, observou-se alto teor proteico na matéria seca foliar de ambas as espécies, superior a valores já relatados na literatura (ALMEIDA et al., 2014; MERCÊ et al., 2001) e possivelmente relacionados, em parte, à composição do solo, de textura predominantemente argilosa (Tabela 1) e recomendada para o cultivo dessas espécies (MAZIA; SARTOR, 2012). Uma vez que representam as fontes proteicas de menor custo, as proteínas foliares

destas espécies de OPN podem contribuir consideravelmente para a ingestão proteica total da população e particularmente daquela na faixa de desnutrição (FAO/PAM/IFAD, 2012). A farinha desses cactos foleares, ofertada três vezes ao dia, o que equivale, em média, a três colheres de sopa de farinha de folhas de PGH ou quatro colheres de sopa de farinha de PAM (BRASIL, 2003), atendem a mais da metade (70,77%) das necessidades proteicas de crianças entre 1 e 3 anos de idade (INSTITUTE OF MEDICINE - IOM, 2002), fase de pleno crescimento e desenvolvimento, na qual a proteína é altamente requerida. As espécies de OPN apresentaram baixos teores lipídico e glicídico, este último reflexo, majoritariamente, dos altos valores de fibra alimentar total, predominantemente insolúvel e de cinzas. Estes constituintes ativos vêm atestar, mais uma vez, a contribuição do consumo de folhas das espécies de OPN na prevenção e na redução de doenças crônicas e da morbimortalidade (ABDELWAHAB, 2013; TORRES et al., 2006).

Os valores de pH e acidez total titulável (Tabela 2) foram semelhantes entre as folhas *in natura* de PGH e PAM. Os teores de sólidos solúveis totais aproximaram-se daqueles encontrados por Silva et al. (2013) em espécie de azedinha (4,37 e 6,20°Brix), olerícola que também integra o grupo das hortaliças não convencionais (SOUZA et al., 2009).

### **3.2 Teor de ácidos orgânicos predominantes nas amostras foliares *in natura***

Os teores dos ácidos orgânicos predominantes em amostras foliares das espécies PGH e PAM e determinados pela primeira vez, conforme revisões realizadas na literatura científica, constam da Tabela 3.

Tabela 3 Teor de ácidos orgânicos em folhas de *Pereskia grandifolia* Haworth (PGH) e *Pereskia aculeata* Miller (PAM). UFLA, Lavras, MG, 2014

Variáveis analisadas	Espécies de ora-pro-nobis	
	PGH (g 100 g <sup>-1</sup> )	PAM (g 100 g <sup>-1</sup> )
Ácido oxálico	3,42±0,11	3,54±0,11
Ácido fítico	3,95±0,04	4,07±0,04
Ácido málico	1,14±0,07	1,26±0,07
Ácido ascórbico	0,06±0,01	0,18±0,01

Valores expressos como médias de três determinações ±desvio-padrão, por meio de estatística descritiva / Amostras desidratadas por liofilização

O conteúdo total de ácidos orgânicos variou entre 0,06 a 3,95 g 100 g<sup>-1</sup> (PGH) e 0,18 a 4,07 g 100 g<sup>-1</sup> (PAM), totalizando 8,57 e 9,05 g 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. A quantidade desses compostos varia consideravelmente entre espécies vegetais e cultivares, clima, local e solo de cultivo (NAWIRSKA-OLSZAŃSKA et al., 2014). Ainda na Tabela 3 observa-se que os ácidos orgânicos predominantes em folhas de OPN, independente da espécie, foram os ácidos fítico e oxálico, representando mais de 80% do total de ácidos orgânicos nos tecidos foliares, seguidos, em menor proporção, pelos ácidos málico e ascórbico.

Apesar dos efeitos negativos sobre a disponibilidade do zinco, atribuídos ao ácido fítico, alguns benefícios, como a redução da glicemia, da lipidemia e dos riscos de câncer, são relatados (EEA; YATES, 2013). O ácido oxálico, presente em quantidades mais elevadas nas folhas verdes, apresenta forte capacidade quelante para cations multivalentes (OLIVEIRA et al., 2008). Já os outros ácidos carboxílicos comportam-se como antioxidantes "preventivos" ou sinérgicos e irão contribuir também com o papel protetor destas pereskias e com a melhora da absorção de ferro não heme, mineral ricamente presente nessas espécies vegetais (SEABRA et al., 2006). O conteúdo de ácido ascórbico observado nestas espécies foi similar ao encontrado em brócolis por outros autores (VALLEJO; TOMAS-BARBERAN; GARCIA-VIGUERA, 2002) e

superior àqueles relatados em repolho-branco, por Puupponen-Pimiä et al. (2003).

### **3.3 Teor de compostos bioativos e ação antioxidante em amostras foliares *in natura* e tratadas termicamente**

Os valores de compostos bioativos (vitamina C, minerais e compostos fenólicos), incluindo-se nesta categoria a clorofila (presença de carotenoides a ela correlacionados), bem como a capacidade antioxidante dos extratos foliares das espécies PGH e PAM cruas e sob diferentes meios e tempos de cocção, estão dispostos na Tabela 4.

Para melhor interpretação dos resultados, análises multivariadas foram utilizadas para discriminar as espécies conforme o seu comportamento mineral foliar (ACP), na Figura 1, e bioativo e antioxidante (DMS), nas Figuras 2 a 4.

As amostras dos tecidos foliares de PGH e PAM *in natura* e submetidas a diferentes métodos e tempos de tratamento térmico foram agrupadas entre si utilizando-se a análise de componentes principais (ACP), de acordo com as similaridades nos teores minerais (Figura 1A) e as variáveis que caracterizaram essa discriminação encontram-se ilustradas no biplot apresentado na Figura 1B.

Tabela 4 Resumo das variáveis selecionadas conforme a técnica de EMD e seus respectivos teores médios em folhas de *Pereskia grandifolia* Haworth (PGH) e *Pereskia aculeata* Miller (PAM) *in natura* e submetidas aos processos de cocção úmida e mista por diferentes tempos. UFLA. Lavras, MG, 2014

Tratamentos	Bioativos									AAT <sup>2</sup>				
	Minerais (mg.100g <sup>-1</sup> )									Clorofila a (mg.100g <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	Vitamina C (mg. 100g <sup>-1</sup> )	Fenólicos (mg EAG.100g <sup>-1</sup> )	DPPH EC <sub>50</sub> (mg.mL <sup>-1</sup> )	Cooxidação β-caroteno/ ac. linoleico (%)
K	Ca	P	Mg	S	Mn	Zn	Fe	Cu						
<b>PGHFC<sup>3</sup></b>	<b>3986</b>	<b>2550</b>	<b>202</b>	<b>2333</b>	<b>475</b>	<b>5,1</b>	<b>3,6</b>	<b>17,2</b>	<b>0,8</b>	<b>188,1</b>	<b>657,1</b>	<b>3474,2</b>	<b>1,7</b>	<b>67,1</b>
PGHCU1 <sup>3</sup>	2435	2800	191	1968	475	5,7	3,6	15,4	0,7	181,4	522,0	2448,7	2,6	84,9
PGHCU2,5	2228	2461	190	1808	443	5,5	3,6	15,5	0,6	142,7	450,5	3292,7	2,0	51,4
PGHCU5	2258	2655	195	1795	442	5,2	3,5	17,4	0,4	158,1	451,2	2916,3	2,3	77,8
PGHCU10	2217	2847	190	1754	433	5,2	3,5	20,6	0,2	168,2	409,4	2778,0	3,0	70,1
PGHCM1 <sup>3</sup>	3349	1826	175	1395	339	4,3	2,9	14,9	0,4	194,2	389,3	3893,2	0,7	90,6
PGHCM2,5	2985	1840	165	1544	380	4,6	2,8	15,7	0,4	171,3	392,9	3806,1	0,7	84,3
<b>PAMFC</b>	<b>4425</b>	<b>4095</b>	<b>184</b>	<b>936</b>	<b>359</b>	<b>17,7</b>	<b>6,3</b>	<b>21,3</b>	<b>1,4</b>	<b>133,3</b>	<b>475,2</b>	<b>3492,9</b>	<b>1,4</b>	<b>89,0</b>
PAMCU1	3818	4211	160	1093	219	16,1	6,1	13,9	1,4	97,9	233,4	5562,4	0,4	92,4
PAMCU2,5	3579	4066	160	936	195	14,9	5,3	12,3	1,5	68,6	233,7	5788,1	0,5	85,3
PAMCU5	3510	4165	160	965	205	15,3	5,2	12,7	1,3	83,9	232,9	5688,5	0,2	83,7
PAMCU10	3276	4275	165	763	200	15,4	5,2	11,6	1,0	91,7	179,2	5369,4	0,4	79,8
PAMCM1	2621	3145	120	705	120	11,8	3,9	12,3	0,9	63,6	148,4	4124,8	0,2	97,0
PAMCM2,5	2554	3723	125	851	125	9,9	4,7	13,8	1,1	123,6	78,0	3393,5	0,4	93,5

Todos os procedimentos foram conduzidos em triplicata e os resultados expressos em matéria seca./ Umidade das folhas cruas: PGH = 86,5% e PAM = 85,5%. / <sup>1</sup>Clorofila considerada composto bioativo devido à presença de carotenoides e sua influência na atividade antioxidante. / <sup>2</sup>AAT= atividade antioxidante total - métodos de captura do radical livre (DPPH) em EC50 e cooxidação do β-caroteno/ácido linoleico (percentual de proteção) / <sup>3</sup>FC = folhas cruas; CU = cocção úmida (1; 2,5; 5 e 10 minutos); CM = cocção mista (1, 2min30s)

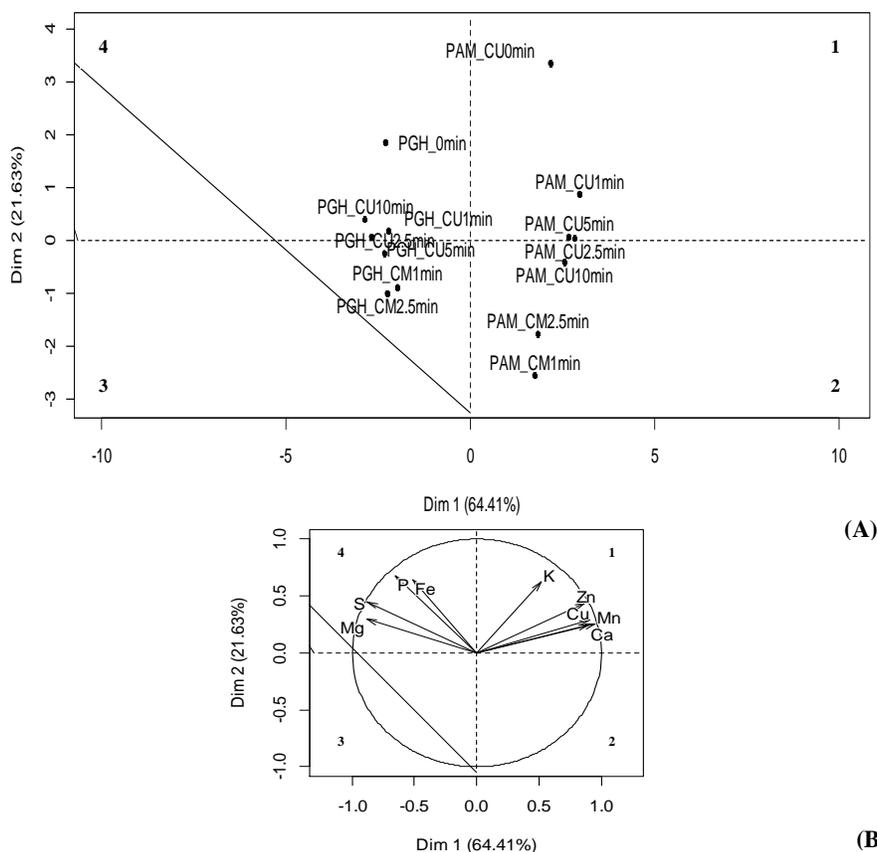


Figura 1 (A) Gráfico dos escores considerando os dois primeiros componentes principais utilizados na discriminação das espécies PGH e PAM, conforme o teor mineral em folhas *in natura*, após cocção úmida (1; 2,5; 5 e 10 minutos) e mista (1 e 2,5 minutos); (B) Biplot das variáveis conforme o teor mineral ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ MS}$ ). UFLA. Lavras, MG, 2014

Os resultados relativos aos teores minerais de folhas cruas e tratadas termicamente, obtidos a partir da ACP, demonstraram que as espécies PGH e PAM foram bem discriminadas (Figura 1A), bem como os minerais responsáveis por essa discriminação (Figura 1B). A componente principal 1 (ACP1) explicou 64,41% da variabilidade dos dados, enquanto a componente principal 2 (ACP2), 21,63%, totalizando 86,04% da variabilidade total, valor considerado adequado para este estudo.

No novo espaço gráfico (Figura 1A) verificou-se que os tratamentos foram distribuídos em quatro quadrantes de acordo com o comportamento das espécies em relação ao teor mineral, antes e após o tratamento térmico (Figura 1B). Nos quadrantes 1 e 2 encontraram-se os tratamentos da espécie PAM *in natura* e coccionados, distribuídos graficamente conforme a semelhança na composição mineral, enquanto os tratamentos da espécie PGH, nas mesmas condições, agruparam-se nos quadrantes 3 e 4.

As variáveis que melhor representaram a primeira componente principal estavam mais próximas ao círculo unitário (Figura 1B). Essas variáveis foram aquelas que apresentaram os maiores teores iniciais e/ou de retenção dos minerais avaliados em amostras cruas e/ou termicamente tratadas. Analisando-se a distribuição espacial dos pontos e variáveis simultaneamente (Figuras 1A e 1B), constata-se que a variável referente ao teor mineral de Ca, no primeiro quadrante, foi a que melhor representou o primeiro plano principal, sendo esta a mais significativa e relacionada aos tratamentos da espécie PAM crua e sob cocção úmida por todos os tempos avaliados (1; 2,5; 5 e 10 minutos). As variáveis Mn, Cu e Zn também tinham representatividade, porém menor, em relação aos tratamentos citados. A variável K representou melhor o tratamento PAM\_CU0min (folhas *in natura*). No quadrante oposto (4), a variável S foi a que melhor representou o primeiro plano principal, sendo esta a mais significativa e representante dos tratamentos PGH\_0min (folhas *in natura*) e PGH\_CU1min, PGH\_CU2,5min e PGH\_CU10min (cocção úmida por 1; 2,5 e 10 minutos). As variáveis Mg, P e Fe têm menor representatividade em relação a esses tratamentos e as duas últimas representaram melhor o tratamento PGH\_0min. Conforme a disposição gráfica, os tratamentos mais afastados da origem melhor representaram a composição mineral. Assim, as folhas *in natura* de cada espécie (quadrantes 1 e 4) foram detentoras dos maiores teores dos

minerais citados, com exceção do Ca, em cocção úmida, principalmente por 1; 5 e 10 minutos, nas duas espécies e os minerais Mg em PAM e Fe em PGH.

Acredita-se que a variação na composição química observada nestas espécies se deve a fatores como constituição genética e estágio de maturação (CECCHI, 2007), uma vez que ambas foram coletadas no mesmo espaço geográfico e sofreram as mesmas influências dos fatores ambientais.

Destaca-se, ainda, observando-se os dados experimentais representados graficamente na Figura 1A, que as amostras cruas de PGH e PAM distanciaram-se mais de seus respectivos grupos, o que sugere a grande interferência do tratamento térmico na composição macro e micromineral nas amostras processadas.

Os tratamentos que apresentaram os menores conteúdos nos tecidos foliares dos minerais supracitados ocuparam os quadrantes opostos dos vetores que os representavam (Figura 1B). Dessa forma, os tratamentos detentores dos menores valores dos minerais Ca, K, Mn, Cu e Zn encontravam-se nos quadrantes 2 e 3, enquanto aqueles localizados no segundo quadrante apresentavam os menores teores de P, Mg e S. A principal operação que contribui para as perdas de substâncias minerais durante o cozimento não é causada pela destruição térmica, mas por lixiviação, que arrasta parte dos minerais hidrossolúveis para a água de cocção. Resultados dos trabalhos de Alves et al. (2011) e Scheibler et al. (2010), entre outros, comprovaram essa tendência dos minerais por contato direto com o meio líquido. Segundo Kawashima e Valente Soares (2005), o tempo de cozimento foi determinante na perda mineral de folhas de espinafres e os métodos de branqueamento e cocção prolongada foram os responsáveis pelas maiores perdas minerais nesse vegetal.

Nos limites entre o 1º e 2º quadrantes, percebeu-se grande proximidade entre os tratamentos PAM sob cocção úmida, durante 2,5 e 5 minutos, sugerindo que este tempo não influenciou a retenção dos minerais K, Zn, Cu, Mn e Ca.

Minerais importantes nas folhas de ora-pro-nobis, K, Zn e Ca apresentaram, nos dois tempos, índices de retenção médios de, respectivamente, 80,1%, 83,4% e 100%. Exatamente no limite entre o 3º e o 4º quadrantes, o tratamento PGH\_CU2,5min permaneceu mais próximo ao par PGH\_CU5min (3º quadrante) e PGH\_CU1min (4º quadrante), em relação ao restante dos outros tratamentos referentes à espécie PGH, posicionamento que sugeriu, também, semelhança no teor de retenção foliar dos minerais entre esses tratamentos. Amostras foliares de PGH\_CU1min e PGH\_CU2,5min demonstraram percentuais de retenção médio muito similares de P (94,2%) e Fe (89,7%), enquanto tecidos foliares da espécie PGH submetidos à cocção por 2,5 e 5 minutos apresentaram retenção média de Mg, similar nesse período, de 77,2%.

Conforme a representação gráfica, nas Figuras 1A e 1B, o tempo e o meio de cocção não interferiram grandemente no percentual de retenção de Ca em ambas as espécies e de Fe, em PGH. Santos, Abreu e Carvalho (2003) verificaram que as folhas de brássicas submetidas a diferentes tempos de fervura praticamente mantiveram seus teores de cálcio à medida que o tempo de cozimento foi aumentado.

Destaca-se, ainda, conforme a Figura 1, que esses minerais apresentaram, em determinados momentos após cocção, teores superiores aos observados nas folhas cruas das espécies da hortaliça analisada. Os maiores teores de Ca e Fe, principalmente após os 10 minutos de cocção úmida, sugeriram que a permanência das folhas neste intervalo de tempo, sob calor constante, em água em ebulição, pode ter facilitado a extração destes íons metálicos por rompimento da matriz celular, comportamento já verificado com outros componentes químicos em tecidos vegetais (ABREU; BARCELOS, 2012; DZIEDZIC et al., 2012). Além disso, poderiam contribuir também para o aumento do conteúdo mineral verificado neste ensaio experimental a maior volatilização e lixiviação de compostos mais hidrossolúveis, devido ao maior

tempo de contato com o calor e a água, respectivamente, concentrando ainda mais o teor desses minerais nas folhas das respectivas hortaliças. Considerando-se que as espécies PGH e PAM são fontes já consolidadas na literatura científica de Ca e principalmente Fe (TAKEITI et al., 2009), a manutenção dos maiores teores desses minerais nas folhas é essencial frente à carência nutricional observada na população. A anemia ainda é, prioritariamente, a maior doença causada pela deficiência de ferro, cuja ingestão é limítrofe em relação às recomendações, e ainda mais prejudicada quando associada à baixa biodisponibilidade e ingestão de carnes em alguns indivíduos (COZZOLINO, 2012). Quanto ao mineral Ca, Salazar et al. (2006) destacaram que suas principais fontes (leite e seus derivados) não têm sido consumidas nas quantidades recomendadas para atingir a sua adequação, principalmente em comunidades de baixo poder socioeconômico, e que a alta ingestão desse mineral pode proteger contra doenças vasculares.

Nos quadrantes 2 e 3, onde estão localizadas as amostras foliares das espécies PGH e PAM após cocção mista, o conteúdo mineral foi sensivelmente reduzido em relação às folhas cruas, consideradas o controle deste experimento e mais distantes destes tratamentos (quadrantes 1 e 4), bem como em comparação às folhas submetidas à cocção úmida. O tempo e o tipo de cocção acabaram por provocar injúrias nos tecidos vegetais e influenciaram diretamente a quantidade final de minerais em folhas de OPN.

A técnica de cocção em meio aquoso ou cocção úmida utiliza um fluido aquoso como meio de transferência de calor para o tratamento térmico do alimento (LISIEWSKA et al., 2011). A fervura, ou ebulição, é o processo que implica na cocção do alimento por imersão em água e pode iniciar em diferentes graus de temperatura (fria, quente e fervendo) até atingir temperatura inferior a 100 °C (ORNELLAS; KAJISHIMA; VERRUMA-BERNARDI, 2007). O branqueamento é a cocção incompleta de um alimento que recebe os efeitos

térmicos da água fervente durante um curto período de tempo (LISIEWSKA et al., 2011).

Na cocção mista, o alimento refogado é aquele submetido ao fogo brando, em pequena quantidade de óleo, com a intervenção do seu próprio teor em água (PHILIPP, 2006).

Nos distintos métodos de cozimento, as formas de transferência de calor às folhas de OPN avaliadas, por meio da água em ebulição, ou do óleo, possivelmente foram responsáveis pelas alterações químicas e físicas observadas. De acordo com seu calor específico, cada corpo líquido retém ou acumula quantidades distintas de calor, de tal modo que sua temperatura pode ser muito diferente. Conforme estas condições, ocorrerá maior ou menor facilidade de difusão das substâncias hidrossolúveis do tecido vegetal ao meio e vice-versa (COELHO et al., 2009; CORREIA; FARAONI; PINHEIRO-SANT'ANA, 2009; ORNELLAS; KAJISHIMA; VERRUMA-BERNARDI, 2007; SCHEIBLER et al., 2010).

Os resultados dos teores de vitamina C, clorofila, compostos fenólicos e o potencial antioxidante das folhas de ora-pro-nobis, expresso pelo método de captura do radical DPPH (Tabela 4), foram explorados estatisticamente pela técnica multivariada do escalonamento multidimensional (EMD) e reproduzidos nos novos espaços de representação, nas Figuras 2A, C e E, bem como a confirmação das variáveis utilizadas na construção dos biplots com eixos preditivos (Figuras 2B, D e F).

Da perspectiva de distribuição dos tratamentos, representados por pontos e das variáveis, representadas pelos eixos preditivos, verificou-se que as variáveis consideradas impactantes para a discriminação das espécies foram clorofila a, vitamina C e AAT (DPPH), na Figura 2C e vitamina C, AAT (DPPH) e fenólicos, na Figura 2D.

Vizualizando-se o comportamento dos tratamentos em função das variáveis, observou-se que eles se distribuíram no espaço dimensional, conforme o teor verificado nas amostras foliares de cada espécie vegetal, *in natura* e tratadas termicamente, e ocuparam as áreas mais próximas aos valores nas escalas dos eixos preditivos que representavam cada variável.

Conforme a similaridade entre os tratamentos, evidenciada pela nuvem de pontos na Figura 2C, foi possível verificar que as amostras foliares das espécies PGH e PAM apresentaram comportamentos diferenciados, após tratamento térmico, quanto aos teores retidos em suas folhas de clorofila a, vitamina C e de ação antioxidante total (AAT), expressa pelo método de captura do radical DPPH. A espécie PGH *in natura* (PGH\_CM0min), conforme a Figura 2C, distanciou-se dos outros tratamentos, inclusive daqueles relacionados à sua espécie.

Por meio da nuvem de pontos verificou-se, ainda, que amostras de PGH coccionadas por 10 minutos apresentaram também comportamento diferenciado em relação às outras amostras submetidas, por tempos inferiores, à cocção úmida. Em adição, foram evidentes o distanciamento e o enquadramento das amostras de PGH sob cocção mista por 1 e 2,5 minutos. Com exceção das amostras de PAM *in natura* (PAM\_CM0min), mais próximas aos valores de escala dos eixos preditivos às amostras de PGH, os outros tratamentos, também delimitados pela nuvem de pontos, apresentaram comportamento diferenciado, porém, mais homogêneo que na espécie anterior. Observando-se o posicionamento dos tratamentos referentes à espécie PAM (Figura 2C), amostras submetidas à cocção úmida, principalmente por 1, 5 e 10 minutos, foram similares entre si e próximas às amostras sob cocção úmida por 5 minutos e mista por 1 minuto. Entretanto, estendendo-se o tempo de cocção mista, o teor dos compostos avaliados neste tratamento foi sensivelmente alterado e ocupou uma região característica de baixos valores nas escalas dos eixos referentes à vitamina C e clorofila a.

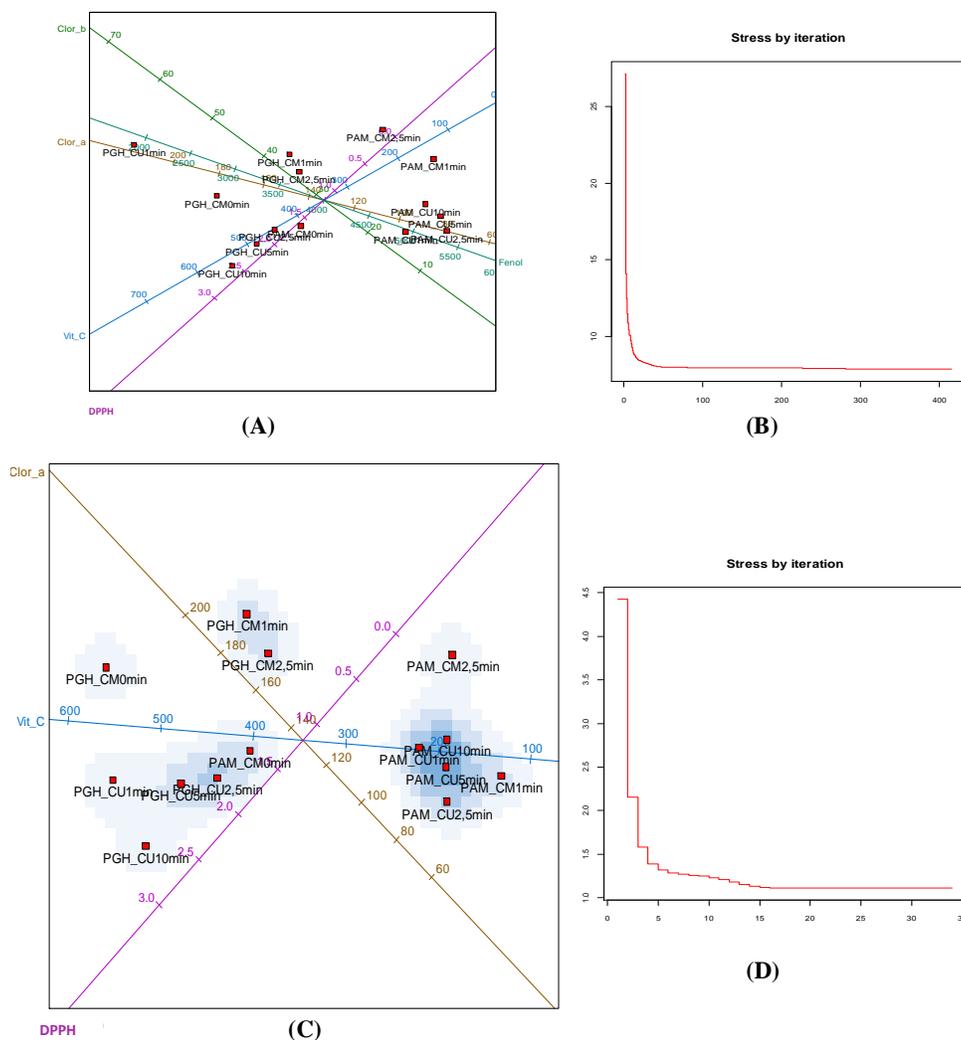
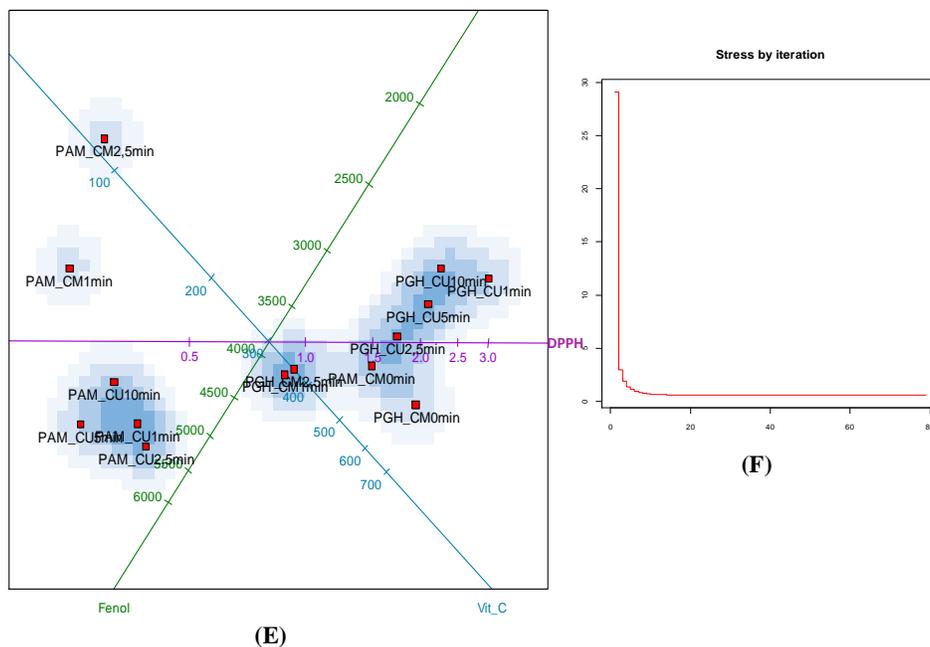


Figura 2 (A) Biplot com eixos preditivos considerando as variáveis clorofila a e b, vitamina C, compostos fenólicos e atividade antioxidante total (método DPPH) das espécies *Pereskia grandifolia* Haworth (PGH) e *Pereskia aculeata* Miller (PAM) *in natura*, após cocção úmida (1; 2,5; 5 e 10 minutos) e mista (1 e 2,5 minutos); Biplots considerando as variáveis que melhor discriminaram as espécies - clorofila a, vitamina C e AAT (C) e fenólicos, vitamina C e AAT (E); Minimização da função STRESS em relação ao número de iterações necessárias para confirmação da seleção das variáveis ilustradas nas Figuras A (B), C (D) e E (F)

(...continua...)



A proporção de clorofila a, pigmento mais abundante e importante entre os vegetais verdes, variou conforme a espécie vegetal, fator já previsto por Schoefs (2002) e Streit et al. (2005) e foi superior em folhas cruas de PGH, com valor de  $188,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  (Tabela 4). O tratamento térmico promoveu redução no teor desse pigmento fotossintético em relação à amostra crua, principalmente na espécie PAM, aos 5 e aos 10 minutos de cocção úmida, com retenção média de apenas 65,9%, conforme a Tabela 4, e após cocção mista por 1 minuto, com menos da metade do valor observado em folhas cruas (47,7%). As condições de processamento influenciam grandemente o curso da degradação da clorofila em vegetais processados. Pellegrini et al. (2010), avaliando o efeito de diferentes métodos convencionais de cozimento em água em ebulição para o brócolis, observaram decréscimos significativos no teor de clorofila, de 3,55%, 11,36% e 15,05%, por 2, 4 e 6 minutos, respectivamente.

Quanto ao teor de vitamina C, o maior valor foi observado em folhas cruas de PGH (657,1 mg 100 g<sup>-1</sup>), conforme Tabela 4. Por meio da Figura 2C, observou-se que este tratamento manteve-se próximo aos maiores valores na escala pertencente ao eixo que representava a variável vitamina C. O prolongamento do tempo de cocção úmida em folhas desta espécie coincidiu com a redução, crescente, nos teores de vitamina C, conforme os índices de retenção observados no primeiro (79,4%) e no décimo minuto de cocção úmida (60%), percentuais que praticamente se mantiveram no intervalo de cocção mista, em média de 59,5%.

Miglio et al. (2008) avaliaram os efeitos de métodos de cocção convencionais e observaram maiores perdas de vitamina C em vegetais submetidos à cocção úmida (95%) em relação à fritura (14%), possivelmente pela grande hidrossolubilidade dessa vitamina. No trabalho de Alves et al. (2011) houve maior preservação da vitamina C no método panela a vapor, uma vez que o calor específico do vapor da água é menor que o da água que gera esse calor, podendo, assim, minimizar as perdas por difusão ou lixiviação.

O comportamento dos tratamentos, bem como dos teores e dos índices de retenção supracitados, corrobora resultados registrados na literatura e confirmam que, mesmo conhecidas como boas fontes de vitamina C (MARTINEVSKI et al., 2013; TAKEITI et al., 2009), as hortaliças verdes escuras tratadas pelo calor podem alterar significativamente sua composição qualitativa e quantitativa, e conservar somente 60% deste nutriente (CORREIA; FARAONI; PINHEIRO-SANT'ANA, 2008). Além disso, como a estabilidade deste composto frente ao processamento térmico vegetal é espécie-dependente (COELHO et al., 2009; UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2010), o posicionamento dos tratamentos da espécie PAM tratados termicamente (Figura 2C) evidenciou que as folhas desta espécie perderam quantidade superior desse composto em relação à espécie PGH, com a

qual é comparada. Notou-se que, já no primeiro minuto de cocção úmida, o índice de retenção da vitamina em folhas de PAM (49%) foi inferior ao valor mínimo de retenção observado nas amostras foliares processadas termicamente na espécie PGH (aproximadamente de 59,5%).

A redução de nutrientes pode ser evitada com o menor tempo de cozimento, verificando-se, então, que os tratamentos mais efetivos na manutenção dos teores de ácido ascórbico foram, em ordem decrescente, aqueles em que as folhas foram mantidas cruas, submetidas ao primeiro minuto de cocção úmida e a partir deste tempo até os 5 minutos de cozimento em água em ebulição. De forma que as posições relativas no espaço mapeado refletissem o grau de similaridade percebida entre os tratamentos (Figura 2C), verificou-se que as amostras foliares que ocupavam as regiões de maior valor nas escalas dos eixos preditivos que representavam as variáveis clorofila a e vitamina C apresentavam a menor AAT, avaliada conforme a quantidade de extrato foliar necessária para reduzir 50% do radical DPPH (EC50). Tal posicionamento dos tratamentos indicou que estes compostos, provavelmente, não são os maiores responsáveis pela atividade antiradicalar destas hortaliças não convencionais, despertando o interesse em identificar, nas folhas destas pereskias, os responsáveis por característica tão evidenciada na literatura.

Abreu e Barcelos (2012) encontraram correlação positiva entre a AAT e o teor de carotenoides (licopeno e  $\beta$ -caroteno) e fenólicos totais, enquanto o teor de vitamina C também apresentou valor negativo de correlação com a AAT.

Como referendado, boa parte dos estudos refere-se à vitamina C, com poucos trabalhos realizados a respeito da estabilidade de polifenóis, também influenciados por aspectos químicos e físicos e pelo processamento.

Os compostos fenólicos são um grande grupo de metabólitos secundários no reino vegetal e em muitos estudos *in vitro* foi demonstrada maior

atividade antioxidante que vitaminas e carotenoides (PODSEDEK, 2007). Na tentativa de verificar a participação destes compostos no potencial antioxidante destas cactáceas procurou-se, após o rearranjo das variáveis, obter-se uma nova configuração gráfica (Figura 2E), bem como a minimização da função STRESS, que garante a qualidade dessa discriminação (Figura 2F).

De acordo com a Figura 2E, as amostras de folhas cruas de ambas as espécies ocuparam, graficamente, regiões muito próximas e indicaram que os altos valores de compostos fenólicos observados, em média de 3.483,55 mg 100 g<sup>-1</sup> em matéria seca (Tabela 4), foram similares nas amostras *in natura*. Tal similaridade no conteúdo fenólico entre espécies foi também observada por Almeida et al. (2014), em farinhas de folhas cruas de PGH e PAM.

Resultados do trabalho de Carvalho et al. (2014) em folhas de PAM demonstraram que o tipo de substrato utilizado no cultivo dessas hortaliças não interferiu nos componentes fenólicos e na atividade antioxidante desta espécie.

Conforme ilustrado graficamente na Figura 2E, após cocção em água em ebulição (cocção úmida), em todos os tempos de processamento, similares entre si, amostras foliares da espécie PAM, delimitadas pela nuvem de pontos, apresentaram conteúdos fenólicos superiores àqueles encontrados em folhas cruas, sejam da espécie PAM ou PGH. Provavelmente, em PAM, o tratamento térmico foi capaz de quebrar, com maior magnitude, as estruturas celulares nas quais ficavam armazenados esses compostos secundários que, uma vez tenham se libertado do compartimento celular, tornaram-se disponíveis. Esse aumento pode ser atribuído, também, à liberação parcial desses compostos da forma ligada com proteínas ou outros componentes vegetais, como carboidratos, resultado da ebulição (HES et al., 2014). Além disso, como relatado por Del-Vechio et al. (2005), o calor pode influenciar a formação de alguns constituintes fenólicos, como a cumarina, observada em sementes sob tostagem em relação às coccionadas (água em ebulição por 10 minutos).

Analisando-se a distribuição nos tratamentos, na Figura 2E, verificou-se, pela distância euclidiana, alta similaridade entre os altos teores de compostos fenólicos nos extratos em metanol, acetona e água e os menores valores de EC50, ou seja, a melhor capacidade de neutralização do radical livre DPPH. Outros pesquisadores correlacionaram positivamente o teor de fenólicos totais e a atividade antioxidante expressa pela capacidade de eliminação de radicais DPPH, por meio de técnicas distintas para mensuração da relação entre essas variáveis. Hes et al. (2014), utilizando o coeficiente de Spearman, e Abreu e Barcelos (2012) e o índice de correlação de Pearson, encontraram também correlação positiva entre atividade antioxidante e polifenóis em grãos de trigo e cevada, e AAT e teores de licopeno,  $\beta$ -caroteno e fenólicos totais em polpa de tomate, respectivamente.

A alta similaridade observada nestas espécies de *Pereskia* corrobora o resultado encontrado por Sousa et al. (2014), que avaliaram folhas de *Pereskia aculeata* quanto ao teor de fenóis totais e correlacionaram-no à atividade antioxidante, tanto pelo método do radical DPPH, como do sistema de co-oxidação do  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico em extratos em água, etanol 70% e acetona 80% desta espécie. Em anos anteriores, Pinto et al. (2012) já haviam reportado atividade antioxidante em folhas de *P. aculeata*, pelo ensaio de sequestro de radicais livres DPPH e responsabilizaram os fenóis presentes nas diferentes frações do extrato por essa ação funcional. Sim et al. (2010), que investigaram, pela primeira vez, o poder antioxidante dos extratos preparados com folhas de *P. grandifolia*, também correlacionaram-no ao elevado teor de compostos fenólicos presentes no extrato de acetato de etila (4.599 mg de EAG 100 g extrato), seguido pelos extratos metanólico (3.854 mg de EAG 100 g extrato) e aquoso (3.579 mg EAG 100 g extrato).

Os resultados desta pesquisa, bem como dos trabalhos supracitados, sugerem que grande parte dos compostos responsáveis pelo sequestro do radical DPPH apresentava grupos fenólicos em sua composição, uma vez que a atividade antioxidante desses bioativos deve-se, principalmente, às suas propriedades redutoras, as quais desempenham papel importante na neutralização ou no sequestro de radicais livres (EVERETTE et al., 2010; HES et al., 2014; LEJA et al., 2013; SOUSA et al., 2014).

Considerando-se que não existe um único ensaio que reflita a AAT do material vegetal avaliado (SIM; SRI NURESTRI; NORHANOM, 2010), foram utilizados, neste experimento, métodos espectrofotométricos distintos para determinar a habilidade dos antioxidantes presentes nos extratos de amostras foliares de PGH e PAM, cruas e tratadas termicamente, em sequestrar os radicais livres gerados no meio (DPPH), bem como sua capacidade de inibir a oxidação do  $\beta$ -caroteno induzida pelos produtos de degradação do ácido linoleico.

Com o propósito de investigar as variáveis referentes à AAT expressa por dois métodos espectrofotométricos com ações diferentes em soluções predominantemente aquosa ou oleosa que melhor discriminassem as espécies, procedeu-se, novamente, à seleção das variáveis utilizando-se a técnica de escalonamento multidimensional.

A representação gráfica dos dados experimentais após padronização dos métodos, avaliados como percentual de proteção dos extratos pela captura do radical DPPH e pela inibição da oxidação do  $\beta$ -caroteno, e dos meios de cocção, considerando-se apenas a cocção úmida, encontra-se na Figura 3C, enquanto a conformidade da seleção das variáveis, de tal forma que a perda de informação fosse mínima, é dada pelo procedimento iterativo que minimiza a função STRESS, na Figura 3D.

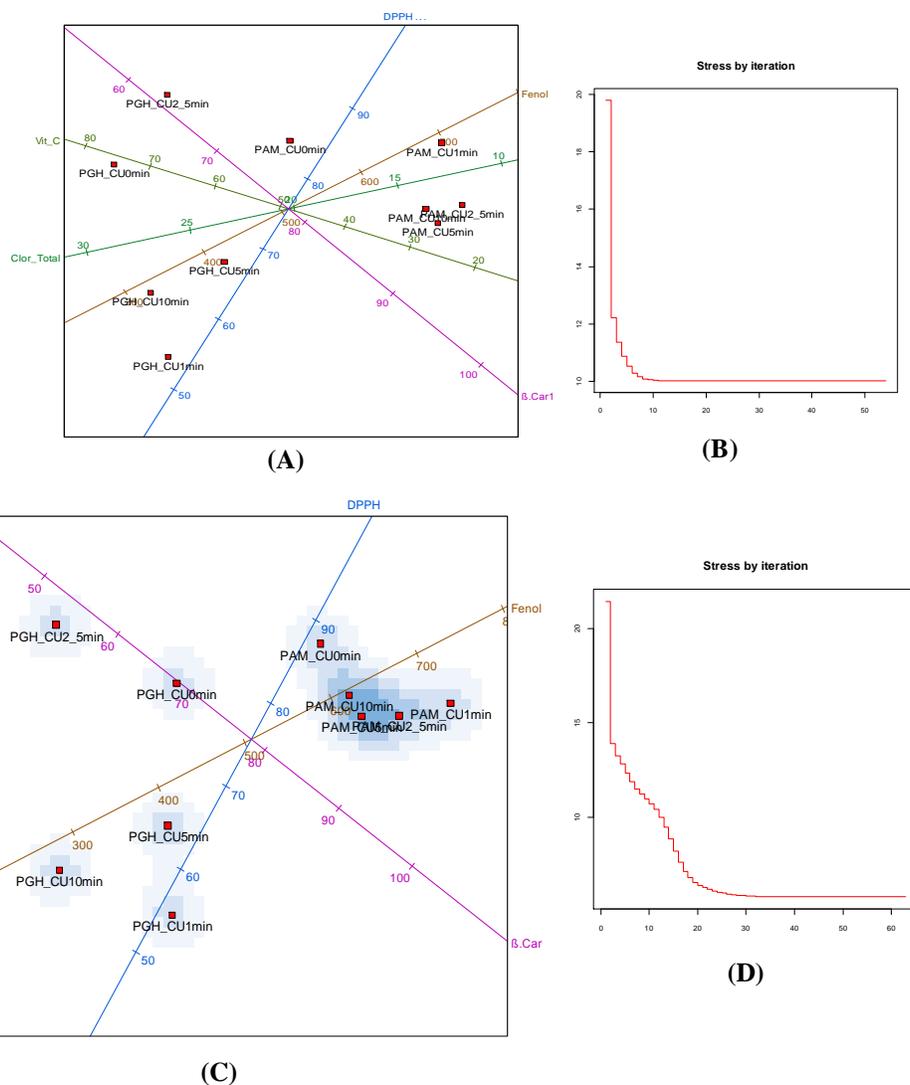


Figura 3 (A) Biplot com eixos preditivos considerando as variáveis clorofila total, vitamina C, compostos fenólicos e atividade antioxidante total (AAT) das espécies *Pereskia grandifolia* Haworth (PGH) e *Pereskia aculeata* Miller (PAM) *in natura* e após cocção úmida (1; 2,5; 5 e 10 minutos); (C) Biplot considerando as variáveis que melhor discriminaram as espécies - fenólicos e AAT (métodos DPPH e co-oxidação do ácido linoleico/ $\beta$ -caroteno); Minimização da função STRESS em relação ao número de iterações necessárias para confirmação da seleção das variáveis ilustradas nas Figuras A (B) e C (D)

Conforme se observa na Figura 3C, as amostras de PAM cruas e tratadas termicamente que apresentaram, nestas condições experimentais, maior conteúdo fenólico, portanto, valores mais próximos aos maiores valores na escala do eixo preditivo referente a este composto, localizavam-se, também, nas regiões de maiores valores de proteção antioxidante, mensurada pelos dois métodos espectrofotométricos utilizados.

Ao contrário do comportamento verificado na espécie anterior, extratos foliares de PGH ocuparam, na Figura 3C, a região próxima aos menores valores nas escalas dos eixos preditivos referentes aos compostos fenólicos e percentual de proteção antioxidante pelos métodos DPPH e sistema de co-oxidação do  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico.

Além do menor teor fenólico em PGH, outros fatores podem ter contribuído para os resultados observados. Conforme verificado preliminarmente (Figura 2), folhas da espécie PGH foram detentoras do maior percentual de clorofila a.

O rompimento do tecido vegetal pelas forças externas do processamento resulta em redução da concentração desse pigmento que, pela remoção do fitol, adquire maior hidrossolubilidade. Em adição, a estrutura química mais instável deste tipo de pigmento, sob ação prolongada do calor, oxigênio e luz, transforma-se, parcialmente, em substâncias com poder pró-oxidante três vezes superior àquele apresentado pelo próprio pigmento. Tais condições poderiam contribuir para a redução da estabilidade oxidativa em folhas de OPN desta espécie (AQUINO et al., 2011). Outra questão a ser pontuada, e que possivelmente compromete a ação antioxidante determinada nesta amostra, também associada à ruptura da membrana, diz respeito à liberação e à perda de carotenoides para o meio de cocção e, conseqüentemente, da habilidade de suprimir radicais livres (AGOSTINI-COSTA et al., 2014; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008).

Por fim, não só o teor dos compostos antioxidantes aqui avaliados foi responsável pela discriminação das espécies, inclusive de seu potencial protetor, mas a existência e a ação de outros componentes químicos com propriedades antioxidantes mais bem extraídos após o processamento térmico e por solventes não utilizados nesse ensaio experimental.

Sri Nurestri, Sim e Norhanom (2009) isolaram e identificaram o 2,4-di-tert-butilfenol,  $\alpha$ -tocoferol e  $\beta$ -sitosterol, compostos relatados como antioxidantes e possíveis contribuintes para a maior atividade protetora (medida pela descoloração do  $\beta$ -caroteno) exibida pelos extratos de PGH após 1 minuto de cocção úmida (85%) em relação às amostras cruas (67%), superiores ainda ao percentual relatado por Sim; Sri Nurestri e Norhanom (2010a) em extratos de folhas da mesma espécie (80%).

Estes resultados superam, ainda, os encontrados por Turra et al. (2007), que estudaram o efeito do extrato de *Pereskia grandifolia* com diferentes solventes e verificaram que o diclorometano e o acetato de etila apresentaram a maior capacidade de sequestro de radicais livres de DPPH, de 25% e 30%, respectivamente.

#### 4 CONCLUSÃO

As espécies de ora-pro-nobis avaliadas apresentaram-se como fontes de proteínas e fibra alimentar, com destaque para a fração insolúvel e minerais.

Dentre os ácidos orgânicos, os complexantes de minerais (ácidos oxálico e fítico) predominaram nas duas espécies, enquanto o ácido ascórbico foi maior em *P. aculeata*.

*P. grandifolia* e *P. aculeata* foram bem discriminadas conforme o conteúdo mineral, maior nas folhas cruas em relação às tratadas termicamente.

Os tempos e os meios de cocção desta hortaliça não convencional, a fim de promover a maior retenção de compostos nutricionais/bioativos e ação antioxidante, variaram conforme a espécie vegetal avaliada.

*P. grandifolia* manteve os maiores índices de retenção de vitamina C e clorofila após tratamento térmico, embora as folhas cruas de ambas as espécies tenham apresentado o maior teor desses compostos.

Folhas da espécie *P. aculeata*, após os primeiros minutos de cocção úmida, apresentaram o maior teor de compostos fenólicos, grandemente associados à ação antioxidante.

Para cada uma das espécies, um método de preparação seria preferível para preservar sua qualidade nutricional e físico-química, cocção úmida para *P. aculeata* M. e consumo de folhas *in natura*, em se tratando da espécie *P. grandifolia* H.

## REFERÊNCIAS

- ABDELWAHAB, S. I. Anticancer, antioxidant and antibacterial activities of different extracts of *Pereskia grandifolia* Haw. (Cactaceae). **Journal of Jazan University - Applied Sciences Branch**, Rajab, v. 2, n. 2, p. 20-27, 2013.
- ABREU, W. C.; BARCELOS, M. F. P. Atividade antioxidante total da polpa de tomate submetida ao processamento térmico doméstico em diferentes tempos. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 71-76, 2012.
- AGOSTINI-COSTA, T. S. et al. Carotenoid composition of berries and leaves from a Cactaceae - *Pereskia* sp. **Journal of Functional Foods**, New York, v. 11, p. 178-184, Nov. 2014.
- ALMEIDA, M. F. E. et al. Chemical characterization of the non-conventional vegetable known as ora-pro-nobis. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 431-439, 2014.
- ALVES, N. E. G. et al. Efeito dos diferentes métodos de cocção sobre os teores de nutrientes em brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica*). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 70, n. 4, p. 507-513, 2011.
- AQUINO, A. C. M. S. et al. Estudo da influência de diferentes tempos e métodos de cocção na estabilidade dos teores de clorofila e ácido ascórbico em brócolis (*Brassica oleracea*). **Scientia Plena**, Aracajú, v. 7, n. 1, p. 1-7, 2011.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists**. 18<sup>th</sup> ed. Washington, 2005.
- BORG, I.; GROENEN, P. **Modern multidimensional scaling: theory and applications**. New York: Springer, 2005. 614 p.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **RDC nº 360**, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados. Brasília, 2003. 11 p.
- CAMPOS, F. M. et al. Estabilidade de compostos antioxidantes em hortaliças processadas: uma revisão. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 4, p. 481-490, out./dez. 2008.

- CARVALHO, E. G. et al. Wound healing properties and mucilage content of *Pereskia aculeata* from different substrates. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 24, n. 6, p. 677-682, nov./dez. 2014.
- CASTRO, N. C. C.; SCIO, E. The biological activities and chemical composition of *Pereskia* Species (Cactaceae): a review. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 69, n. 3, p. 189-195, Sept. 2014.
- CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: UNICAMP, 2007. v. 1, 208 p.
- COELHO, S. R. M. et al. Alterações no tempo de cozimento e textura dos grãos de feijão comum durante o armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 539-544, mar./abr. 2009.
- CORREIA, L. F. M.; FARAONI, A. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 1, p. 83-95, 2008.
- COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 4. ed. Barueri: Manole, 2012. 1368 p.
- DE LEEUW, J. Convergence of the majorization method for multidimensional scaling. **Journal of Classification**, New York, v. 5, p. 163-180, 1988.
- DEL-VECHIO G. et al. Efeito do tratamento térmico em sementes de abóboras (*Cucurbita* spp.) sobre os níveis de fatores antinutricionais e/ou tóxicos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 369-376, mar./abr. 2005.
- DISCHE, E. Calor ractions of carbohydrates. In: \_\_\_\_\_. **Methods in carbohydrates chemistry**. New York: Academic, 1962. v. 1, p. 477-512.
- DUARTE, M. R.; HAYASHI, S. S. Estudo anatômico de folha e caule de *Pereskia aculeata* Mill. (Cactaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v. 15, n. 2, p. 103-109, 2005.
- DZIEDZIC, K. et al. Influence of technological process during buckwheat groats production on dietary fiber content and sorption of bile acids. **Food Research International**, Barking, v. 47, n. 2, p. 79-283, Dec. 2012.

EEA, K. Y.; YATES, P. Nutritional and antinutritional evaluation of raw and processed Australian wattle (*Acacia saligna*) seeds. **Food Chemistry**, Oxford, v. 138, n. 2/3, p. 762-769, June 2013.

EDWARDS, E. J.; DONOGHUE, M. J. *Pereskia* and the origin of the cactus life-form. **The American Naturalist**, Chicago, v. 167, n. 6, p. 777-793, June 2006.

EVERETTE, J. D. et al. Thorough study of reactivity of various compound classes toward the Folin-Ciocalteu reagent. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 58, n. 14, p. 8139-8144, June 2010.

GOWER, J. C.; HAND, D. J. **Biplots**. London: Chapman & Hall, 1996. 277 p.

HES, M. et al. Effect of boiling in water of barley and buckwheat groats on the antioxidant properties and dietary fiber composition. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 69, n. 3, p. 276-282, June 2014.

INSTITUTE OF MEDICINE. Food and Nutrition Board. **Dietary reference intakes for energy, carbohydrate: fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids: applications in dietary planning**. Washington: National Academy Press, 2002. Disponível em: <<http://www.nap.edu>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

KAWASHIMA, L. M.; VALENTE SOARES, L. M. Efeito do tempo de branqueamento na extração seletiva de elementos minerais do substituto de espinafre (*Tetragonia expansa*) comumente empregado no Brasil. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 419-424, 2005.

KAZAMA, C. C. et al. Involvement of arginine-vasopressin in the diuretic and hypotensive effects of *Pereskia grandifolia* Haw. (Cactaceae). **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 144, n. 1, p. 86-93, Oct. 2012.

KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. Teores de proteína e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 846-857, 2008.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. Nova Odessa: Plantarum, 2014. 768 p.

LEJA, M. et al. The content of phenolic compounds and radical scavenging activity varies with carrot origin and root color. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 68, n. 2, p. 163-170, June 2013.

LISIEWSKA, Z. et al. Amino acid profile of raw and as-eaten products of spinach (*Spinacia oleracea* L.). **Food Chemistry**, Oxford, v. 126, n. 2, p. 460-465, May 2011.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause's food and nutrition care process**. 13<sup>th</sup> ed. Missouri: Elsevier Health Sciences, 2008. 1227 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípio e aplicações**. 2. ed rev. e atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARTINEVSKI, C. S. et al. Utilização de Bertalha (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) e Ora-Pro-Nobis (*Pereskia aculeata* Mill.) na elaboração de pães. **Brazilian Journal Food and Nutrition**, Araraquara, n. 24, p. 255-370, 2013.

MAZIA, R. S.; SARTOR, C. F. P. Influência do tipo de solo usado para o cultivo de *Pereskia aculeata* sobre propriedade proteica. **Revista Saúde e Pesquisa**, Maringá, v. 5, n. 1, p. 59-65, 2012.

MERCÊ, A. L. R. et al. Complexes of arabinogalactan of *Pereskia aculeata* and  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  and  $\text{Ni}^{2+}$ . **Bioresource Tecnologia**, Barking, v. 76, n. 1, p. 29-37, 2001.

MIGLIO, C. et al. Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 1, p. 139-147, Jan. 2008.

NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Journal Japanese Society for Food Science and Technology**, Tokyo, v. 39, n. 10, p. 925-928, Oct. 1992.

NAWIRSKA-OLSZAŃSKA, A. et al. Characteristics of organic acids in the fruit of different pumpkin species. **Food chemistry**, Oxford, v. 148, p. 415-419, Apr. 2014.

OLIVEIRA, A. P. et al. Organic acids composition of *Cydonia oblonga* Miller leaf. **Food Chemistry**, Oxford, v. 111, n. 2, p. 393-399, Nov. 2008.

ORNELLAS, L. H.; KAJISHIMA, S.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. **Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos**. 8. ed. São Paulo: Atheneu, 2007. 276 p.

PELLEGRINI, N. et al. Effect of different cooking methods on color, phytochemical concentration, and antioxidant capacity of raw and frozen brassica vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 58, n. 7, p. 4310-4321, 2010.

PHILIPPI, S. T. **Nutrição e técnica dietética**. 2. ed. Barueri: Manole, 2006. 424 p.

PINTO, N. C. C. et al. Cytotoxic and antioxidant activity of *Pereskia aculeata* Miller. **Pharmacologyonline**, Salerno, v. 3, p. 63-69, Dec. 2012.

PODSEDEK, A. Natural antioxidants capacity of brassica vegetables: a review. **Food Science and Technology**, London, v. 40, n. 1, p. 1-11, 2007.

PUUPPONEN-PIMIÄ, R. et al. Blanching and longterm freezing affect various bioactive compounds of vegetables in different ways. **Journal of the Science and Food Agriculture**, London, v. 83, n. 14, p. 1389-1402, Nov. 2003.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 10 out. 2014.

ROCHA, D. R. da C. et al. Macarrão adicionado de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller) desidratado. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 4, p. 459-465, out./dez. 2008.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. et al. Updated Brazilian database on food carotenoids: factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 21, n. 6, p. 445-463, Sept. 2008.

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema  $\beta$ -caroteno/Ácido Linoléico**. Brasília: EMBRAPA, 2006. 16 p. (Comunicado Técnico, 126).

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Brasília: EMBRAPA, 2007. 12 p. (Comunicado Técnico, 127).

SALAZAR, J. et al. Chemical composition and antinutritional factors of *Lycianthes synanthera* leaves (chomte). **Food Chemistry**, Oxford, v. 97, n. 2, p. 343-348, July 2006.

SANTOS, M. A. T.; ABREU, C. M. P.; CARVALHO, V. D. Efeito de diferentes tempos de cozimento nos teores de minerais em folhas de brócolis, couve-flor e couve (*Brassica oleracea* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 597-604, maio/jun. 2003.

SCHEIBLER, J. et al. Quantificação de micronutrientes em vegetais submetidos a diferentes métodos de cocção para doente renal crônico. **ConsScientiae Saúde**, São Paulo, v. 9, n. 4, p. 549-555, 2010.

SCHOEFS, B. Chlorophyll and carotenoid analysis in food products: properties of the pigments and methods of analysis. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 13, n. 11, p. 361-371, Nov. 2002.

SEABRA, R. M. et al. Anti-oxidant compounds extracted from several plant materials. In: \_\_\_\_\_. **Biomaterials from aquatic and terrestrial organisms**. New Hampshire: Science, 2006. p. 115-174.

SILVA, M. R. et al. Caracterização química e antinutricional de farinhas de hortaliças não-convencionais. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 7, n. 3, p. 51-57, set. 2013.

SILVA-JÚNIOR, A. A. da et al. Pão de ora-pro-nobis: um novo conceito de alimentação funcional. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 23, n. 1, p. 35-37, 2010.

SILVA SOBRINHO, S. da et al. Emulsified cooked sausages enriched with flour from ora-pro-nobis leaves (*Pereskia aculeata* Miller). **International Food Research Journal**, Selangor, v. 22, n. 1, p. 318-323, 2015.

SIM, K. S. et al. Acute oral toxicity of *Pereskia bleo* and *Pereskia grandifolia* in mice. **Pharmacognosy Magazine**, Mumbai, v. 6, n. 21, p. 67-70, 2010.

SIM, K. S.; SRI NURESTRI, A. M.; NORHANOM, A. W. Phenolic content and antioxidant activity of *Pereskia grandifolia* Haw. (Cactaceae) extracts. **Pharmacognosy Magazine**, Mumbai, v. 6, n. 23, p. 248-254, 2010.

SIMÃO, A. A. et al. Pharmacotoxic characterization of the aqueous extract from *Pereskia grandifolia* leaves. **Journal of Medicinal Plants Research**, Nsukka, v. 9, n. 7, p. 216-222, Feb. 2015.

SOUSA, R. M. F. et al. Atividade antioxidante de extratos de folhas de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Mill.) usando métodos espectrofotométricos e voltamétricos *in vitro*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 448-457, jun. 2014.

SOUZA, M. R. M. et al. O potencial do ora-pro-nobis na diversificação da produção agrícola familiar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 3550-3554, nov. 2009.

SRI NURESTRI, A. M.; SIM, K. S.; NORHANOM, A. W. Phytochemical and cytotoxic investigations of *Pereskia grandifolia* Haw (Cactaceae) leaves. **Journal of Biological Sciences**, Singapore, v. 9, n. 5, p. 488-493, 2009.

STREIT, N. M. et al. As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 748-755, maio/jun. 2005.

STROHECKER, R. L.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madri: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

TAKEITI, C. Y. et al. Nutritive evaluation of a non-conventional leafy vegetable (*Pereskia aculeata* Miller). **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Hants, v. 60, n. 1, p. 148-160, Aug. 2009.

TORRES, G. F. et al. Efeito do processo hidrotérmico sobre o teor de fibra alimentar em hortaliças. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 2, p. 337-346, jul./dez. 2006.

TURRA, A. F. et al. Avaliação das propriedades antioxidantes e susceptibilidade antimicrobiana de *Pereskia grandifolia* Haworth (Cactaceae). **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, Cascavel, v. 11, n. 1, p. 9-14, 2007.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Report of the dietary guidelines advisory committee on the dietary guidelines for americans: to the Secretary of Agriculture and the Secretary of Health and Human Services**. Washington, 2010. 95 p.

VALLEJO, F.; TOMAS-BARBERAN, F. A.; GARCIA-VIGUERA, C. Potential bioactive compounds in health promotion from broccoli cultivars grown in Spain. **Journal of the Science and Food Agriculture**, London, v. 82, n. 11, p. 1293-1297, Sept. 2002.

WATERHOUSE, A. L. Polyphenolics: determination of total phenolics. In: WROLSTAD, R. E. (Ed.). **Current protocols in food analytical chemistry**. New York: J. Wiley, 2002. p. 11-18.

Será anexada, como suplemento, a figura que ilustra a sequência operacional das análises experimentais realizadas em folhas *in natura* e em folhas submetidas aos meios de cocção úmida e mista, por diferentes tempos.

**Suplemento 1**

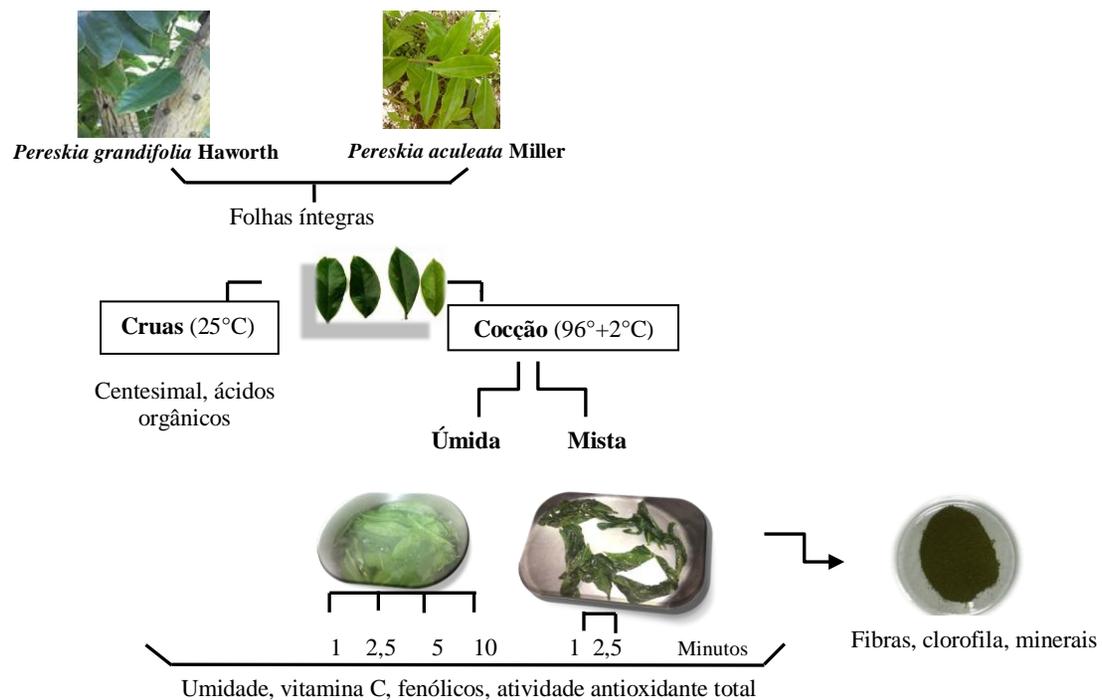


Figura 1 Fluxograma geral de realização das análises físico-químicas, cromatográficas e antioxidantes nas folhas de *P. grandifolia* e *P. aculeata* cruas e sob tratamento térmico

## ARTIGO 2

### ASPECTOS NUTRICIONAIS E ANTINUTRICIONAIS DE ORA-PRO-NOBIS

#### RESUMO

O ora-pro-nobis é uma hortaliça não convencional, fonte de compostos bioativos. Entretanto, antinutrientes originados do seu metabolismo podem interferir na utilização e na ação desses compostos. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito do tempo e o tipo de tratamento térmico sobre as propriedades nutricionais e antinutricionais de folhas de duas espécies de ora-pro-nobis, *Pereskia grandifolia* Haworth e *Pereskia aculeata* Miller, por meio de técnicas uni e multivariadas. O perfil aminoacídico, por CLAE, e o escore químico das folhas *in natura* foram também determinados. As amostras analisadas demonstraram semelhantes o perfil aminoacídico (aminoácidos sulfurados limitantes) e o teor de fibra alimentar total predominantemente insolúvel. Dentre os compostos antinutricionais, o tratamento térmico foi capaz de reduzir o conteúdo de nitrato em relação às amostras *in natura*, bem como a inibição da enzima tripsina, principalmente após os primeiros minutos de cocção úmida, na espécie *P. grandifolia*. Predominaram nas duas espécies de *Pereskia* o ácido oxálico e os taninos. Considerando-se a interação com o tempo, as variáveis relativas aos minerais Fe e Zn minimizaram a resposta de taninos em *P. grandifolia* Haworth e *P. aculeata* Miller, respectivamente. A interferência dos meios e dos tempos de cocção em componentes químicos presentes nas folhas destas espécies de ora-pro-nobis culminaram com o comportamento de grande retenção antinutricional verificado após o tratamento térmico.

Palavras-chave: *Pereskia grandifolia* Haworth. *Pereskia aculeata* Miller. Oxalato. Taninos. Inibidor de tripsina. Zinco. Fonte de ferro.

## 1 INTRODUÇÃO

As espécies comestíveis do gênero *Pereskia*, *P. grandifolia* Haworth e *P. aculeata* Miller, popularmente denominadas ora-pro-nobis, são fontes reconhecidas de proteínas, fibra alimentar, vitaminas A, B e C, e minerais como cálcio, zinco e ferro, compostos que fazem desse vegetal um importante aliado contra a carência proteica e de micronutrientes (ALMEIDA et al., 2014; CASTRO; SCIO, 2014; HES et al., 2014).

Em situação rotineira de preparo, folhas de ora-pro-nobis cruas, cozidas ou refogadas, são utilizadas na alimentação diária da população e, quando desidratadas, podem agregar valor nutricional em massas de pão, macarrão e de outras formulações de boa aceitabilidade e baixo custo com elevação dos teores de proteínas e fibras (MARTINESVISKI et al., 2013; ROCHA et al., 2008; SILVA-JÚNIOR et al., 2010; SILVA SOBRINHO et al., 2015).

Um dos principais problemas na exploração das folhas de vegetais como fonte de nutrientes está nos fatores antinutricionais e/ou tóxicos, como nitrato, inibidores de tripsina, oxalatos e taninos, que podem ser tóxicos e/ou interferir na digestibilidade e na biodisponibilidade de alguns nutrientes, como proteínas e minerais.

Nitratos são tóxicos em grandes quantidades e potencialmente cancerígenos, enquanto inibidores de tripsina são capazes de bloquear a ação de enzimas proteolíticas e provocar perdas endógenas de aminoácidos essenciais, principalmente sulfurados (CHEVREUIL et al., 2011; PISULEWSKA; PISULEWSKI, 2000). O ácido oxálico apresenta a propriedade de se ligar a íons cálcio e ferro, e, devido à formação de sais insolúveis, interferir na biodisponibilidade desses minerais (FERREIRA; ARÊAS, 2010). Os taninos, por sua vez, após a lesão do vegetal que os contenha, são capazes de se

complexar com proteínas e minerais, entre outros polímeros, indisponibilizando-os ao organismo humano (BENEVIDES et al., 2013).

Portanto, esses fatores antinutricionais devem ser reduzidos ou eliminados e sabe-se que o processamento térmico de alimentos, por um lado, pode melhorar alguns aspectos nutricionais e sensoriais, e, por outro, acarretar perdas de alguns nutrientes e antinutrientes pela ação do calor, lixiviação e complexação entre essas substâncias, dificultando sua extração e disponibilidade para o organismo (CAMPOS et al., 2008; CORREIA; FARAONI; PINHEIRO-SANT'ANA, 2008; DEL-VECHIO et al., 2005; PELLEGRINI et al., 2010; SANTOS, 2006).

Considerando-se que as folhas de ora-pro-nobis podem ser utilizadas como fontes, de baixo custo, de proteínas, minerais como ferro, cálcio e zinco, entre outros micronutrientes e ainda de fibras, e de mostrarem-se relevantes na prevenção e/ou na recuperação da desnutrição, objetivou-se, neste trabalho, determinar o perfil aminoacídico das proteínas das folhas das espécies *Pereskia grandifolia* Haworth e *Pereskia aculeata* Miller e investigar o comportamento dos fatores antinutricionais, bem como dos minerais aos quais podem se complexar, em folhas das duas espécies de ora-pro-nobis sob diferentes meios e tempos de tratamentos térmicos.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Material vegetal**

As folhas de ora-pro-nobis (OPN) das espécies comestíveis do gênero *Pereskia*, *Pereskia grandifolia* Haworth (PGH) e *Pereskia aculeata* Miller (PAM) foram colhidas no Horto Medicinal, Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, Minas Gerais, Brasil, e selecionadas, descartando-se os pecíolos e aquelas com sintomas de amarelecimento e danificadas. Em seguida, foram higienizadas em água corrente, imersas em hipoclorito de sódio (200 ppm), novamente lavadas em água destilada e drenadas.

### **2.2 Preparo das amostras**

Folhas cruas das espécies de ora-pro-nobis PGH e PAM foram separadas conforme o ensaio experimental realizado. Uma parcela das amostras foliares de ambas as espécies foi mantida crua para análise de aminoácidos e a outra submetida aos diferentes tipos e tempos de tratamentos térmicos para análises de minerais, fibras e compostos antinutricionais.

A cocção das hortaliças foi realizada conforme as práticas culinárias utilizadas em domicílio, possibilitando a análise da concentração dos compostos em condições semelhantes às reais de preparação e consumo. Após a otimização das condições de cozimento, foram utilizadas técnicas de cocção em meio úmido (cocção em ebulição) e misto (refogamento), conforme o meio de transferência de calor (ORNELLAS; KAJISHIMA; VERRUMA-BERNARDI, 2007; PHILIPP, 2006), mantendo-se, em ambos os tratamentos, a temperatura constante ( $96 \pm 2$  °C), controlada por termômetro digital do tipo laser, marca

Instruterm®. A cocção em ebulição foi realizada após a adição das folhas cruas em água destilada em ebulição, suficiente para cobrir a hortaliça, na proporção de 1: 4 (p / v) em recipiente aberto de aço inoxidável e o tempo de cozimento, medido a partir do momento em que a água voltou a ebulir novamente, nos tempos 1; 2,5; 5 e 10 minutos, tendo sido descartada, em seguida, a água de cocção. A cocção mista, na proporção de 3 mL (1/2 colher de sobremesa) de óleo de soja (comumente utilizado pela população neste tipo de processamento) para 50 g de amostra (folhas das hortaliças), foi realizada nos tempos 1 e 2,5 minutos, com os mesmos utensílios e nas mesmas condições do método anterior.

Após a cocção, o material vegetal foi resfriado em banho de gelo e drenado. Posteriormente, uma parte das amostras foi encaminhada para estufa, a 60 °C, para secagem, até atingir percentual de umidade inferior a 10%. Em seguida, foram trituradas em moinho de facas (Marconi) para a obtenção de um pó homogêneo (3 vezes/20 segundos) que foi passado em peneiras de 32 mesh e armazenado em vidros âmbar até o momento das análises.

### **2.3 Análises realizadas**

Todas as análises químicas foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em matéria seca. Os reagentes utilizados foram obtidos da Companhia Sigma-Aldrich (EUA) ou da Companhia Merck (Alemanha) e os outros produtos químicos eram de série analítica.

#### **2.3.1 Análise cromatográfica de aminoácidos e determinação do escore químico**

Determinou-se o perfil aminoacídico das proteínas das folhas cruas das espécies de ora-pro-nobis *Pereskia grandifolia* Haworth (PGH) e *Pereskia*

*aculeata* Miller (PAM), pela metodologia descrita por Prates (2002), utilizando-se peso equivalente a 20 mg de proteína bruta. Após os procedimentos analíticos, tomou-se 1 mL da amostra, filtrou-se em unidade Millex (membrana PTFE, 0,22 mm de diâmetro de poro e 13 mm de diâmetro) e colocou-se no amostrador automático, para posterior injeção no analisador de aminoácidos, nas seguintes condições analíticas: volume de injeção: 10 mL; temperatura de forno: 60 °C; detector de fluorescência: EX 1 350 nm, EM 1 450 nm; coluna de separação: Shim-pack Amino-Na e coluna Trap de Amônia: Shim-pack ISC-30Na. O perfil de aminoácidos foi determinado utilizando-se uma coluna C18, 3,9 mm (diâmetro interno) X 150 mm (comprimento) e 20 µL de volume injetado e um padrão de aminoácidos foi utilizado para construir a curva de calibração.

Para a verificação dos aminoácidos limitantes foi realizado o escore químico de aminoácidos (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2002), mediante o cálculo do quociente de cada um dos aminoácidos essenciais (mg) contidos na proteína teste (g) pelo mesmo aminoácido na proteína de referência, multiplicando-se, em seguida, o resultado por 100 (YOUNG; PELLETT, 1994). A correção pela digestibilidade proteica, em percentagem, foi calculada tomando-se como base a média da digestibilidade proteica relatada nos trabalhos de Almeida-Filho e Cambraia (1974), de 77,7%, e de Takeiti et al. (2009), de 75,9%, multiplicando-se pelo conteúdo de aminoácidos na proteína das folhas de ambas as espécies.

### **2.3.2 Análise de bioativos**

As folhas cruas das hortaliças das espécies de ora-pro-nobis *Pereskia grandifolia* Haworth e *Pereskia aculeata* Miller, após serem submetidas aos dois tratamentos térmicos propostos neste trabalho, cocção úmida (cozimento em

água) e cocção mista (refogamento utilizando óleo), foram encaminhadas para algumas análises de compostos bioativos.

A fibra alimentar total e as frações (solúvel e insolúvel) foram determinadas pelo método enzimático-gravimétrico (kit-*dietary fiber total* Sigma®), conforme Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2005).

A análise dos minerais foi realizada segundo a metodologia de Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), utilizando-se espectrômetro de absorção atômica, modelo SpectrAA 110, Varian, calibrado em condições específicas de comprimento de onda, fenda e mistura dos gases para cada elemento. Para a construção da curva de calibração, foram utilizadas ampolas de padrões para absorção atômica Merck, devidamente diluídas com água deionizada.

O nitrato foi quantificado por método colorimétrico (CATALDO et al., 1975), pela nitração do ácido salicílico sob condições altamente ácidas, após leitura em espectrofotômetro (Nova 2000 UV) a 410 nm.

Para a determinação do inibidor de tripsina, os extratos, diluídos na proporção de 1:5, foram preparados conforme Souza et al. (2011), na proporção de 1 g de matéria seca para 20 mL de água. O sobrenadante, denominado inibidor, foi utilizado nos ensaios de inibição enzimática e a atividade da enzima determinada segundo metodologia proposta por Erlanger, Kokowsky e Cohen (1961). A inibição enzimática foi obtida a partir da determinação das inclinações das retas (absorbância x tempo) dos ensaios de atividade das enzimas controle (sem amostra) e enzimas com inibidor (com amostra), e os valores de absorbância convertidos em  $\mu\text{mol}$  de produto, utilizando-se o coeficiente de extinção molar do BApNA.

O ácido oxálico foi determinado pelo método titulométrico (AOAC, 1990) extraído a quente em HCl e ácido caprílico, precipitado e quantificado por meio de titulação com permanganato de potássio.

Os taninos, extraídos com metanol (80%) pelo método de Swain e Hillis (1959), foram dosados por método colorimétrico conforme AOAC (1990) e Deshpande, Cheryan e Salunkhe (1986).

### **2.3 Metodologia estatística**

Inicialmente, uma análise descritiva foi conduzida para se conhecer o perfil aminoacídico das proteínas foliares das espécies PGH e PAM. Para demonstrar as diferenças existentes na composição química entre as espécies conforme o tempo e os meios de cocção utilizados, foram utilizadas as técnicas estatísticas uni e multivariadas.

A técnica estatística univariada foi utilizada para a interpretação dos teores de nitrato e inibidor de tripsina, por meio da análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância ( $p < 0,05$ ).

Uma vez que as técnicas de análise multivariada utilizam, simultaneamente, todas as variáveis na interpretação teórica do conjunto de dados obtidos e pela existência de uma estrutura de correlação entre algumas delas, estas técnicas exploratórias foram utilizadas na avaliação e na interação dos dados relativos aos teores de fibra alimentar total, ácido oxálico e taninos, bem como dos minerais com os quais podem se complexar, antes e após tratamento térmico.

Após a obtenção dos resultados, procedeu-se à análise de componentes principais (ACP) e Biplots (GOWER; HAND, 1996) para identificar quais tratamentos térmicos foram discriminados entre as espécies, bem como as variáveis que mais contribuíram para essa discriminação.

Para cada espécie foi ajustado um modelo de superfície de resposta (MSR) (ANDERSON-COOK; BORROR; MONTGOMERY, 2009), com o

propósito de determinar a combinação entre o tempo e os valores da variável de maior importância identificada no modelo que proporcionasse a resposta mínima para a variável taninos (TAN).

O sistema de análise estatística R Core Team (2014) foi utilizado na realização das análises e rotina computacional para ACP e MSR.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Determinação do escore químico e perfil aminoacídico

Conforme dados da Tabela 1, o perfil aminoacídico e o escore químico apresentados na fração proteica das folhas *in natura* das duas espécies de OPN foram similares, tanto de forma quantitativa como qualitativa, embora os teores de proteína tenham sido diferentes entre PGH (27,68%) e PAM (23,34%) (estudos preliminares). Dentre os aminoácidos essenciais prevaleceram leucina (6,96%), lisina (5,37%) e fenilalanina (5,02%), em valores próximos aos relatados em outros estudos realizados em folhas de PAM (ALBUQUERQUE; SABAA-SRUR; FREIMAN, 1991; ALMEIDA FILHO; CAMBRAIA, 1974; DAYRELL; VIEIRA, 1977a, 1977b). Foi demonstrada, ainda, alta concentração do aminoácido lisina, em comparação com outros vegetais folhosos, superando mais de 20 vezes os teores na couve e na alface e cerca de sete vezes àquele encontrado em espinafre (MERCÊ et al., 2001a, 2001b).

Tabela 1 Valores médios e desvios padrões dos teores de aminoácidos (base seca) e escore químico dos aminoácidos essenciais das proteínas de folhas de *Pereskia grandifolia* Haworth (PGH) e *Pereskia aculeata* Miller (PAM) - UFLA, Lavras, 2014

Aminoácidos essenciais	Espécies de OPN		Requisitos AAE <sup>*1</sup>	Espécies de OPN	
	PGH	PAM		PGH	PAM
	(mg g <sup>-1</sup> proteína)			Escore químico <sup>*2</sup> (%)	
Histidina	24,6±0,10	24,0±0,10	15	164 (127,4)	160 (124,3)
Isoleucina	37,5±0,06	36,9±0,04	30	125 (97,13)	123(95,57)
Leucina	69,6±0,07	69,0±1,00	59	118 (91,69)	117 (90,91)
Lisina	54,0±0,20	53,4±0,08	45	120 (93,24)	119 (92,46)
<u>Sulfurados</u> (Met + Cis)	17,84±0,4 (16,9±0,94)	17,18±0,04 (16,3±0,88)	22	81 (62,94)	78 (60,61)
<u>Aromáticos</u> (Fen + Tir)	54,37±0,1 (50,5±3,87)	53,71±0,09 (49,9±3,81)	38	143 (111,1)	141 (109,6)
Treonina	30,6±1,05	30,0±0,09	23	133 (103,3)	130 (101,0)
Valina	47,5±0,09	46,9±0,20	39	122 (94,79)	120 (93,24)
Triptofano	21,7±0,1	21,1±0,12	6	362 (281,3)	352 (273,5)
<b>Total</b>	<b>357,71</b>	<b>352,19</b>	<b>277,0</b>		
<u>Aminoácidos não essenciais</u>					
Arginina	49,7±0,02	49,1±0,01			
Ác. Aspártico	6,92±0,02	6,86±0,07			
Serina	2,76±0,09	2,7±0,06			
Glicina	4,72±0,08	4,66±0,07			
Ác. glutâm	10,03±0,08	9,97±0,09			
Prolina	5,94±0,09	5,88±0,09			
Alanina	3,74±0,09	3,68±0,09			

\*<sup>1</sup>Requisitos de aminoácidos indispensáveis para adultos - estimativas atuais FAO/WHO (2002)

\*<sup>2</sup>Escore químico de aminoácidos essenciais corrigido pela digestibilidade proteica verdadeira (77,7%)

Representando 5%-6% (p/p) do conteúdo total da proteína foliar e considerando a essencialidade na alimentação humana desse aminoácido limitante no arroz, alimento predominante na dieta do brasileiro e de outros países, este dado torna-se relevante na composição química das folhas de PGH e PAM.

Ao avaliarem o perfil aminoacídico em PAM, Takeiti et al. (2009) confirmaram a adequação do perfil de aminoácidos nas folhas desta hortaliça, exceto para lisina e aminoácidos sulfurados (metionina + cistina), considerados limitantes.

Destaca-se a inexistência, para fins de comparação, de outros trabalhos que tenham analisado a composição aminoacídica de folhas de PGH, espécie de hortaliça não convencional de igual riqueza nutricional e bioativa.

Folhas frescas de couve (*Brassica oleracea* L. Var. Acephala) apresentaram, como aminoácidos dominantes, ácido glutâmico (12%), prolina (12%) e ácido aspártico (10%), enquanto lisina e leucina foram limitantes (LISIEWSKA; KMIĘCIK; KORUS, 2008). Lisiewska et al. (2011) encontraram aproximadamente 25,9% (MS) de proteína em folhas de espinafre (*Spinacia oleracea* L.) e 49% desse total de aminoácidos essenciais, enquanto, para este folhoso, os autores determinaram como limitantes da qualidade proteica os aminoácidos cistina e metionina.

Quanto à qualidade da proteína foliar nas espécies PGH e PAM (Tabela 1), o escore aminoacídico foi superior a 100%, em todos os aminoácidos analisados. Entretanto, por se tratar de proteína vegetal, este valor foi corrigido pela digestibilidade verdadeira, em torno de 76%, e o escore aminoacídico manteve-se elevado apenas para os aminoácidos histidina, aromáticos (fenilalanina e tirosina), treonina e triptofano, decaindo ainda mais para os aminoácidos sulfurados (metionina e cisteína).

As proteínas das cactáceas em questão são classificadas como incompletas, pois apresentam deficiências em um ou mais aminoácidos essenciais. Equiparam-se à constituição proteica de leguminosas, consideradas as mais adequadas, contendo de 10% a 30% de proteínas, entretanto apresentam, como esta, deficiência em aminoácidos sulfurados.

Considerando-se que as proteínas vegetais podem contribuir consideravelmente com a ingestão proteica total da população, uma das alternativas para melhorar a qualidade nutricional das proteínas nesses vegetais folhosos trata-se da mistura de fontes proteicas diferentes que apresentam concentrações elevadas do aminoácido limitante da outra, de forma recíproca.

Uma adequada adição de ora-pro-nobis em preparações que contenham cereais (arroz, trigo, milho) e, até mesmo, complementando a típica mistura arroz com feijão, poderia compor uma preparação de alta qualidade proteica.

### **3.2 Impacto do tratamento térmico na composição bioativa foliar**

Sabe-se que o principal problema na exploração dos vegetais folhosos como fonte de nutrientes está nos fatores antinutricionais e/ou tóxicos que podem interferir na biodisponibilidade e na digestibilidade de alguns nutrientes. Na Tabela 2 estão dispostos os teores de alguns desses compostos, bem como de minerais com os quais podem se complexar, determinados em amostras foliares das espécies PGH e PAM cruas e sob diferentes meios e tempos de cocção.

Alguns compostos antinutricionais não complexam com minerais, mas são tóxicos quando ingeridos em grandes quantidades e/ou se complexam com fibras e proteínas.

Conforme os teores de nitrato, na Tabela 2, verifica-se que as folhas *in natura* da espécie PGH foram detentoras dos maiores teores deste antinutriente (1100,9 mg 100 g<sup>-1</sup>), quatro vezes superiores aos observados em PAM (270,2 mg 100 g<sup>-1</sup>). Como foram cultivadas no mesmo solo, com as mesmas características físico-químicas (estudos preliminares), fatores ambientais, provavelmente, não foram responsáveis pela diferença na concentração de nitrato entre as espécies.

Tabela 2 Valores médios de fibra alimentat total, minerais e antinutricionais (ácido oxálico, taninos, nitrato e inibidores de tripsina) em folhas de *Pereskia grandifolia* Haworth (PGH) e *Pereskia aculeata* Miller (PAM) *in natura* e submetidas aos processos de cocção úmida e mista por diferentes tempos. UFLA. Lavras, MG, 2014

Tratamentos	Fibra Alimentar (mg.100 g <sup>-1</sup> )	Minerais (mg.100 g <sup>-1</sup> )						Acido Oxálico	Taninos (mg.100g <sup>-1</sup> )	Nitrato <sup>*1</sup>	UTI <sup>*2</sup> (20 mL/g)
		P	Mg	K	Ca	Zn	Fe				
<b>PGHFC</b>	<b>52,8</b>	<b>202</b>	<b>2333</b>	<b>3986</b>	<b>2550</b>	<b>3,6</b>	<b>17,2</b>	<b>7891,9</b>	<b>2368,7</b>	<b>1100,9<sup>b</sup></b>	<b>1084,4<sup>a</sup></b>
PGHCU1	48,9	191	1968	2435	2800	3,6	15,4	4310,8	2347,8	922,7 <sup>c</sup>	284,7 <sup>b</sup>
PGHCU2,5	51,2	190	1808	2228	2461	3,6	15,5	5135,1	2645,3	1208,1 <sup>a</sup>	155,2 <sup>d</sup>
PGHCU5	49,3	195	1795	2258	2655	3,5	17,4	5959,6	2474,9	1072,6 <sup>c</sup>	91,5 <sup>e</sup>
PGHCU10	47,5	190	1754	2217	2847	3,5	20,6	6202,7	2606,4	1037,1 <sup>d</sup>	180,5 <sup>c</sup>
PGHCM1	48,6	175	1395	3349	1826	2,9	14,9	6060,8	1813,9	199,3 <sup>f</sup>	181,3 <sup>c</sup>
PGHCM2,5	36,8	165	1544	2985	1840	2,8	15,7	6097,7	2496,4	194,8 <sup>f</sup>	181,0 <sup>c</sup>
<b>PAMFC</b>	<b>51,0</b>	<b>184</b>	<b>936</b>	<b>4425</b>	<b>4095</b>	<b>6,3</b>	<b>21,3</b>	<b>5858,8</b>	<b>3085,0</b>	<b>270,2<sup>b</sup></b>	<b>1324,0<sup>a</sup></b>
PAMCU1	41,5	160	1093	3818	4211	6,1	13,9	9729,7	3558,5	269,5 <sup>b</sup>	221,1 <sup>b</sup>
PAMCU2,5	40,2	160	936	3579	4066	5,3	12,3	9993,2	3803,7	264,6 <sup>b</sup>	185,3 <sup>c</sup>
PAMCU5	45,6	160	965	3510	4165	5,2	12,7	9878,4	3616,5	277,9 <sup>a</sup>	171,8 <sup>d</sup>
PAMCU10	36,7	165	763	3276	4275	5,2	11,6	9998,2	3297,9	242,4 <sup>c</sup>	188,5 <sup>c</sup>
PAMCM1	37,2	120	705	2621	3145	3,9	12,3	7168,9	3626,9	191,6 <sup>e</sup>	224,5 <sup>b</sup>
PAMCM2,5	40,6	125	851	2554	3723	4,7	13,8	7493,2	2727,5	218,5 <sup>d</sup>	224,2 <sup>b</sup>

Todos os procedimentos foram conduzidos em triplicata e os resultados expressos em matéria seca./FC - folhas cruas; CU - cocção úmida; CM - cocção mista; Tempo de cocção - 1; 2,5; 5 e 10 minutos./Estatística univariada realizada para análises de nitrato e UTI por meio do teste de Tukey - mesmas letras nas colunas não existe diferença significativa entre os tratamentos, na mesma espécie ( $p \leq 0,05$ )/<sup>\*1</sup>Nitrato: CV = 0,49%; EP=1,50/<sup>\*2</sup>UTI (unidades de tripsina inibida em  $\mu\text{mol min}^{-1}\text{g}^{-1}$  em 20 mL de extrato): CV = 0,96%; EP=1,85

Almeida et al. (2014), avaliando os teores desse antinutricional nas mesmas espécies de *Pereskia*, de localidades diferentes, encontraram também valores discrepantes, entretanto, a farinha de *P. aculeata* apresentava teores de nitrato 15 vezes superiores aos observados em *P. grandifolia*.

As quantidades representativas de nitrato em PGH (Tabela 2) podem contribuir, como outros vegetais verdes folhosos, com quantidade significativa do nitrato total ingerido na alimentação humana (SANTOS, 2006).

Quanto à influência do tratamento térmico (Tabela 2), amostras foliares submetidas ao calor úmido, em ambas as espécies, apresentaram índice de retenção de nitrato entre 80% e 98%. Após os processos de cocção mista, folhas de PGH mantiveram apenas 1/5 do valor observado em folhas cruas (17,9%), enquanto em PAM a retenção média foi de 76%. Sugere-se que mais estudos a respeito da redução na determinação do nitrato, principalmente em folhas de PGH tratadas termicamente, sejam realizados na tentativa de excluir a hipótese de que tais compostos estejam sendo reduzidos a nitritos, potencialmente cancerígenos.

Os inibidores de proteases são amplamente distribuídos no reino vegetal (LISIEWSKA et al., 2011; LOPES et al., 2009; PEREIRA et al., 2011; SALAZAR et al., 2006) e sua presença em folhas de ora-pro-nobis, conforme a Tabela 2, mantêm o caráter antinutricional do extrato desses vegetais folhosos. Folhas cruas da espécie PAM foram detentoras da maior inibição, com 1.324 unidades de enzima inibida em  $\mu\text{mol min g}^{-1}$  extrato, ao passo que, no extrato de folhas cruas de PGH, foi observada inibição, nas mesmas condições, de 1.084 UTI 20 mL  $\text{g}^{-1}$ . O tratamento térmico possibilitou a redução significativa da inibição dessa protease ( $p \leq 0,05$ ), nas duas espécies avaliadas. No primeiro minuto de cocção úmida observou-se redução de 4 e até 6 vezes da inibição em folhas de PGH e PAM, respectivamente, em relação às folhas cruas. Até os 5

minutos de cocção úmida, a tendência foi de redução da inibição, em todos os tratamentos.

Como os inibidores das enzimas digestivas podem ser proteicos ou não proteicos, este comportamento sugere que, em folhas de OPN, a maioria deles seja proteica e, conseqüentemente, desnaturada.

Sugere-se, ainda, que a significativa redução observada em ambas as espécies no primeiro minuto de cocção úmida está relacionada à desnaturação de inibidores proteicos que não resistiram ao calor e inibiam mais fracamente a tripsina, provavelmente inibidores do tipo *Kunitz* (NELSON; COX, 2014; YOUNG; PELLETT, 1994).

No entanto, a manutenção da atividade inibitória dos extratos foliares nos minutos seguintes de cocção úmida sugere a presença de inibidores menos termolábeis e mais fortemente ligados à protease digestiva, como os de *Bowman-Birk*, devido à sua configuração compacta, consequência do elevado número de ligações dissulfídicas (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

A partir do décimo minuto de cocção úmida e nos dois tempos de cocção mista avaliados (1 e 2,5 minutos), unidades de tripsina inibidas ainda foram, em relação às condições anteriores, significativamente determinadas no ensaio. Embora a inibição observada tenha sido inferior à verificada em folhas cruas, elevaram-se, em média, para 16,4% nos extratos de PGH e PAM. A ação do calor, seja por 5 minutos a mais no tempo de cocção das folhas de OPN em água em ebulição (cocção úmida), ou na cocção realizada em óleo (cocção mista), independente do tempo que as folhas permaneceram nesta condição, pode ter facilitado a interação dos inibidores ainda presentes com outras substâncias próprias do extrato, provavelmente não proteicas e possíveis contribuintes para o aumento da inibição enzimática. Outros fatores antitripsicos, como os taninos, mais resistentes ao calor, podem também ter

contribuído com o aumento da atividade inibitória. Sabe-se que estes compostos têm a capacidade de se combinar com as enzimas digestivas e formar complexos estáveis, por meio de ligações de hidrogênio entre os grupos fenólicos e determinados sítios das proteínas, o que confere forte estabilidade a estas substâncias (HES et al., 2014; NELSON; COX, 2014).

Mesmo na inexistência de um consenso sobre porcentagem de taninos necessária para a inibição das enzimas digestivas, durante o processo de cozimento pode ocorrer aumento de fenóis totais livres que, por sua vez, podem penetrar na matriz vegetal e reagir com proteínas, tornando-as menos suscetíveis à hidrólise enzimática (BENEVIDES et al., 2011, 2013; MARQUES et al., 2014).

Os resultados observados neste ensaio enzimático corroboram os resultados encontrados por Pompeu et al. (2014) em folhas de *ora-pro-nobis* (*Pereskia aculeata* Miller). Os autores avaliaram o comportamento de inibidores de tripsina por eletroforese em gel e observaram que o aquecimento, a 100 °C, por 1 minuto, foi suficiente para a degradação de bandas relacionadas com inibidores proteicos. Entretanto, parte dos fatores antinutricionais não sofreu completa degradação, uma vez que ainda foram visualizadas bandas de proteína resistentes entre 45 e 66,2 kDa., que ainda causavam inibição.

Fica evidente que a inibição da tripsina observada neste ensaio enzimático, principalmente em folhas cruas de OPN, contribui para a redução da qualidade proteica e, em especial, de aminoácidos sulfurados. Além disso, uma vez que a tripsina e quimotripsina são particularmente ricas em aminoácidos contendo enxofre, acabam por desviar estes aminoácidos da síntese de proteínas do tecido (POMPEU et al., 2014). Dessa forma, a redução da inibição, observada principalmente no primeiro minuto de cocção, contribuirá para a melhor qualidade proteica de folhas de OPN.

Na tentativa de compreender o comportamento dos componentes químicos de PGH e PAM submetidos ao tratamento térmico, conforme o tempo de cocção, bem como dos fatores antinutricionais que a eles podem se complexar, foram utilizadas técnicas multivariadas e os resultados expostos graficamente nas Figuras 1, 2 e 3.

A técnica de análise multivariada ACP foi utilizada para a identificação dos fatores responsáveis pelas maiores variações entre os resultados, mapeados na Figura 1. Na Figura 1A encontra-se o gráfico dos escores para as duas primeiras componentes principais, enquanto na Figura 1B consta a relação entre as variáveis.

As primeiras componentes principais responderam pela maior parte da variância (79,2%). A CP1 modelou 58,5% da informação associada às informações originais, enquanto a CP2 foi responsável por 20,7% da variabilidade da matriz de dados.

Conforme a Figura 1A, apenas a CP1 foi necessária para a discriminação das amostras tratadas termicamente conforme seu comportamento químico, enquanto a CP2 possibilitou o agrupamento dos tratamentos conforme a espécie.

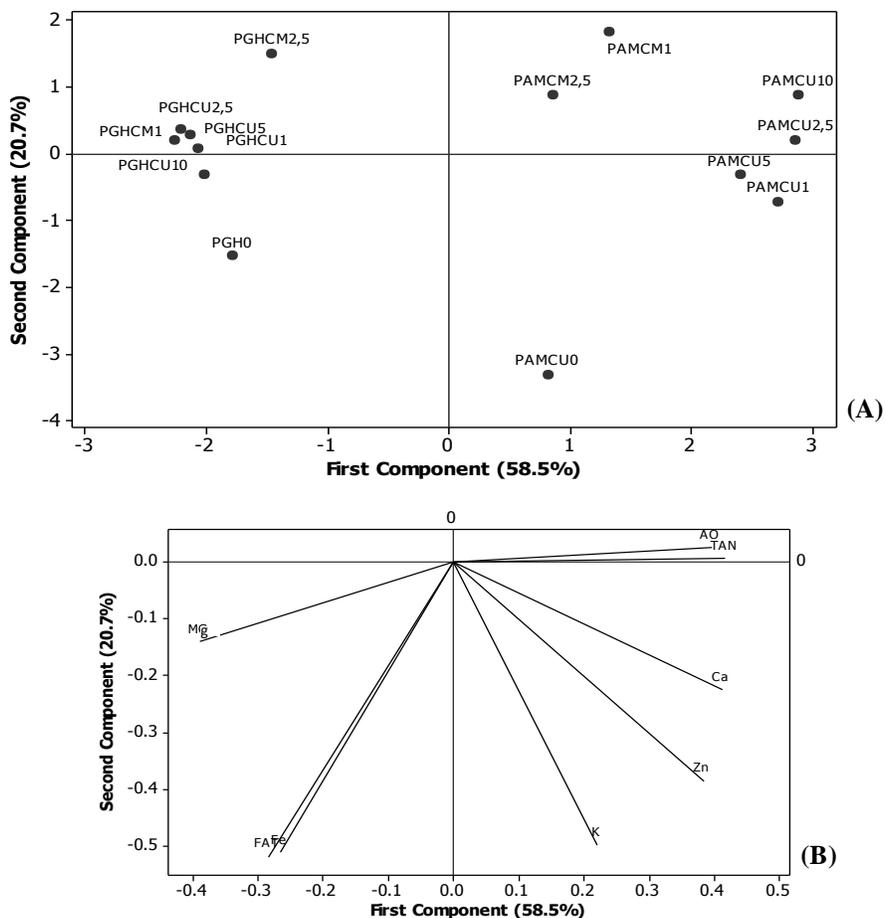


Figura 1 (A) Escores dos dois primeiros componentes principais utilizados na discriminação dos tratamentos térmicos; (B) Biplots utilizados na indicação das variáveis que discriminaram os tratamentos nas duas espécies

Como observado na Figura 1, os tratamentos de uma mesma espécie tenderam a se agrupar, ocupando a mesma região ou regiões próximas no gráfico dos escores (Figura 1A), enquanto as amostras *in natura*, de ambas as espécies, permaneceram entre os agrupamentos formados. Na Figura 1A, observando-se a disposição dos tratamentos ao longo da CP1, verificou-se que as amostras cruas

e tratadas termicamente da espécie PAM ocuparam regiões mais positivas de CP1, ficando os demais tratamentos, referentes à espécie PGH, deslocados para valores mais negativos. Na Figura 1B, as variáveis relativas aos antinutrientes TAN (taninos) e AO (ácido oxálico) apresentavam pesos elevados em CP1, atraindo os escores para valores mais positivos.

Considerando, simultaneamente, as duas Figuras (1A e 1B) verificou-se que a proximidade dos tratamentos sem intervenção do calor ou do meio de cocção, referentes à espécie PGH, ao vetor relacionado à variável fibra total, permitiu concluir que os maiores valores desse composto encontravam-se nas folhas desta espécie ( $52,8 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ) e, ainda, devido à proximidade, também em folhas cruas de PAM ( $51,0 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ). Os teores de fibras nas amostras não tratadas termicamente foram superiores aos constatados após a aplicação do tratamento. Quando comparados ao total de fibras nas folhas do vegetal cru, os tratamentos sob cocção úmida foram mais efetivos para a manutenção dos teores desses constituintes da parede celular nos tecidos foliares do OPN.

A disposição gráfica dos tratamentos após ação do calor indicou que as amostras de PAM termicamente tratadas apresentaram os menores valores teciduais de fibra alimentar total, entretanto, ainda superiores àqueles observados nos tratamentos de PAM localizados no quadrante oposto ao do vetor que representa esse composto. A ação do processamento hidrotérmico durante um tempo maior ou menor tem influência sobre as macromoléculas que formam a parede vegetal. As fibras celulósicas incham e sofrem fragmentação parcial. A gelatinização do amido nelas presente, pela associação de água e calor, e o conseqüente rompimento celular acabam por liberar fibra insolúvel, como a lignina, para o meio (DZIEDZIC et al., 2012). Além disso, durante o processamento, pode ocorrer degradação química da celulose à glicose e de hemicelulose à arabinose, à xilose e à galactose (RICKMAN; BARRETT; BRUHN, 2007).

A proximidade dos vetores relativos às variáveis Fe e FAT, no quadrante em que PC1 e PC2 são negativos, sugere considerada associação entre essas duas variáveis e os tratamentos próximos a elas. Os maiores valores proporcionais de fibras e ferro foram observados em folhas cruas da espécie PGH e após 10 minutos de cocção. Quanto à espécie PAM, folhas cruas foram detentoras do maior valor desse polissacarídeo e o 5º minuto de cocção foi ainda capaz de manter o maior estoque desses compostos.

As maiores quantidades de ferro na espécie PGH também foram observadas em folhas cruas e, após 10 minutos de cocção, elevaram-se nos tecidos foliares desta espécie, equiparando-se aos valores observados em folhas cruas de PAM.

A espécie PAM, embora fosse detentora dos maiores valores de ferro em folhas cruas (21,3 mg 100 g<sup>-1</sup>), apresentou a menor retenção do mineral em folhas processadas termicamente. O maior valor de retenção foi observado em folhas submetidas à cocção por 1 minuto, mesmo assim, um pouco mais da metade desse íon metálico foi retido nas folhas (65,5%). A partir desse tempo, a tendência foi de redução de mais da metade dos teores foliares, em média de 57,13%.

Já em folhas cruas de PGH, embora apresentassem menores depósitos do mineral (17,2 mg 100 g<sup>-1</sup>), nos primeiros minutos de processamento térmico observou-se queda aproximada de 10% do mineral. Já nos minutos seguintes de cocção úmida a tendência foi de manutenção do teor original, e no 10º minuto de cocção, de aumento em relação às folhas cruas.

Além disso, os vetores relativos ao ferro e à fibra alimentar total apresentam sinal contrário ao dos antinutricionais AO e TAN. Isto está condizente com a variação destes compostos, principalmente na espécie PAM, cujos teores variaram exatamente no sentido inverso ao dos antinutrientes.

Quando associadas a oxalatos e a substâncias fenólicas, as fibras podem comprometer a biodisponibilidade de minerais, como cálcio, zinco, magnésio e ferro, entre outros (BENEVIDES et al., 2011), os quais apresentam teor substancial em OPN, e poderiam contribuir com o seu aporte para o organismo humano (ALMEIDA et al., 2014; TAKEITI et al., 2009).

Conforme o gráfico dos escores (Figura 1A), no qual se buscou a relação entre os tratamentos, observou-se que o vetor relacionado aos taninos, mais próximo da origem, apresentou o maior peso, contribuindo mais com a PC1 e refletindo a maior variabilidade dos tratamentos em relação a esta variável analisada. Assim, têm-se razões suficientes para se acreditar que a primeira componente principal (PC1) modelou o comportamento antinutricional dos tratamentos. Adicionalmente, FAT/Fe, devido ao peso (negativo) bastante elevado, também auxiliou na discriminação dos tratamentos. Dessa forma, os tratamentos mais à direita do espaço amostral certamente detiveram o maior valor de antinutricionais em suas folhas, conforme observado na Tabela 1. Na Figura 1, a proximidade dos eixos relacionados às variáveis AO e TAN (Figura 1B) aos tratamentos PAM10 e PAM2,5 (Figura 1A), respectivamente, demonstraram que os maiores valores de antinutricionais foram encontrados nesta espécie após estes respectivos tempos de cocção.

Ainda conforme a análise de componentes principais (Figura 1), que ilustra a relação entre os tratamentos no gráfico de escores, as variáveis Ca, Zn e K, na Figura 2B, estão mais fortemente associadas à espécie PAM, particularmente em folhas cruas (K e Zn) e cocionadas por 1 e 5 minutos (Ca). O cálcio ocorre abundantemente nas folhas verdes e a maior parte do mineral está contida na forma de pectatos de cálcio, constituindo a lamela média das paredes celulares, auxiliando, inclusive, a integridade estrutural das membranas e da parede celular (KINUPP; BARROS, 2008). Provavelmente, a temperatura favoreceu a ruptura das paredes celulares, podendo ser responsável pelo

aumento do teor mineral observado nas amostras submetidas ao processamento térmico. Santos, Abreu e Carvalho (2003) verificaram que folhas de brássicas submetidas a diferentes tempos de fervura praticamente mantiveram seus teores de cálcio à medida que o tempo de cozimento foi aumentado, comportamento similar ao apresentado pelo magnésio, com uma pequena queda até 8 minutos de fervura, semelhante ao verificado neste ensaio experimental. A localização deste mineral sugere, ainda, que os maiores valores desse cátion encontravam-se nas folhas cruas de PGH que, aos 10 minutos de cocção úmida, apresentaram índice de retenção de 75,2% do íon metálico.

Quanto ao zinco, a localização do vetor (Figura 1B) indicou que os maiores valores do mineral encontravam-se em folhas cruas de PAM ( $6,3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), enquanto em PGH as folhas não processadas termicamente apresentavam um pouco mais da metade do valor verificado na espécie anterior ( $3,6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ), conforme pode ser observado na Figura 1A. Farinhas de ora-pro-nobis avaliadas por Almeida et al. (2014) apresentaram teores desse mineral mais abundantes também na espécie PAM, entretanto, os valores determinados, de  $4,93 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  para PGH e  $7,30 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  para PAM, superaram os conteúdos verificados neste trabalho. O primeiro minuto de cocção úmida nada influenciou o teor do mineral em PGH, sendo a retenção aproximada de 96,2%. A partir do primeiro até o quinto minuto de cocção úmida, o índice de retenção foi praticamente o mesmo, de 83,4%. A cocção úmida, independente do tempo, acarretou maiores perdas do mineral em PAM, entretanto, a maior redução nos tecidos foliares, em ambas as espécies, foi registada após o processo de cocção mista.

Todos estes fatores contribuíram para deslocar os tratamentos relativos à espécie PGH para valores mais negativos de PC1 e da espécie PAM para valores mais positivos desta mesma componente principal, conforme a distribuição gráfica disposta na Figura 1A.

Alguns tratamentos têm sido aplicados e estudados objetivando a redução dos fatores antinutricionais em vegetais e o tratamento térmico é um dos mais discutidos na literatura (BENEVIDES et al., 2013). Além disso, na presença de água, a lixiviação de substâncias e a ação de outros compostos na redução de fatores antinutricionais podem ser facilitadas (NAVES et al., 2010).

No âmbito deste estudo esperava-se que, por ação do calor e lixiviação, os compostos antinutricionais solúveis em água fossem transferidos para o meio líquido, conforme relatado em outros procedimentos convencionais de cocção, como o de Ogbadoyi et al. (2006), que constataram redução de 65% no teor de oxalato em folhas de vegetais nigerianos após aquecimento (100 °C/5 min) e descarte da água (ALBIHN; SAVAGE, 2001; BENEVIDES et al., 2013; CHAI; LIEBMAN, 2005; LISIEWSKA et al., 2011; SANTOS, 2006).

Entretanto, esta hipótese não foi confirmada, principalmente em relação ao teor de taninos, nas duas espécies analisadas. Acredita-se que a diferença no comportamento da variação dos teores de taninos e oxalatos ocorreu devido às diferentes características químicas observadas nesta hortaliça e suas possíveis interações com estes antinutrientes (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Na tentativa de avaliar os motivos da grande retenção de antinutricionais quelantes de minerais em PGH e PAM, objetivando minimizar o teor de tais compostos nas folhas destas hortaliças, principalmente após o processo de cocção úmida, outras análises exploratórias foram utilizadas.

Em consonância com o objetivo proposto, a análise de componentes principais realizada anteriormente (Figura 1) foi utilizada para a identificação dos compostos que proporcionaram uma resposta mínima para a variável relativa ao teor de taninos nas folhas (TAN) e, devido à proximidade dos dois vetores, as conclusões foram estendidas à variável relativa ao teor foliar de ácido oxálico (AO).

A percentagem da variação amostral explicada pelos dois primeiros componentes, de aproximadamente 80%, foi considerada adequada para este estudo e os resultados obtidos por meio dos escores (Figura 1A) evidenciaram que as variáveis (Figura 1B) discriminaram os tratamentos térmicos nas duas espécies. A confirmação da influência dos compostos em relação ao agrupamento dos tratamentos foi verificada nos biplots (Figura 1B), cujos resultados foram determinantes para a seleção das variáveis a serem utilizadas na construção das superfícies de resposta utilizadas para estudo da minimização de TAN, visualizadas graficamente por meio dos gráficos tridimensionais (Figuras 2A e 3A), e por suas projeções no plano, por meio das curvas de nível (Figuras 2B e 3B).

Baseando-se nos resultados da análise de componentes principais, o estudo dos compostos interagindo com o tempo (T) em função da resposta TAN foi determinado pelo modelo considerando os parâmetros representados pela interação dos compostos com o tempo. Assim, as estimativas do modelo linear ajustado são descritas na Tabela 3.

As estimativas do modelo linear ajustado para análise da superfície de resposta referente à minimização da resposta TAN observada na espécie PGH são descritas na Tabela 3 e Figuras 2A e 2B.

Tabela 3 Estimativas do modelo linear com interação, utilizado na otimização da resposta TAN observada na espécie PGH

Parâmetros	Estimativas	Erro padrão	p-value
Intercepto	2732	3369	0,503
Mg	0,7928	0,8923	0,468
Fe	-130,1	304,9	0,711
T*Mg	0,1343	0,2478	0,642
T*Fe	-5,76	26,81	0,850
$R^2 = 64,5\%$			

Por meio dos resultados descritos na Tabela 4, o modelo ajustado explicou 64,5% da variação amostral, sendo considerado um ajuste adequado em relação ao poder de predição utilizado na análise dos compostos que discriminam os tratamentos térmicos. Em decorrência às estimativas dos coeficientes, nota-se que o composto Fe sem interação com o tempo apresentou maior contribuição na minimização da resposta TAN. Essa redução é também verificada na interação com o tempo, porém, em menor magnitude. A superfície de resposta ajustada para os tempos e respostas do componente Fe é dada na Figura 3A.

Os resultados ilustrados na Figura 2A apontaram que a minimização da resposta TAN foi dada por uma região com menores valores de Fe e tempo.

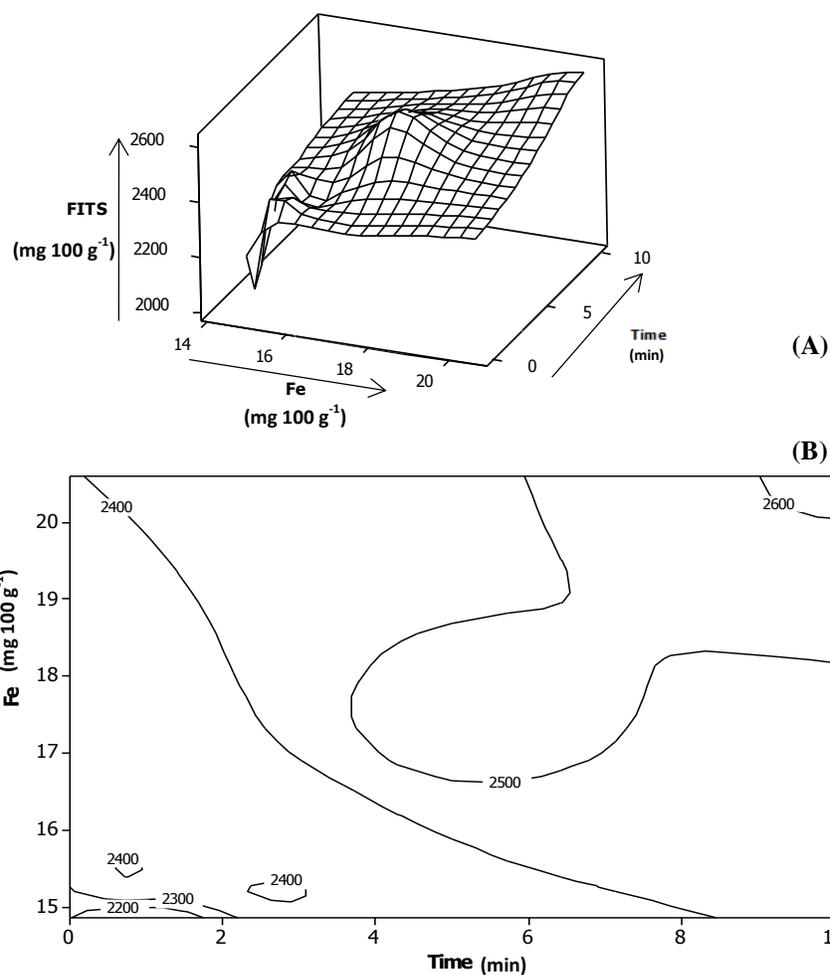


Figura 2 (A) Superfície de resposta; (B) Gráfico de contornos para estudo da minimização da resposta predita pelo modelo em função do composto Fe e Tempo, na espécie PGH

Tais valores podem ser localizados no gráfico de contornos ilustrado na Figura 2B. Conforme a superfície de resposta apresentada nesta figura para os fatores analisados, fixando-se a temperatura a  $96 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$ , para tempos inferiores a 2 minutos e respostas de Fe inferiores a  $16 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ , verificou-se a minimização da média das respostas de TAN.

O teor de taninos nas folhas de PGH alcançou valor máximo quando o tratamento térmico foi conduzido por mais tempo, independente do meio de cocção utilizado e, segundo o gráfico de contornos, o intervalo de 4 a 6 minutos foi aquele que mais contribuiu para o seu aumento.

Em relação à espécie PAM, as estimativas do modelo linear ajustado para análise da superfície de resposta referente à minimização da resposta TAN são descritas na Tabela 4 e nas Figuras 3A e 3B.

Tabela 4 Estimativas do modelo linear com interação, utilizado na otimização da resposta TAN observada na espécie PAM

Parâmetros	Estimativas	Erro padrão	p-value
Intercepto	3327,16	208,426	0,001
T*Ca	-0,14	0,314	0,693
T*K	0,49	0,202	0,094
T*Zn	-199,34	337,413	0,596
$R^2 = 73,96\%$			

Os resultados descritos na Tabela 4 evidenciam que todos os parâmetros foram não significativos. Entretanto, dada a qualidade de ajuste do modelo indicada pelo coeficiente de determinação ( $R^2 = 73,96\%$ ), percebeu-se que o modelo apresentava um bom poder preditivo.

Mediante o resultado, notou-se que o composto Zn, interagindo com o tempo, contribuiu para a minimização da TAN. Nesse contexto, mantendo-se os demais parâmetros fixados, a interação T×Zn apresentou maior redução na resposta média da variável TAN. Para uma melhor visualização, nas Figuras 3A e 3B estão indicados, respectivamente, a superfície de resposta e o gráfico de contornos em função dos valores preditos para o modelo ajustado.

Os resultados ilustrados na Figura 3A evidenciam que a minimização da resposta predita, em relação ao modelo linear ajustado para TAN, foi verificada

em uma região com baixos valores de Zn e tempo. A localização mais precisa destes parâmetros é reforçada pelo gráfico de contornos (Figura 3B), por meio do qual se verificou que o tempo inferior a 4 minutos e valores para o composto Zn produzem a resposta mínima para TAN, com estimativas entre 3.000 e 3.200 mg 100 g<sup>-1</sup> de taninos no material vegetal em folhas de PAM.

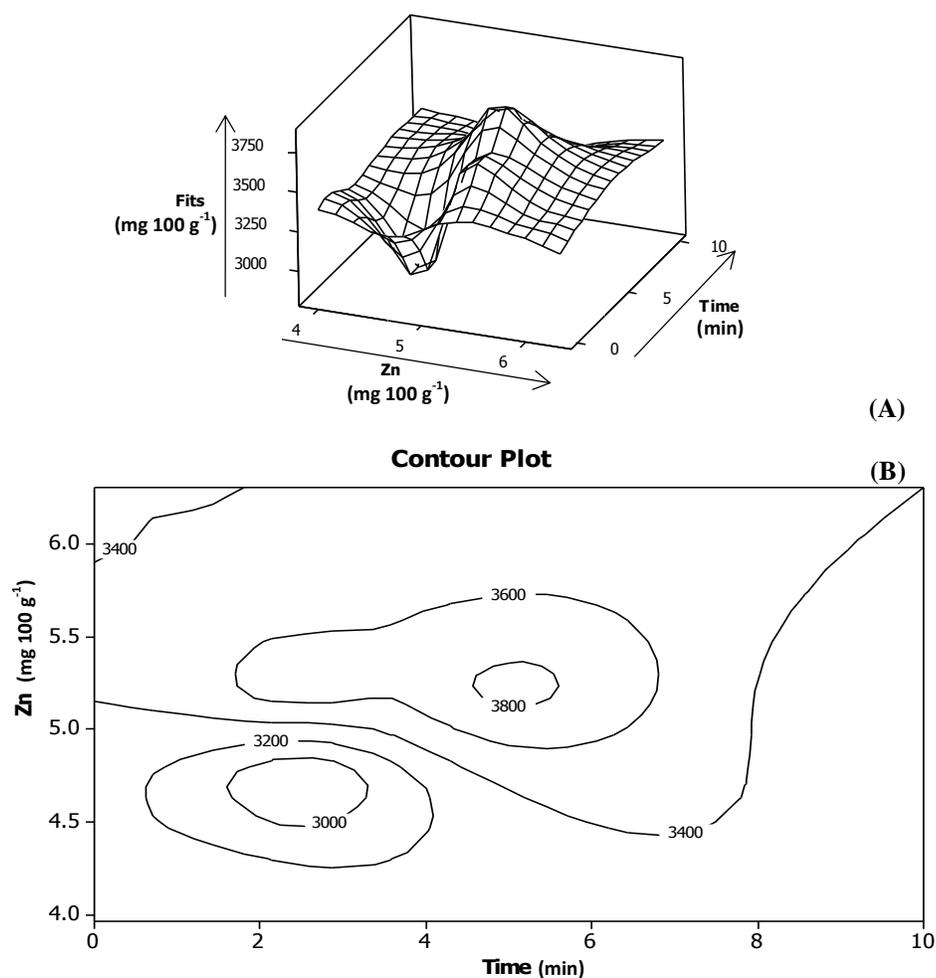


Figura 3 (A) Superfície de resposta; (B) Gráfico de contorno para estudo da minimização da resposta predita pelo modelo, em função do composto Zn e Tempo, na espécie PAM

Na tentativa de otimizar a variável resposta, que trata dos menores teores de taninos em folhas de PGH e PAM, as Figuras 2 e 3 possibilitaram derivar inferências referentes aos efeitos causais sobre as respostas de interesse. Observando-se, simultaneamente, os gráficos de superfície de resposta, verificou-se que os valores de ácido oxálico elevaram-se com o aumento do tempo de cocção, especialmente no processo de cocção úmida, em PAM, e tratando-se dos taninos, nas duas espécies.

Segundo dados encontrados na literatura, há fortes indícios de que o processamento hidrotérmico (cozimento) dos tecidos vegetais altera física e quimicamente as propriedades da parede celular (DZIEDZIC et al., 2012) e, conseqüentemente, interferiu no inter-relacionamento entre as variáveis exploradas neste estudo.

Acredita-se que a própria composição química desses vegetais seja responsável, em grande parte, pelo comportamento observado neste trabalho. As fibras, presentes em grande quantidade nas folhas destas espécies (Tabela 2), apresentam grupos polares de elevada hidratabilidade e conferem a estes compostos capacidade de retenção de água (LATTIMER; HAUB, 2010; SCHROEDER; MARQUART; GALLAHER, 2013). Destaca-se que estas espécies de cactos apresentam alto teor de biopolímeros, dentre os quais a arabinogalactana, com propriedades de formarem quelatos com íons metálicos (CARVALHO et al., 2014; DUARTE; HAYASHI, 2005; LIMA-JUNIOR et al., 2013; SIERAKOWSKI et al., 1987, 1990). Estes fatores, possivelmente, influenciaram o movimento de compostos entre o meio foliar interno e o de cocção.

Associados aos polissacarídeos da parede celular encontram-se, também, proteínas, oxalatos, fitatos, lignina, substâncias fenólicas e minerais, dentre outros compostos inorgânicos (CHAMP et al., 2003; MCDOUGALL; SELVENDRAN, 2001). Os taninos, incluídos no grupo de polifenóis,

despontam, entre os fatores antinutricionais, como um dos mais estudados e são encontrados, principalmente, nos vacúolos das plantas que, após lesão vegetal, liberam e permitem a ação desses antinutrientes nos tecidos vegetais (HES et al., 2014).

Conforme estes modelos fatorialis (Figuras 2 e 3), o prolongamento do tempo em contato com o calor, como resultado da ebulição, provavelmente favoreceu a ruptura das paredes celulares, e a liberação parcial de taninos da forma ligada com proteínas ou outros polímeros, como carboidratos, aumentando a disponibilidade de taninos livres que, uma vez solúveis, deveriam ser lixiviados ao meio (DELFINO; CANNIATTI-BRAZACA, 2010). Entretanto, como estes, entre outras classes de fenólicos, apresentam hidroxilas e anéis aromáticos (ANGELO; JORGE, 2007) têm capacidade de se combinar e formar complexos estáveis (DANIEL; CEMALUK, 2011; HES et al., 2014; MARQUES et al., 2014). Dessa forma, o maior tempo de contato com o calor da cocção certamente favoreceu a complexação desses antinutricionais que, uma vez livres, puderam interagir com minerais multivalentes como ferro e zinco, e formar complexos insolúveis que dificultaram a migração destes constituintes químicos para o meio (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Os resultados podem ser estendidos ao ácido oxálico, presente em quantidades mais elevadas em vegetais de folhas verdes (OLIVEIRA et al., 2008), como uma combinação de sais solúveis de oxalatos de sódio e de potássio, forma pela qual são facilmente liberados dos alimentos, quando os mesmos são submetidos a processos de lixiviação, comportamento ainda mais favorecido pela elevação da temperatura (BENEVIDES et al., 2011; FERREIRA; ARÊAS, 2010). Entretanto, devido à forte capacidade quelante para cations multivalentes (NAWIRSKA-OLSZAŃSKA et al., 2014; OGBADOYI et al., 2006), podem formar sais insolúveis, como o oxalato ferroso, ou pouco solúveis, como o oxalato de cálcio.

Estes efeitos adquirem importância particular considerando-se a prevalência do alto nível de carência em micronutrientes e a desnutrição entre as camadas mais pobres dos países em desenvolvimento, além de grupos vulneráveis da população, como idosos, gestantes, adolescentes, crianças e indivíduos com ingestão deficitária de proteínas e micronutrientes.

#### 4 CONCLUSÃO

Os aminoácidos sulfurados foram limitantes nas proteínas foliares de *P. grandifolia* e *P. aculeata*. A riqueza do aminoácido essencial lisina indicou que essas cactáceas podem contribuir para a qualidade proteica, quando consumidas em combinação com cereais.

Dentre os fatores antinutricionais analisados, os conteúdos de nitrato não foram comparáveis aos presentes nas amostras cruas de ambas as espécies, mostrando-se inferiores, e os primeiros minutos de cocção reduziram significativamente o percentual de inibição da protease digestiva.

Para a espécie *P. grandifolia* H., as variáveis que influenciaram o teor de taninos foram Mg, Fe e fibra alimentar total. Para *P. aculeata* M., as variáveis referentes aos minerais K, Ca e Zn influenciaram o teor deste antinutricional. Considerando-se a interação com o tempo, as variáveis relativas aos minerais Fe e Zn minimizaram a resposta de TAN em PGH e PAM, respectivamente.

Em situações rotineiras de preparo e consumo dessas hortaliças, as inter-relações entre os componentes químicos presentes em folhas de OPN culminaram no comportamento de grande retenção antinutricional verificado.

## REFERÊNCIAS

- ALBIHN, P. B. E.; SAVAGE, G. P. The effect of cooking on the location and concentration of oxalate in three cultivars of New Zealand-grown oca (*Oxalis tuberosa* Mol). **Journal of the Science and Food Agriculture**, London, v. 81, n. 10, p. 1027-1033, Aug. 2001.
- ALBUQUERQUE, M. G. P. T.; SABAA-SRUR, A. U. O.; FREIMAN, L. O. Composição centesimal e escore de aminoácidos em três espécies de ora-pronobis (*Pereskia aculeata* Mill., *P. bleu* De Candolle e *P. pereskia* (L) Karsten). **Boletim SBCTA**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 7-12, 1991.
- ALMEIDA, M. F. E. et al. Chemical characterization of the non-conventional vegetable known as ora-pro-nobis. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 431-439, 2014.
- ALMEIDA FILHO, J.; CAMBRAIA, J. Estudo do valor nutritivo do “ora-pro-nobis” (*Pereskia aculeata* Mill.). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 21, n. 114, p. 105-11, 1974.
- ANDERSON-COOK, C. M.; BORROR, C. M.; MONTGOMERY, D. C. Response surface design evaluation and comparison: with discussion. **Journal of Statistical Planning and Inference**, Amsterdam, v. 139, n. 2, p. 629-674, Apr. 2009.
- ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 232-240, 2007.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists**. 12<sup>th</sup> ed. Washington, 1990. 1140 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists**. 18<sup>th</sup> ed. Washington, 2005.
- BENEVIDES, C. M. J. et al. Effect of processing on oxalate and tannin levels in maxine (*Cucumis anguria* L.), eggplant (*Solanum gilo*), green bean (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) and andu bean (*Cajanus cajan* (L.) Mill SP). **Brazilian Journal of Food Nutrition**, Araraquara, v. 24, n. 3, p. 321-327, July/Sept. 2013.

- BENEVIDES, C. M. J. et al. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 67-79, 2011.
- CAMPOS, F. M. et al. Estabilidade de compostos antioxidantes em hortaliças processadas: uma revisão. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 4, p. 481-490, out./dez. 2008.
- CARVALHO, E. G. et al. Wound healing properties and mucilage content of *Pereskia aculeata* from different substrates. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 24, n. 6, p. 677-682, nov./dez. 2014.
- CASTRO, N. C. C.; SCIO, E. The biological activities and chemical composition of *Pereskia* Species (Cactaceae): a review. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 69, n. 3, p. 189-195, Sept. 2014.
- CATALDO, D. A. et al. Rapid calorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicytic acid. **Soil Plant Analysts**, Athens, v. 6, n. 1, p. 71-80, Sept. 1975.
- CHAI, W.; LIEBMAN, M. Effect of different cooking methods on vegetable oxalate content. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 8, p. 3027-3030, Mar. 2005.
- CHAMP, M. et al. Advances in dietary fibre characterization: 1., definition of dietary fibre, physiological relevance, health benefits and analytical aspects. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 16, n. 1, p. 71-82, June 2003.
- CHEVREUIL, L. R. et al. Prospecção de inibidores de serino proteinases em folhas de leguminosas arbóreas da floresta Amazônica. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 41, n. 1, p. 163-170, mar. 2011.
- CORREIA, L. F. M.; FARAONI, A. S.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Efeitos do processamento industrial de alimentos sobre a estabilidade de vitaminas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 1, p. 83-95, 2008.
- DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.
- DANIEL, C. N.; CEMALUK, G. A. C. Effect of boiling and roasting on some anti-nutrient factors of asparagus bean (*Vigna sesquipedalis*) flour. **African Journal of Food Science and Technology**, Brisbane, v. 2, n. 3, p. 75-78, Mar. 2011.

DAYRELL, M. S.; VIEIRA, E. C. Leaf protein concentrate of the Cactaceae *Pereskia aculeata* part 1 extraction and composition. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 15, p. 529-537, 1977a.

DAYRELL, M. S.; VIEIRA, E. C. Leaf protein concentrate of the Cactaceae *Pereskia aculeata* part 2 nutritive value. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 15, p. 539-545, 1977b.

DELFINO, R. A.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Interação de polifenóis e proteínas e o efeito na digestibilidade proteica de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Pérola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 308-312, 2010.

DEL-VECHIO G. et al. Efeito do tratamento térmico em sementes de abóboras (*Cucurbita* spp.) sobre os níveis de fatores antinutricionais e/ou tóxicos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 369-376, mar./abr. 2005.

DESHPANDE, S. S.; CHERYAN, M.; SALUNKHE, D. K. Tannin analysis of food products. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 24, n. 4, p. 401-449, 1986.

DUARTE, M. R.; HAYASHI, S. S. Estudo anatômico de folha e caule de *Pereskia aculeata* Mill. (Cactaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v. 15, n. 2, p. 103-109, abr./jun. 2005.

DZIEDZIC, K. et al. Influence of technological process during buckwheat groats production on dietary fiber content and sorption of bile acids. **Food Research International**, Barking, v. 47, n. 2, p. 79-283, Dec. 2012.

ERLANGER, B. F.; KOKOWSKY, N.; COHEN, W. The preparation and properties of two new chromogenic substrates of trypsin. **Archives Biochemistry Biophysics**, New York, v. 95, p. 271-278, 1961.

FERREIRA, T. A.; ARÊAS, J. A. G. Calcium bioavailability of raw and extruded amaranth grains. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 532-538, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Expert consultation on protein and amino acid requirements in human nutrition**. Geneva, 2002. 265 p. (WHO Technical Report Series, 935).

GOWER, J. C.; HAND, D. J. **Biplots**. London: Chapman & Hall, 1996. 277 p.

HES, M. et al. Effect of boiling in water of barley and buckwheat groats on the antioxidant properties and dietary fiber composition. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 69, n. 3, p. 276-282, June 2014.

KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. Teores de proteína e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 846-857, 2008.

LATTIMER, J.; HAUB, D. Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. **Nutrients**, Manhattan, v. 2, n. 12, p. 1266-1289, Dec. 2010.

LIMA-JUNIOR, F. A. et al. Response surface methodology for optimization of the mucilage extraction process from *Pereskia aculeata* Miller. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 33, n. 1, p. 38-47, Aug. 2013.

LISIEWSKA, Z. et al. Amino acid profile of raw and as-eaten products of spinach (*Spinacia oleracea* L.). **Food Chemistry**, Oxford, v. 126, n. 2, p. 460-465, May 2011.

LISIEWSKA, Z.; KMIĘCIK, W.; KORUS, A. The amino acid composition of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), fresh and after culinary and technological processing. **Food Chemistry**, Oxford, v. 108, n. 2, p. 642-648, Aug. 2008.

LOPES, C. O. et al. Aproveitamento, composição nutricional e antinutricional da farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 669-675, 2009.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípio e aplicações**. 2. ed rev. e atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARQUES, T. R. et al. Inibição de enzimas digestivas por pellets de lúpulo (*Humulus lupulus* L.). **Revista Brasileira de Biociência**, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 183-187, out./dez. 2014.

MARTINEVSKI, C. S. et al. Utilização de Bertalha (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) e Ora-Pro-Nobis (*Pereskia aculeata* Mill.) na elaboração de pães. **Brazilian Journal Food and Nutrition**, Araraquara, n. 24, p. 255-370, 2013.

MCDUGALL, A. J.; SELVENDRAN, R. R. Chemistry, architecture, and composition of dietary fiber from cell walls. In: \_\_\_\_\_. **Handbook of dietary fiber**. New York: M. Dekker, 2001. p. 281-319.

MERCÊ, A. L. R. et al. Complexes of arabinogalactan of *Pereskia aculeata* and  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  and  $\text{Ni}^{2+}$ . **Bioresource Tecnologia**, Barking, v. 76, n. 1, p. 29-37, 2001a.

MERCÊ, A. L. R. et al. Fe (III) Galactomannan solid and aqueous complexes: potentiometric, EPR spectroscopy and thermal data. **Journal of Brazilian Chemical Society**, Campinas, v. 12, n. 6, p. 791-798, 2001b.

NAVES, L. P. et al. Componentes antinutricionais e digestibilidade protéica em sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*) submetidas a diferentes processamentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 180-84, maio 2010. Suplemento.

NAWIRSKA-OLSZAŃSKA, A. et al. Characteristics of organic acids in the fruit of different pumpkin species. **Food Chemistry**, Oxford, v. 148, p. 415-419, Apr. 2014.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. 1328 p.

OGBADOYI, E. O. et al. The effect of processing and preservation methods on the oxalate levels of some Nigerian leafy vegetables. **Biokemistri**, Nigeria, v. 18, n. 2, p. 121-125, Dec. 2006.

OLIVEIRA, A. P. et al. Organic acids composition of *Cydonia oblonga* Miller leaf. **Food Chemistry**, Oxford, v. 111, n. 2, p. 393-399, Nov. 2008.

ORNELLAS, L. H.; KAJISHIMA, S.; VERRUMA-BERNARDI, M. R. **Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos**. 8. ed. São Paulo: Atheneu, 2007. 276 p.

PELLEGRINI, N. et al. Effect of different cooking methods on color, phytochemical concentration, and antioxidant capacity of raw and frozen brassica vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 58, n. 7, p. 4310-4321, 2010.

PEREIRA, L. L. S. et al. Inhibition of digestive enzymes by commercial powder extracts of *Hoodia gordonii*. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 265-269, 2011.

PHILIPPI, S. T. **Nutrição e técnica dietética**. 2. ed. Barueri: Manole, 2006. 424 p.

PISULEWSKA, E.; PISULEWSKI, P. M. Trypsin inhibitor activity of legume seeds (peas, chickling vetch, lentils, and soya beans) as affected by the technique of harvest. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 86, n. 3, p. 261-265, Aug. 2000.

POMPEU, D. G. et al. Anti-nutritional factors and “*in vitro*” digestibility of leaves of *Pereskia aculeata* Miller. **BBR - Biochemistry and Biotechnology Reports**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 1-9, Jan./July 2014.

PRATES, H. T. **Metodologia para análise de aminoácidos proteicos em grãos de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2002. 21 p.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

RICKMAN, J. C.; BARRETT, D. M.; BRUHN, C. M. Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Vitamins C and B and phenolic compounds. **Journal of the Science and Food Agriculture**, London, v. 87, n. 6, p. 930-944, 2007.

ROCHA, D. R. da C. et al. Macarrão adicionado de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller) desidratado. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 4, p. 459-465, out./dez. 2008.

SALAZAR, J. et al. Chemical composition and antinutritional factors of *Lycianthes synanthera* leaves (chomte). **Food Chemistry**, Oxford, v. 97, n. 2, p. 343-348, July 2006.

SANTOS, M. A. T. Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócolis, couve-flor e couve. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 294-301, mar./abr. 2006.

SANTOS, M. A. T.; ABREU, C. M. P.; CARVALHO, V. D. Efeito de diferentes tempos de cozimento nos teores de minerais em folhas de brócolis, couve-flor e couve (*Brassica oleracea* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 597-604, maio/jun. 2003.

SCHROEDER, N.; MARQUART, L. F.; GALLAHER, D. D. The role of viscosity and fermentability of dietary fibers on satiety- and adiposity-related hormones in rats. **Nutrients**, Saint Paul, v. 5, n. 6, p. 2093-2113, June 2013.

SIERAKOWSKI, M. R. et al. Location of *O*-acetyl groups in the heteropolysaccharide of the cactus *Pereskia aculeata*. **Carbohydrate Research**, Amsterdam, v. 201, n. 2, p. 277-284, July 1990.

SIERAKOWSKI, M. R. et al. Some structural features of a heteropolysaccharide from the leaves of the cactus *Pereskia aculeata*. **Phytochemistry**, Oxford, v. 26, n. 6, p. 1709-1713, 1987.

SILVA-JÚNIOR, A. A. da et al. Pão de ora-pro-nobis - um novo conceito de alimentação funcional. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 23, n. 1, p. 35-37, 2010.

SILVA SOBRINHO, S. da et al. Emulsified cooked sausages enriched with flour from ora-pro-nobis leaves (*Pereskia aculeata* Miller). **International Food Research Journal**, Selangor, v. 22, n. 1, p. 318-323, 2015.

SOUZA, S. P. et al. Inhibition of pancreatic lipase by extracts of *Baccharis trimera* (Less.) DC. Asteraceae: evaluation of antinutrients and effect on glycosidases. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, Curitiba, v. 21, n. 3, p. 450-455, 2011.

SWAIN, T.; HILLIS, W. G. The phenolic constituents of *Prunus domestica*: the quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 10, n. 1, p. 63-68, Jan. 1959.

TAKEITI, C. Y. et al. Nutritive evaluation of a non-conventional leafy vegetable (*Pereskia aculeata* Miller). **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Hants, v. 60, n. 1, p. 148-160, Aug. 2009.

YOUNG, V. R.; PELLETT, P. L. Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 59, p. 1203-1212, 1994. Supplement.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo de espécies de hortaliças não convencionais de folhas comestíveis verde-escuras e mucilaginosas de ora-pro-nobis, *Pereskia grandifolia* Haworth e *Pereskia aculeata* Miller, observou-se que, embora trate de duas diferentes espécies vegetais, com características externas semelhantes, para alguns aspectos nutricionais, químicos e bioquímicos, apresentam comportamentos individualizados frente a tratamentos térmicos específicos.

Foram os compostos fenólicos, presentes nestas hortaliças, que apresentaram maior poder antioxidante frente à vitamina C e clorofilas, salientando-se que o calor a 96 °C não inibiu o poder antioxidante destas hortaliças, destacando-se o tratamento em água (cocção úmida), de forma mais acentuada na espécie *Pereskia aculeata*, quando constatada a eficiente eliminação dos radicais DPPH.

A redução significativa da inibição de tripsina em folhas tratadas termicamente sugere que, felizmente, os taninos não sejam a principal classe responsável pelo expressivo teor fenólico, indicando a provável não complexação de taninos com proteínas e, sim, parece haver o destaque de outros compostos flavonoides, com alto poder antioxidante e cujos teores já foram relatados em pesquisas com estas espécies.

A riqueza do aminoácido essencial lisina indica que essas cactáceas podem contribuir com a qualidade proteica, quando consumidas em combinação com cereais. Os aminoácidos limitantes de ambas as espécies de ora-pro-nobis foram os sulfurados.

Dentre os fatores antinutricionais analisados, os conteúdos de nitrato não foram comparáveis aos presentes nas amostras cruas de *P. grandifolia* e *P. aculeata*, mostrando-se inferiores, e os primeiros minutos de cocção reduziram significativamente o percentual de inibição da protease digestiva.

Devido à interferência entre as variáveis exploradas e as respostas observadas, a utilização dos métodos estatísticos, análises multivariadas, neste estudo, permitiu a extração dos componentes principais pela redução ou seleção do número de variáveis originais e, dessa forma, pôde-se estabelecer mais claramente o comportamento nutricional, antioxidante e antinutricional das espécies comestíveis de ora-pro-nobis, apresentando discriminação entre as duas cactáceas avaliadas.

As técnicas estatísticas de avaliação multivariada, escalonamento multidimensional (EMD) e superfície de resposta (ASR), atenderam aos anseios de verificar as semelhanças e as dissemelhanças entre as variáveis exploradas neste ensaio experimental. Destaque para ASR, eficiente na identificação das variáveis que apresentavam maior contribuição na resposta antinutricional observada em alguns tratamentos submetidos à cocção e que, por sua vez, devem receber maior atenção em outros planejamentos experimentais.

Estudos futuros são pertinentes, visando à avaliação do grau de participação dos hidrocoloides presentes nas folhas destas cactáceas, na retenção de compostos nutricionais e bioativos dessas hortaliças.