



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS (PPGCTA)**

MARINA COUTO PEREIRA

**AVALIAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS EM FRUTOS NATIVOS DO RIO
GRANDE DO SUL**

Porto Alegre

2011

MARINA COUTO PEREIRA

**AVALIAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS EM FRUTOS NATIVOS DO RIO
GRANDE DO SUL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como requisito parcial para a obtenção de grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof^ª. Dra. Simone Hickmann Flores

Co-orientador: Dra. Márcia Vizzotto

Porto Alegre

2011

Marina Couto Pereira
(Nutrição/ UFPel)

DISSERTAÇÃO
AVALIAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS EM FRUTOS NATIVOS DO RIO
GRANDE DO SUL

Submetida como parte dos requisitos para obtenção do grau de

MESTRE EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre, RS, Brasil.

Aprovada em: /..... /.....

Pela Comissão Examinadora:

Prof^a. Dra. Simone Hickmann Flores
Orientador- PPGCTA/UFRGS

Homologada em: /..... /.....

Dra. Márcia Vizzotto
Co-orientador- Embrapa Clima Temperado

Por:

Prof. Dr. Adriano Brandelli
Banca - UFRGS

José Maria Wiest
Coordenador do Programa de
Pós Graduação em Ciência e
Tecnologia de Alimentos
(PPGCTA)

Prof. Dr. Rui Carlos Zambiasi
Banca - UFPel

Adriano Brandelli
Diretor Do Instituto de Ciência
e Tecnologia de Alimentos
(ICTA/UFRGS)

Prof. Dr. Itaciara Larroza Nunes
Banca - UFBA

DEDICATÓRIA

Aos meus avós, Leda e Ary, por terem sido especialmente únicos e fundamentais na minha vida, e à minha mãe, Mery, por ser minha maior incentivadora e conselheira, pessoa brilhante a qual sigo como exemplo.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a minha mãe, Mery, pela dedicação que sempre teve comigo. Pela educação, carinho, amor e disciplina. Por estar participando, sempre muito envolvida em todas as etapas de minha vida. Em todos os momentos, disposta a ajudar, me estimulando e me mostrando as melhores direções. Cada conquista minha é dela também. Obrigada por saber tão bem como me fazer feliz mãe!

Ao meu noivo, William, que me ensinou a ser mais corajosa e correr atrás de meus objetivos com muita força de vontade. Por me fazer perceber que a felicidade está nas coisas simples e que nada é impossível na vida. Pelo amor, amizade e dedicação que tens por mim, obrigada!

A minha família, pela união, amizade, por estarem sempre me proporcionando momentos felizes e torcendo comigo a cada conquista.

A minha orientadora, Prof^a. Simone, por ter acreditado em mim e ter me dado a oportunidade de realizar este trabalho. Obrigada pela ajuda! Aprendi muito!

Ao Prof. Alessandro, pela orientação e amizade. Obrigada pelos momentos de aprendizado e de descontração.

A Pesquisadora Márcia, pela coorientação do mestrado e toda a experiência que me proporcionou anteriormente em estágio de iniciação científica.

A Embrapa Clima Temperado por ter disponibilizado os frutos analisados neste trabalho e pelo valioso aprendizado que adquiri durante o período de estágio.

A Prof^a Erna, pelo jeito amável de ser. Foi bom demais tê-la por perto.

Ao professor Plinho, que sempre esteve disposto a ajudar.

A Rosinha, que me deu as coordenadas logo de início no laboratório e tornou meus dias de trabalho mais descontraídos e divertidos. Tua presença foi fundamental. Muito bom poder contar com tua ajuda e amizade.

A Lucécia (minha maninha), por ter sido uma pessoa indispensável nesse momento da minha vida. Amiga admirável que me surpreendeu com tanta garra e força de vontade. Obrigada por estar sempre me transmitindo essa energia contagiante.

A Tâmmila, Priscila, Paula, Daiane, Lívia que tornaram meu mestrado muito mais alegre. Foi muito bom ter convivido com vocês! Manteremos contato!

Ao técnico de laboratório Roberval e as estagiárias Mariana e Aline por terem me ajudado no laboratório.

Ao William, Roger e Paulo pela grande ajuda nas análises de minerais no LANAGRO. Obrigada pela competência!

“Mantenha seus pensamentos positivos,
porque seus pensamentos tornam-se suas
palavras. Mantenha suas palavras positivas,
porque suas palavras tornam-se suas atitudes.
Mantenha suas atitudes positivas, porque suas
atitudes tornam-se seus hábitos. Mantenha
seus hábitos positivos, porque seus hábitos
tornam-se seus valores. Mantenha seus
valores positivos, porque seus valores tornam-
se seu destino”

Mahatma Gandhi

RESUMO

O Rio Grande do Sul se destaca por sua riqueza florística, entretanto, muitas espécies frutíferas permanecem desconhecidas, embora possuam potencial para se tornarem competitivas com as espécies já tradicionais. Neste sentido, este trabalho visa aprofundar a caracterização de alguns frutos nativos da região, estimulando a exploração desta biodiversidade, esclarecendo a potencialidade dos produtos e sua utilização em prol dos benefícios à saúde e o avanço da economia local e nacional. Para isso, foi realizada uma caracterização bromatológica e fitoquímica, como também foi verificado o potencial antioxidante de frutos nativos tais como: araticum (*Rollinia sylvatica* A. St.-Hil.), araçá (*Psidium cattleyanum* Sabine), butiá (*Butia capitata* Mart. (Becc.)), gabioba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg.), uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambes.) e tuna (*Cereus hildmannianus* K. Schum.). A partir dos resultados, pode-se verificar que entre os frutos da família Myrtaceae, a guabioba destacou-se por apresentar maior quantidade de compostos fenólicos (1495,27 mg/100g), carotenóides (54,35 µg/g), e vitamina C (5,44 mg/g) como também um excelente potencial antioxidante (90,26 µM eq. trolox/g de fruto fresco e 906,63 g de fruto fresco/g DPPH), indicando ser um fruto bastante promissor tanto para consumo in natura quanto para utilização tecnológica, visto que também obteve melhor relação SST/ATT (45,12). Entretanto, esse mesmo fruto se sobressaiu com os teores mais elevados de Al (31,27 µg/g) e Cr (1,80 µg/g), juntamente com a uvaia (1,56 µg/g), que demonstrou quantidades superiores de Fe (21,27 µg/g) e Zn (60,48 µg/g). A uvaia também se destacou pelo elevado teor de carotenóides (50,09 µg/g). O araçá, apesar de apresentar teores de compostos fenólicos e atividade antioxidantes inferiores à guabioba, ainda assim apresentou-se superior a muitas frutas tradicionalmente consumidas. Quanto aos minerais analisados, o araçá amarelo se destacou pelo elevado teor de Na (828,78 µg/g) e o vermelho de Co (3,27 µg/g). Em relação ao outro grupo de frutos estudado, de famílias botânicas variadas, o butiá e a tuna apresentaram capacidade antioxidante superior à uvaia e à muitas espécies frutíferas tradicionalmente consumidas. O butiá também se destacou com teor mais elevado em carotenóides (39,6 µg/g) e nos minerais Cd (0,06 µg/g) e Ni (4,99 µg/g). A tuna apresentou maior conteúdo de compostos fenólicos totais (1337,28 mg/100g) e predomínio de Ba (7,97 µg/g), Bi (6,36 µg/g), Ga (6,02 µg/g), Mg (1215,54 µg/g) e Mn (207,90 µg/g). O araticum se sobressaiu quanto a concentração de vitamina C (0,32 mg/g) e no resultado para SST/ATT (41,92), mostrando-se adequado tanto para o consumo in natura como para o processamento. Para este mesmo fruto ainda foi observada quantidade de Cu (80,38 µg/g) acima do recomendado, assim como também teve destaque com maiores concentrações de Pb (0,10 µg/g), Sr (28,95 µg/g), Ca (2579,50 µg/g) e K (11522,03 µg/g).

Palavras-chave: Rio Grande do Sul, frutos nativos, compostos bioativos, atividade antioxidante, pigmentos, carotenóides.

ABSTRACT

The Rio Grande do Sul State (Brazil) stands out for its richness flora, however, many fruit species remain unknown, although they have the potential to become competitive with the traditional species. Thus, this work aimed to deepen the characterization of some native fruits of the region, encouraging the exploitation of our biodiversity, preventing biopiracy, clarifying the potential of our products and their use in support of health benefits and advancement of the local and national economy. For this, we performed a physicochemical and phytochemical characterization, and also was determined the potential of antioxidant custard apple (araticum) (*Rollinia sylvatica* A. St. - Hil.), Guava (araçá) (*Psidium cattleianum* Sabine) coco palm (butiá) (*Butia capitata* Mart. (becc.)), gabioba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg.), uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambes.) and tuna cactus (tuna) (*Cereus hildmannianus* K. Schum.). From the results, one can see that among the fruits of the Myrtaceae, the guabioba stood out due to its greater quantity of phenolic compounds (1495.27 mg/100g), carotenoids (54.35 µg/g), and vitamin C (5.44 mg/g), as well as, an excellent antioxidant potential (90.26 µM trolox/g and 906.63 g/g DPPH) could be a promising fruit for both fresh consumption and for use technology, since they also obtained better TSS/TTA ratio (45.12). However, the *guabioba* showed the highest levels of Al (31.27 µg/g) and Cr (1.80 µg/g), together with uvaia (1.56 mg/g), which showed higher amounts Fe (21.27 µg/g) and Zn (60.48 µg/g). The uvaia also stood out for presenting a relevant carotenoid content (50.09 µg/g). Yellow guava, although showing a lower phenolic compound content and antioxidant activity than the *guabioba*, nevertheless showed much higher values than many traditionally consumed fruit. Regarding minerals, the yellow guava stood out high concentrations of Na (828.78 µg/g) and the red guava Co (3.27 µg/g). The coco palm (25.96 trolox µM/g and 3847.54 g/g DPPH) and tuna cactus (19.61 trolox µM/g 3249.77 g/g DPPH) showed higher antioxidant capacity than many fruit species traditionally consumed. In the other group of fruits studied, in various plant families, the coco palm fruit stood out due to its elevated carotenoid content (39.6 µg/g) and minerals Cd (0.06 µg/g) and Ni (4.99 µg/g). The tuna cactus fruit showed the highest total phenolic compound content (1337.28 mg/100 g) and predominance of Ba (7.97 µg/g), Bi (6.36 µg/g), Ga (6.02 µg/g) Mg (1215.54 µg/g) and Mn (207.90 µg/g). Although the custard apple showed the highest vitamin C content (0.32 mg/g) showed the best result for the TSS/TTA ratio (41.92), and was thus adequate for both *in natura* consumption and for processing. This fruit was also observed amounts of Cu (80.38 µg/g) above the recommended, as was also stood out for its high concentrations of Pb (0.10 µg/g), Sr (28.95 µg/g), Ca (2579.50 µg/g) and K (11,522.03 µg/g).

Key words: Rio Grande do Sul, native fruits, bioactive compounds, antioxidant activity, pigments, carotenoids.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Fruto de araticum imaturo	20
Figura 2. Frutos de araticum maduros expondo a parte comestível	20
Figura 3. Fruto de araçá amarelo maduro	21
Figura 4. Fruto de araçá vermelho maduro	21
Figura 5. Frutos de butiá maduros	22
Figura 6. Frutos de guabiroba maduros	23
Figura 7. Frutos de guabiroba em diferentes estádios de maturação	23
Figura 8. Frutos de uvaia maduros	24
Figura 9. Frutos de uvaia em fase de colheita	24
Figura 10. Frutos de tuna imaturos	25
Figura 11. Frutos de tuna sobremaduros, expondo a parte comestível.....	25
Figura 12. Classificação dos fitoquímicos	30
Figura 13. Estrutura química dos carotenos: licopeno, β -caroteno e α -caroteno, respectivamente	32
Figura 14. Estrutura química das xantofilas: zeaxantina, luteína, criptoxantina, e astaxantina, respectivamente	33
Figura 15. Estrutura química de alguns falvonóides de ocorrência natural em plantas.....	36

CAPÍTULO 4

Figura 1. Análise de componentes principais: gráfico de (a) <i>scores</i> e (b) <i>loadings</i>	123
--	-----

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Chemical composition of fruits of the Myrtaceae family native to the south of Brazil.....	66
Tabela 2. Total soluble solids and total titratable acidity in fruits of the Myrtaceae family native to the south of Brazil	67
Tabela 3. Total phenolic compounds, antioxidant activity and vitamin C in fruits of the Myrtaceae family native to the south of Brazil	67
Tabela 4. Carotenoid compositions ($\mu\text{g/g}$) in fruits of the Myrtaceae family native to the south of Brazil.....	68

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Proximate composition obtained in fruits from species native to Rio Grande do Sul State/Brazil	96
Tabela 2. Total soluble solids and total titratable acidity in fruits from species native to Rio Grande do Sul State/Brazil.	96
Tabela 3. Total phenolic compounds, antioxidant activity and vitamin C content in fruits from species native to Rio Grande do Sul State/Brazil.....	97
Tabela 4. Carotenoids composition ($\mu\text{g/g}$) in fruits from species native to Rio Grande do Sul/Brazil.	98

CAPÍTULO 4

Tabela 1. Condições de operação para digestão dos frutos em microondas	120
Tabela 2. Condições de operação para determinação de minerais em ICP e nebulizador ultrassônico.....	129
Tabela 3. Comprimentos de onda empregados, limite de detecção (LD) e quantificação (LQ) dos minerais analisados em frutos nativos do sul do Brasil	121
Tabela 4. Teores de minerais em frutos nativos do sul do Brasil	121
Tabela 5. Variância, autovalores e loadings dos minerais analisados	122

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	13
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 ESPÉCIES FRUTÍFERAS NATIVAS DO RIO GRANDE DO SUL	16
1.1.1 Araticum	19
1.1.2 Araçá.....	20
1.1.3 Butiá.....	21
1.1.4 Guabiroba.....	23
1.1.5 Uvaia.....	24
1.1.6 Tuna	25
1.2 ALIMENTOS FUNCIONAIS	26
1.3 RADICAIS LIVRES, ESTRESSE OXIDATIVO E ANTIOXIDANTES	27
1.3.1 Radicais Livres	27
1.3.2 Estresse Oxidativo	28
1.3.3 Antioxidantes	28
1.4 COMPOSTOS BIOATIVOS COM PROPRIEDADES ANTIOXIDANTE EM FRUTAS	29
1.4.1 Terpenóides	31
1.4.1.1 Carotenos.....	32
1.4.1.2 Xantofilas	33
1.4.2 Compostos Fenólicos.....	34
1.4.2.1 Flavonóides.....	35
1.4.2.2 Não Flavonóides	37
1.5 TRABALHOS CIENTÍFICOS COM FRUTOS DE ESPÉCIES NATIVAS DO RIO GRANDE DO SUL	37
1.6 OBJETIVO GERAL	42
1.7 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	42

CAPÍTULO 2	44
CARACTERIZATION AND ANTIOXIDANT POTENTIAL OF FRUITS FROM THE MYRTACEAE FAMILY	45
CAPÍTULO 3	69
CARACTERIZATION, BIOACTIVE COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT POTENTIAL BRAZILIAN FRUITS	70
CAPÍTULO 4	99
CARACTERIZAÇÃO DE MINERAIS EM FRUTOS NATIVOS O SUL DO BRASIL POR UNS-ICP-OES	100
DISCUSSÃO GERAL	124
BIBLIOGRAFIA	126

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a fome e as deficiências nutricionais ainda persistem e em algumas camadas da população vêm aumentando. Porém, o déficit de peso atinge hoje menos de 5% da população, o que é o indicador social positivo da maior relevância. Por outro lado, o sobrepeso e a obesidade vêm aumentando de forma preocupante. A Pesquisa de Orçamento Familiar (POF) divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostra que em todas as regiões do país, em todas as faixas etárias e em todas as faixas de renda, o percentual de pessoas com excesso de peso e obesas aumentou contínua e substancialmente. Em 2010, foi constatado que metade dos adultos brasileiros estão obesos, o que constitui um sério problema de saúde pública (IBGE, 2010).

Além disso, outra característica da sociedade atual é o grande número de indivíduos que atingem a idade avançada, preparando-se para uma vida mais longa, com melhores perspectivas de vida. Dados do IBGE mostraram que, em 2007, os idosos representavam 10,5% da população total (aproximadamente 20 milhões) (GAMBURGO e MONTEIRO, 2009). As projeções mais conservadoras indicam que, em 2020, o Brasil será o sexto país do mundo em número de idosos, com um contingente superior a 30 milhões de pessoas (CARVALHO et al., 2003).

Estas transformações na estrutura populacional resultam na modificação de incidência e prevalência de doenças, bem como as principais causas de morte. Dessa forma, a manutenção da saúde dessa população vem se tornando uma tarefa importante, uma vez que o idoso é mais vulnerável a doenças crônico-degenerativas de começo insidioso.

A epidemiologia nutricional tem apontado forte associação entre alguns padrões de consumo alimentar e a ocorrência de doenças crônicas não transmissíveis. A

alimentação inadequada – rica em gorduras e açúcar, com alimentos altamente refinados e processados – está associada ao aparecimento de diversas doenças como aterosclerose, hipercolesterolemia, hipertensão arterial, doença isquêmica do coração, infarto agudo do miocárdio, diabetes mellitus e câncer (WHO, 2003).

Porém, vários estudos mostram que o consumo elevado de frutas e hortaliças está associado aos seus efeitos na prevenção de enfermidades cardiovasculares e circulatórias (NESS e POWLES, 1997; STOCLET et al., 2004), cancerígenas (WANG e MAZZA, 2002; KATSUBE et al., 2003), no diabetes e no mal de Alzheimer (ABDILLE et al., 2005).

O efeito protetor exercido por estes alimentos tem sido atribuído à presença de compostos capazes de captar radicais livres (antioxidantes) destacando-se as vitaminas e metabólitos especiais, como os compostos fenólicos e os carotenóides. Dessa forma, a população está se tornando mais consciente quanto à importância de incluir alimentos saudáveis em sua dieta básica (KRINSKY, 1994; RAO e AGARWAL, 1999).

Neste contexto, o Brasil é destaque visto que é um dos três maiores produtores de frutas do mundo, perdendo apenas para China e Índia (IBRAF, 2010); superando 43 milhões de toneladas em 2008, o que representa 5% da produção mundial, decorrência da extensão do território e sua inserção, em grande parte, nas zonas de clima tropical e temperado (GRANADA et al., 2004).

No entanto, apesar do agronegócio ser um dos setores mais competitivos da economia brasileira (ALMEIDA, 1998), lavouras extensivas de poucas espécies apropriam-se ano a ano de mais área e tentam manter ou aumentar a produtividade às custas de insumos, como adubos, herbicidas e outros químicos.

A população perde em variabilidade de dieta alimentar e conhecimento do uso de espécies nativas capazes de oferecer alternativas ricas e nutritivas, pois ainda há

inúmeras espécies muito pouco exploradas economicamente (ROCKENBACH et al., 2008). Ao mesmo tempo empresas e outras instituições estrangeiras buscam avidamente o patenteamento dos recursos vegetais brasileiros e de seus subprodutos (BRACK et al., 2007).

As frutas contêm, além dos nutrientes essenciais e de micronutrientes, diversos compostos secundários como os pigmentos naturais que atuam como antioxidantes (HARBORNE e WILLIAMS, 2000). Especialmente quando se trata de espécies silvestres, estudos revelam que os teores de minerais e compostos bioativos são significativamente maiores do que em plantas domesticadas (ODHAV et al., 2007).

O Rio Grande do Sul se destaca por sua riqueza florística, porém permanecem pouco conhecidas as questões de identificação botânica, a importância ecológica e econômica das espécies, e a importância das frutíferas para a alimentação humana (BRACK et al., 2007).

Neste sentido, este trabalho pretende aprofundar a caracterização de algumas frutas nativas do Rio Grande do Sul, estimulando a exploração desta biodiversidade, evitando a biopirataria, esclarecendo a potencialidade desses produtos e sua utilização em prol dos benefícios a saúde e o avanço da economia.

1.1 ESPÉCIES FRUTÍFERAS NATIVAS DO RIO GRANDE DO SUL

Todas as espécies cultivadas foram um dia, silvestres, nativas de alguma região e de valor econômico insignificante. Aos poucos foram domesticadas e introduzidas nos sistemas produtivos, proporcionando opções rentáveis aos produtores e possibilitando a sua expansão a outras regiões, que não as de sua origem. Neste processo, muitas vezes foi perdida parte da variabilidade existente na natureza. Entretanto, hoje é possível de forma consciente, introduzir novas espécies no sistema produtivo, com o cuidado para que *in situ* seja mantida a sua variabilidade (RASEIRA, 2010).

Embora o maior número de espécies nativas brasileiras se encontre no bioma da Amazônia e do Cerrado, o bioma pampa também possui uma grande riqueza (RASEIRA, 2010), com um número estimado de 55 mil espécies vegetais, onde em torno de cinco mil são plantas vasculares nativas e 109 frutíferas (BRACK et al., 2007).

Kinupp (2007) ao realizar um levantamento de plantas alimentícias não convencionais (PANCs) nativas da região metropolitana de Porto Alegre, destacou as Myrtaceas por apresentar maior número de espécies com potencial alimentício entre as Angiospermas. Da mesma forma esta família foi citada por Brack et al. (2007) ao estimar as frutíferas existentes no Rio Grande do Sul.

Também merecem atenção as famílias Arecaceae (Palmae), Annonaceae, Sapotaceae, Cactaceae, e Fabaceae (BRACK et al., 2007), não somente pelo uso de seus frutos *in natura*, mas também de seus subprodutos, no caso de bebidas (licores, sucos), geléias, doces, sorvetes, picolés, condimentos, entre outras formas de uso (LORENZI, 2006).

Entretanto, grande parte dessas espécies permanece subutilizada, uma vez que pesquisas são insuficientes em relação à identificação botânica e quanto à importância ecológica, econômica, alimentícia e medicinal (RASEIRA, 2010).

As frutíferas nativas do Rio Grande do Sul, na sua maioria, possuem grande potencial para exploração econômica, uma vez que propiciam alta produtividade com baixo custo de implantação e manutenção, pouca utilização de defensivos agrícolas, sendo assim uma alternativa dentro da agricultura familiar, ótima opção para o cultivo orgânico e ainda contribui para a manutenção da biodiversidade, proporcionando aos consumidores um alimento saudável (MARIN et al., 2004).

Frazon et al. (2004) sugeriram que há boas perspectivas de comercialização de frutas nativas, principalmente em nichos de mercado ávidos por novidades. Apesar

disso, a obtenção e a difusão de informações, que permitam o cultivo destas espécies em escala comercial, possibilitando a oferta do produto, é uma das necessidades. Estratégias de marketing, destacando aspectos diferenciados, como, por exemplo, aroma e sabor diferenciados e, propriedades funcionais, também são importantes para que estas frutíferas sejam introduzidas nos sistemas de produção.

Porém, Brack et al. (2007) ressaltaram que sem o esforço conjunto de instituições de pesquisa no Estado, que investigue e divulgue o potencial dessas espécies, as mesmas poderão ser exploradas por outros países, como é o caso da goiabeira-serrana (Nova Zelândia), a cereja-do-rio-grande (EUA) e o araçá (Austrália), todas frutíferas nativas do Rio Grande do Sul.

A *Physalis peruviana* (physalis), também nativa do Brasil, tem sua produção comercial dentro do país em pequena escala, porém é cultivada na Europa e Ásia. Essa fruta é produzida comercialmente no Equador, África do Sul, Kênia, Zimbábue, Austrália, Nova Zelândia, Hawaii, Índia, Malásia, Colômbia e China. Atualmente sua produção tem se estendido aos países do Caribe, sendo a Colômbia o maior produtor mundial (NOVOA et al., 2006).

Brack et al. (2007) explicam que para a biodiversidade seja incorporada em nosso modelo econômico, em especial na agricultura, temos que vencer algumas barreiras, sendo uma delas a desinformação sobre a existência e a importância de nossas espécies vegetais nativas.

O trabalho com espécies frutíferas nativas da região Sul do Brasil, começou na Embrapa Clima Temperado com uma coleção cuja maior parte das plantas foi recebida, da Associação de Fumicultores do Brasil, AFUBRA, em 1985. Inicialmente, o objetivo era a conservação destas espécies. Mas a partir de 1986/87, foi crescendo a idéia de utilizar algumas delas como complementares aos sistemas produtivos da região

(RASEIRA, 2010). Posteriormente, começaram a surgir trabalhos com outras instituições de pesquisa e ensino do Brasil.

Atualmente o Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de espécies nativas da região Sul do Brasil conta com 16 espécies diferentes.

Ainda, a Embrapa Clima Temperado com apoio do Sebrae, Finep e Fapeg, desenvolveram o Projeto Sabor Nativo, voltado a inovação, a cooperação e visa contribuir com o fortalecimento da agroindústria regional, integrando seis empresas, cinco de Pelotas e uma de São Lourenço do Sul com o objetivo de produzir e colocar no mercado produtos inéditos, com frutas nativas e pequenas frutas da região de clima temperado. Espera-se o aumento no plantio dessas espécies, considerando o conseqüente interesse da indústria em absorver a produção.

No entanto, até o momento, no que se refere ao cultivo em escala comercial dos frutos nativos no Brasil, somente a pitangueira pode ser citada como exemplo no estado do Pernambuco, e seu cultivo vem aumentando nos últimos anos (BEZERRA et al., 2002). No entanto, muitas outras espécies ainda continuam praticamente inexploradas. Como exemplo de alguma delas, podem ser citadas:

1.1.1. Araticum: (*Rollinia sylvatica* A. St.-Hil.) Martius: sinonimia *Annona sylvatica* A. St.-Hil.

Também chamado de cortiça, araticum-do-mato, araticum-do-morro, embira, embira-de-araticum, é uma frutífera da família *Annonaceae*, raramente cultivada, porém relativamente freqüente em seu habitat natural na Mata Atlântica, na floresta semicídica, na mata de altitude e na restinga, nos estados de Pernambuco até o Rio Grande do Sul. É uma árvore perenifólia de 6 a 8 metros de altura. É particularmente freqüente nas regiões de altitude. Frutos do tipo sincarpo bacáceo, contendo polpa doce e succulenta com muitas sementes, que amadurecem durante o período de janeiro a abril. Os frutos

são consumidos *in natura*, sendo pouco populares devido à grande quantidade de sementes que contêm (LORENZI et al., 2006). Corrêa (1984) cita que os frutos são comestíveis e que se submetidos à fermentação produzem uma bebida vinosa recomendada como estomáquica e refrigerante.



Figura 1. Fruto de araticum imaturo. BAG da Embrapa Clima temperado, Pelotas, RS.



Figura 2. Frutos de araticum maduro expondo a parte comestível. BAG da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Fotos: Mery Couto

1.1.2. Araçá (*Psidium cattleianum* Sabine).

Também chamado popularmente de araçá comum, araçá de coroa, pertence à família Myrtaceae, é uma espécie cultivada há anos no exterior (KINUPP, 2007). Ledin (1957) menciona seu cultivo na Flórida, Raseira (2010) nas Ilhas da Reunião (pertencentes à França) e Brack et al. (2007) na Austrália. Porém no Brasil é somente cultivado em pomares domésticos, principalmente na região sul do país e também freqüente em seu habitat natural nas restingas litorâneas, na Mata Atlântica e no Planalto Meridional.

É um arbusto a de 1 a 9 metros de altura. Os frutos são bagas globosas, amarelas ou vermelhas, coroadas pelas sépalas persistentes, com polpa suculenta, de sabor doce-ácido muito agradável; a maturação ocorre de janeiro a março (LORENZI et al., 2006).

De acordo com Raseira e Raseira (1996) o fruto de araçá possui alto teor de vitamina C, em geral 3 a 4 vezes maior do que os frutos cítricos.

Conforme dados da Embrapa Clima Temperado, seleções de araçazeiro foram testadas por quatro anos consecutivos e hoje, tem-se dados de produção, tamanho de frutas e teor de sólidos solúveis das mais de 160 seleções, podendo-se multiplicar as mais interessantes delas. O araçazeiro, se bem manejado, pode produzir em média 6 ton/ha mas dependendo do clone e da idade da planta, pode chegar a 12 ton/ha e, em casos excepcionais, até a 20 ton/ha/ano (RASEIRA, 2010).

Com iniciativa do Projeto Sabor Nativo, os frutos estão sendo produzidos experimentalmente em forma de sorvetes, araçazadas, balas, bombons, tortas, schmier e polpas por pequenas empresas da região.



Figura 3. Fruto de araçá amarelo maduro. BAG da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.



Figura 4. Fruto de araçá vermelho maduro. BAG da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Fotos: Mery Couto

1.1.3. Butiá (*Butia capitata* (Mart.) Becc)

Também chamado de butiá azedo, butiá-vinagre, cabeçudo, pertence à família Palmae é encontrado na região litorânea do sul do Brasil. A situação taxonômica da espécie nativa do Rio Grande do Sul é bastante controversa. Alguns autores consideram-na como sendo *Butia Capitata* var. *odorata* (Barb. Rodr.) Becc. (REITZ,

1974). Já Lorenzi et al. (2004) apresentam-nas como espécies separadas taxonomicamente e totalmente disjuntas geograficamente.

Lorenzi et al. (2006) descrevem o butiá como uma palmeira de 4 a 5 metros de altura. Os frutos tem mesocarpo (polpa) fibro-suculento, de sabor-ácido.

Em 1957 já era relatada a introdução e o cultivo de *B. capitata* na Flórida (LEDIN, 1957). O autor descreve como sendo uma espécie resistente, rústica, que além da Flórida, era ocasionalmente, cultivada com êxito na Virginia, onde são usualmente consumidos em forma de geléia (*jelly palm*).

No Brasil, os plantios existem apenas em quintais e pomares domésticos. Seus frutos são muito apreciados pela população local, que o consomem em forma de bebidas (cachaça e licores), geléia, sorvete e doces em calda. Dessa forma, Kinupp (2007) ressalta que esta espécie já deveria ter sido domesticada, uma vez que possui grande potencial mercadológico.

O Butiá também está sendo utilizado no Projeto Sabor nativo, estão sendo desenvolvidos bombons, trufas, sorvetes e polpa a partir dos frutos.



Foto: Mery Couto

Figura 5. Frutos de butiá maduros. BAG da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

1.1.4. Guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg),

Popularmente, também é chamada de guabirova, guariba. Pertencente à família *Myrtaceae* é uma frutífera muito cultivada em quintais, principalmente nas regiões sul e sudeste do país, além de ser facilmente encontrada em seu habitat natural, desde Minas Gerais e Mato Grosso do Sul até o Rio Grande do Sul em quase todas as formações florestais dessas regiões. É uma árvore semidecídua de 4 a 15 metros de altura. Algumas espécies são indicadas para paisagismo e reflorestamento para recuperação ambiental (LORENZI et al., 2006), já que apresentam abundante frutificação, crescem em solos pobres, em climas quentes ou secos (SANTOS et al., 2009).

Frutos com polpa suculenta, firme e de sabor doce, com maturação em novembro-dezembro, são muito apreciados para consumo *in natura* e usados no preparo de geléias, sucos, doces, sorvetes, pudins, licores, batidas ou curtidos na cachaça (LORENZI et al., 2006). A textura do fruto pode ser atribuída ao alto teor de pectinas.

As folhas desta espécie são utilizadas na medicina popular para fins diversos, inclusive para redução de peso (BIAVATTI et al., 2004) e possuem efeitos antiulcerogênicos (MARKMAN et al., 2004).



Figura 6: Frutos de guabiroba maduro. BAG Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.



Figura 7: Frutos de guabiroba em diferentes estádios de maturação. BAG Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Fotos: Mery Couto

1.1.5. Uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess)

Na literatura também pode ser chamada sob o sinônimo *Pseudomyrcianthes pyriformis* (Camb.). Popularmente, é conhecida como uvalha e uvalha-do-campo. É uma *Myrtaceae* amplamente cultivada em quase todo o país e também encontrada em seu habitat natural desde São Paulo até o Rio Grande do Sul, na floresta semidecídua do Planalto e da Bacia do Rio Paraná. É uma árvore semidecídua, de 5 a 15 metros, com casca descamante.

Esta planta pode ser utilizada em programas de reflorestamento e em áreas urbanas e seus frutos apresentam potencialidade de uso industrial, sendo muito apreciados para o consumo na forma de sucos, razão pela qual é largamente cultivada em pomares domésticos (LORENZI et al., 2006).

Kinupp (2007) aponta este fruto como versátil, podendo ser usado na elaboração de vários produtos. Acredita que esta espécie já deveria estar sendo produzidas há anos em escala comercial pois sugere potencial mercadológico imediato.

Lorenzi et al. (2006) alega que a variabilidade genética é considerável e as possibilidades de formação de híbridos existem.



Figura 8. Frutos de uvaia maduros. BAG da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.



Figura 9. Frutos de uvaia em fase de colheita. BAG da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS.

Fotos: Mery Couto

1.1.6. Tuna (*Cereus hildmannianus* K. Schum.)

Esta espécie possui varias sinonímias, tais como: *C. alacriportanus* Pfeiff, *C. uruguayanus* F. e *C. peruvianus* Mill.

A tuna é um cacto arbóreo que atinge cerca de 7, 0 m de altura ou mais e com crescimento secundário considerável, formando um caule lenhoso. Seus frutos imaturos apresentam o epicarpo verde recoberto por camada pruinosa alvacenta e o epicarpo dos frutos maduros torna-se amarelo claro. Possuem polpa branca adocicada com sementes pretas, pequenas e macias (KINUPP, 2007), sendo considerada por Scheinvar (1985) como comestíveis. Kinupp (2007) descreve os frutos da tuna como grandes, desprovidos de gloquídeos; possuindo sabor e consistência similares à pitaia, fruto já cultivado e disponível em alguns supermercados.



Foto: Reginaldo Cruz

Figura 10. Frutos de tuna imaturos. Cerro dos Peixotos, Cachoeira do Sul, RS.



Foto: Alexandre Rücker

Figura 11. Frutos de tuna sobremaduros, expondo a parte comestível. Parque Estadual de Itapuã, Viamão, RS.

Todas as espécies citadas merecem estudos bromatológicos e fitoquímicos.

1.2. ALIMENTOS FUNCIONAIS

O termo “alimentos funcionais” foi primeiramente introduzido no Japão em meados dos anos 80 e se refere aos alimentos processados, contendo ingredientes que auxiliam funções específicas do corpo além de serem nutritivos, sendo estes alimentos definidos como “Alimentos para uso específico de saúde” (*Foods for Specified Health Use-FOSHU*) em 1991. Estabelece-se que FOSHU são aqueles alimentos que têm efeito específico sobre a saúde devido a sua constituição química e que não devem expor ao risco de saúde ou higiênico.

De acordo com Roberfroid (2002), os alimentos funcionais apresentam as seguintes características:

- a) Devem ser alimentos convencionais e serem consumidos na dieta normal/usual;
- b) Devem ser compostos por componentes naturais, algumas vezes, em elevada concentração ou presentes em alimentos que normalmente não os supririam;
- c) Devem ter efeitos positivos além do valor básico nutritivo, que pode aumentar o bem-estar e a saúde e/ou reduzir o risco de ocorrência de doenças, promovendo benefícios à saúde além de aumentar a qualidade de vida, incluindo os desempenhos físico, psicológico e comportamental;
- d) A alegação da propriedade funcional deve ter embasamento científico;
- e) Pode ser um alimento natural ou um alimento no qual um componente tenha sido removido;
- f) Pode ser um alimento onde a natureza de um ou mais componentes tenha sido modificada;
- g) Pode ser um alimento no qual a bioatividade de um ou mais componentes tenha sido modificada.

Esses alimentos podem exercer várias ações do ponto de vista biológico, como atividade antioxidante, modulação de enzimas de destoxificação, estimulação do sistema imune, redução da agregação plaquetária, modulação do metabolismo hormonal, redução da pressão sanguínea e atividade antibacteriana e antiviral (CARRATU et al., 2005).

1.3. RADICAIS LIVRES, ESTRESSE OXIDATIVO E ANTIOXIDANTES

1.3.1. Radicais Livres

O termo radical livre é frequentemente usado para designar qualquer átomo ou molécula com existência independente, contendo um ou mais elétrons não pareados, nos orbitais externos. Isto determina uma atração para um campo magnético, o que pode torná-lo altamente reativo, capaz de reagir com qualquer composto situado próximo à sua órbita externa, passando a ter uma função oxidante ou redutora de elétrons (HALLIWELL e GUTTERIDGE, 2004).

Os radicais livres são átomos ou moléculas produzidas continuamente durante os processos metabólicos e atuam como mediadores para a transferência de elétrons em várias reações bioquímicas, desempenhando funções relevantes no metabolismo. As principais fontes de radicais livres são as organelas citoplasmáticas que metabolizam o oxigênio, o nitrogênio e o cloro, gerando grande quantidade de metabólitos (MÉNDEZ FILHO e RODRÍGUEZ, 2004).

1.3.2. Estresse Oxidativo

O estresse oxidativo é definido como um acúmulo de espécies reativas de oxigênio que causam danos à estrutura das biomoléculas de DNA, lipídios, carboidratos e proteínas, além de outros componentes celulares (ANDERSON, 1996).

As espécies reativas de oxigênio podem ser geradas de forma endógena durante o metabolismo celular, ou de forma exógena, como por exposição ao álcool, fumo, drogas, raios ultravioleta e estilo de vida (SOARES, 2002).

É o resultado do desequilíbrio entre a peroxidação e a antioxidação, causando danos à estrutura das biomoléculas de DNA, lipídios, carboidratos e proteínas, além de outros componentes celulares. Estudos comprovam que o estresse oxidativo está relacionado com o envelhecimento, atividade física intensa, apoptose, câncer, diabetes mellitus e arteriosclerose (ANDERSON, 1996)

1.3.3. Antioxidantes

Um antioxidante pode ser definido como qualquer substância que, presente em baixas concentrações frente a um substrato oxidável, retarda ou previne a oxidação de tal substrato (HALLIWELL, 2006). Os antioxidantes protegem o organismo inibindo as reações ligadas à formação de radicais livres, impedindo a perda da integridade celular e, ainda, reparando as lesões causadas por tais compostos.

Diversas substâncias fisiológicas enzimáticas e não enzimáticas são reconhecidas como antioxidantes. Os antioxidantes enzimáticos são representados por superóxido dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPx), glutathione reductase (GR) e catalase (CAT) (VALKO et al., 2007). Os antioxidantes não enzimáticos consistem principalmente de glutathione (GSH) e ceruloplasmina. Os antioxidantes dietéticos

exógenos interagem com os antioxidantes endógenos compondo uma rede celular antioxidante integrada (VALKO et al., 2007).

Dentre os principais antioxidantes dietéticos exógenos podem ser citados as vitaminas (E e C), os minerais (Cu, Se, Zn, Mg, Fe) e os carotenóides e compostos fenólicos.

O ácido ascórbico (vitamina C) atua na prevenção da peroxidação lipídica e da oxidação do LDL-colesterol. Parece que sua ação está relacionada com a varredura de radicais peroxil na fase aquosa antes de eles terem iniciado a peroxidação lipídica, e pela regeneração da forma ativa da vitamina “E” (JACOB, 1999), que por sua vez também age como um eficiente inibidor da peroxidação de lipídeos.

Além destes, há vários nutrientes essenciais de origem mineral, como o zinco, cobre, manganês, selênio e ferro, que participam do processo antioxidante em associação com enzimas (HALLIWELL e GUTTERIDGE, 1985).

Os carotenóides e compostos fenólicos serão abordados no item a seguir.

1.4. COMPOSTOS BIOATIVOS COM PROPRIEDADES ANTIOXIDANTES PRESENTE EM FRUTAS

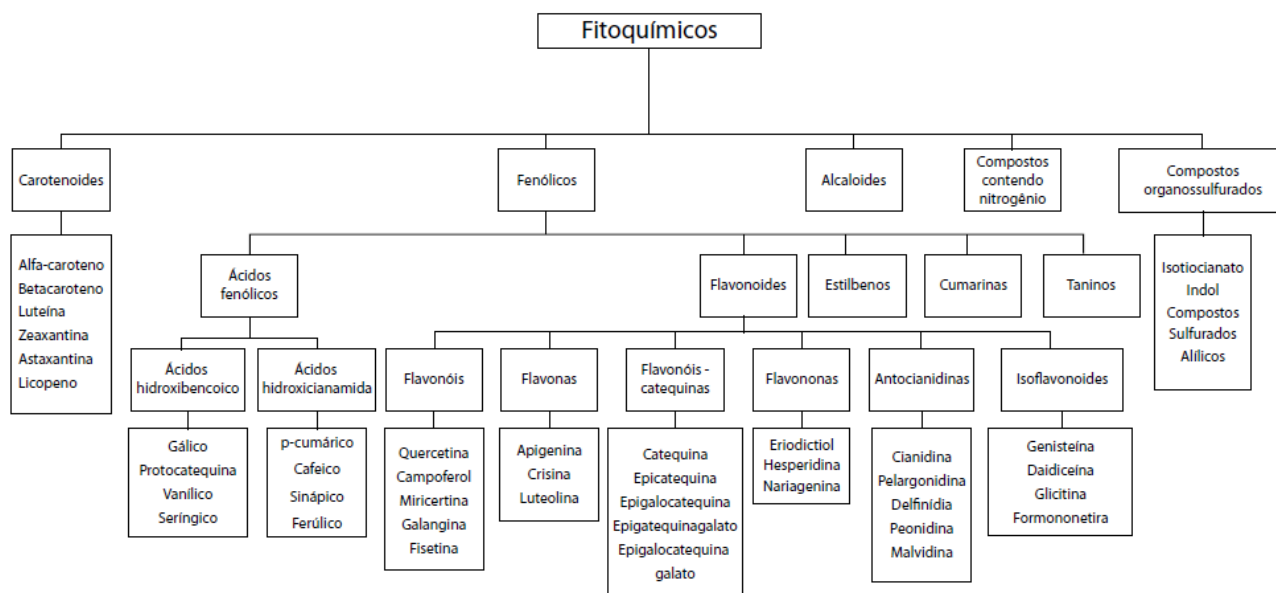
Os alimentos de origem vegetal (frutas, hortaliças, cereais e alimentos derivados), além de micro e macronutrientes, contêm uma série de substâncias que, apesar de não terem uma função nutricional classicamente definida, e não serem consideradas essenciais para o ser humano, podem ter um impacto significativo sobre o curso de doenças e ser indispensável para a saúde em longo prazo (ECONOMOS e CLAY, 1999; HANNUM, 2004).

Estas substâncias bioativas ou metabólitos secundários de origem vegetal, também são conhecidos como fitoquímicos ou fitonutrientes. Devido as suas

importantes propriedades, efeitos biológicos e seus atributos sensoriais (KING e YOUNG, 1999; BELNSTEIN, 2001), ocupam uma área de investigação emergente, dada a enorme variedade de alimentos que os contêm (HANNUM, 2004).

Geralmente, estão relacionados com os sistemas de defesa das plantas contra a radiação ultravioleta ou as agressões de insetos ou patógenos (MANACH et al., 2004). Como existem em grande número, eles podem ser subdivididos em grupos com milhares de compostos distintos. A Figura 12 aborda resumidamente a classificação dos principais fitoquímicos.

A ingestão média de fitoquímicos é de aproximadamente 1 g a 1,5 g/dia em uma dieta que inclua frutas, verduras, chá e vinho tinto. Entre os mais importantes do reino vegetal pode-se citar 4 grandes famílias químicas, como as substâncias nitrogenadas, as sulfuradas, as terpênicas e as mais amplamente estudadas, as fenólicas (TOMÁS-BARBERÁN, 2003). Porém, os fitoquímicos presentes nas frutas pertencem, em sua maioria, aos dois últimos grupos: substâncias terpênicas e fenólicas.



Fonte: Liu, 2004.

Figura 12. Classificação dos fitoquímicos.

1.4.1. Terpenóides

Entre os terpenóides mais encontrados em frutas, destacam-se os carotenóides. (MARTINÉZ-NAVARRETE et al., 2008). Os carotenóides são pigmentos amplamente distribuídos na natureza, que possuem como estrutura química básica um esqueleto tetraterpênico (40 átomos de carbono em 8 cadeias de isopreno), sendo responsáveis pela coloração amarela, alaranjada e vermelha dos tecidos vegetais.

O mecanismo pelo qual os carotenóides protegem os sistemas biológicos dos radicais livres depende da transferência de energia do oxigênio excitado para a molécula do carotenóide (SOUSA et al., 2007).

O sistema conjugado e rico em elétrons do polieno é responsável pela atividade antioxidante dos carotenóides: tanto na absorção do oxigênio singlet quanto de radicais livres, para interromper as reações em cadeia onde eles estão envolvidos (SIKORA et al., 2008). Além da proteção celular e *in vitro* contra oxigênio singlete, os carotenóides inibem a peroxidação de lipídeos em baixas pressões de oxigênio. A eficiência como antioxidante varia entre os diferentes carotenóides, sendo o licopeno considerado o mais eficiente como desativador de oxigênio singlete (DAMODARAN et al., 2008). A ação sequestradora de radicais é proporcional ao número de ligações duplas conjugadas, presentes nas moléculas dos carotenóides (SHAMI e MOREIRA, 2004).

Estudos apontam que a função antioxidante dos carotenóides desempenha um papel importante na redução do risco de câncer, catarata, aterosclerose e no processo de envelhecimento (DAMODARAN et al., 2008).

Alguns dos carotenóides apresentam a estrutura cíclica β -ionona em suas moléculas sendo, portanto, precursores de vitamina A (ex. α , β e γ -caroteno e β -criptoxantina).

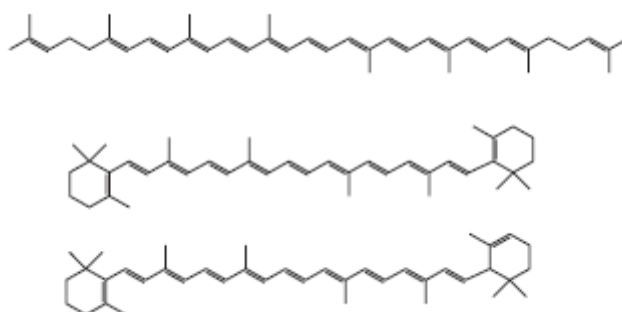
Do ponto de vista químico, carotenóides são compostos polisoprenóides e podem ser divididos em dois grandes grupos: carotenos e xantofilas (QUIRÓS e COSTA, 2006).

1.4.1.1. Carotenos

Os carotenos são compostos lipossolúveis constituídos apenas por carbono e hidrogênio, tendo como principais representantes o β -caroteno - presentes na manga, pêssego, mamão e melão (RODRIGUES-AMAYA et al., 2008) - e o licopeno – encontrados na melancia, na goiaba e na pitanga (ARAB e STECK, 2000). A Figura 14 apresenta a estrutura de alguns carotenos.

O β -caroteno é o carotenóide que possui maior atividade de provitamina A. Street et al. (1994) relataram uma significativa associação entre baixas concentrações de β -caroteno no plasma e aumento da incidência de infarto do miocárdio. Uma dieta rica em β -caroteno já foi associada ao menor risco de morte prematura devido às doenças coronarianas (BELLIZI et al., 1994).

Devido ao grande número de ligações dienos conjugadas, o licopeno é um dos mais potentes desativadores de oxigênio singlete entre os carotenóides naturais. O β -caroteno vem em segundo em relação a este potencial.



Fonte: Valduga et al., 2009.

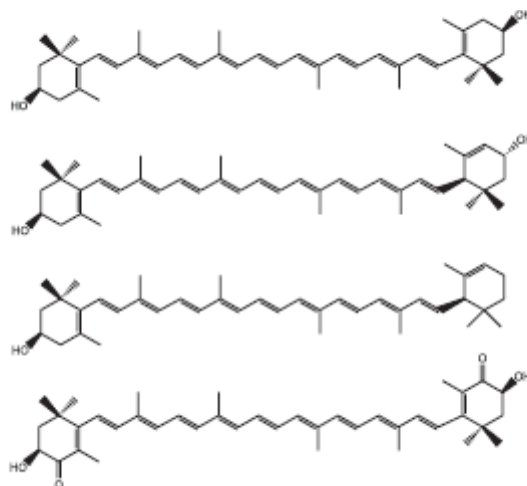
Figura 13. Estrutura dos carotenos: licopeno, β -caroteno e α -caroteno, respectivamente.

1.4.1.2. Xantofilas

As xantofilas são carotenóides oxigenados cujos substituintes mais comuns são os grupos hidroxílicos e carbonílicos. A luteína, a zeaxantina e a criptoxantina são os principais componentes deste grupo e são encontradas em frutas como o kiwi, a laranja e o abacate (LANDRUM e BONE, 2001). A Figura 15 apresenta a estrutura de algumas xantofilas.

Luteína e zeaxantina (Figura 3) são xantofilas resultantes do processo de hidroxilação de α -caroteno e β -caroteno, respectivamente, durante a maturação dos frutos. Estudos epidemiológicos e clínicos mostraram que baixa ingestão ou baixa concentração dessas xantofilas no plasma está associada com a degeneração macular.

Os benefícios desses dois carotenóides em humanos não param na saúde dos olhos. Estudos recentes sugerem que eles podem manter a saúde do coração por reduzirem os riscos de doenças cardiovasculares e protegem a pele dos danos causados por radiação UV (SANTOCONO et al., 2007; MARINOVA e RIBAVORA, 2007).



Fonte: Valduga et al., 2009.

Figura 14. Estrutura das xantofilas: zeaxantina, luteína, criptoxantina e astaxantina, respectivamente.

1.4.2. Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos são substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Possuem estrutura variável e com isso, são multifuncionais. Já foi detectada a ocorrência de mais de 8000 compostos fenólicos (DREOSTI, 2000), sendo que os principais podem ser classificados em dois grupos: os flavonóides (polifenóis) e os não flavonóides (fenóis simples ou ácidos) (MELO e GUERRA, 2002; BURNS et al., 2001).

Esses compostos agem neutralizando e sequestrando radicais livres e também quelam metais de transição. Os intermediários formados pela ação de antioxidantes fenólicos são relativamente estáveis, devido à ressonância do anel aromático presente na estrutura destas substâncias. Os átomos de hidrogênio dos grupos hidroxila adjacentes (orto-difenóis), localizados em várias posições dos anéis A, B e C, as duplas ligações dos anéis benzênicos e a dupla ligação da função oxo ($-C=O$) de algumas moléculas de flavonóides garantem a esses compostos sua alta atividade antioxidante (HRAZDINA et al., 1970; RICE-EVANS et al., 1996).

Estudos realizados com os compostos fenólicos demonstram sua capacidade antioxidante, assim como seu possível efeito na prevenção de diversas enfermidades cardiovasculares, cancerígenas e neurológicas (HARBORNE e WILLIAMS, 2000; SÁNCHEZ-MORENO, 2002). De maneira geral, a ação benéfica dos compostos fenólicos na saúde humana vem sendo relacionada com a sua atividade antiinflamatória e com a atividade que impede, não só a aglomeração das plaquetas sanguíneas, mas também a ação de radicais livres no organismo. Uma vez que protegem moléculas como o DNA, podem vir a abortar alguns processos carcinogênicos.

1.4.2.1. Flavonóides

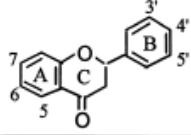
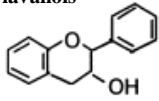
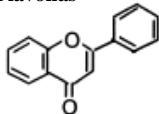
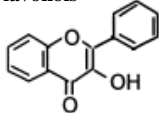
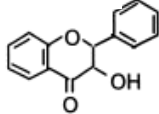
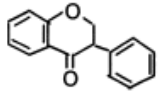
Os flavonóides englobam uma classe muito importante de pigmentos naturais e têm a estrutura química C₆-C₃-C₆, sendo que as duas partes da molécula com seis carbonos são anéis aromáticos (BOBBIO e BOBBIO, 1995) interligados via carbono heterocíclico do pirano.

Conforme o estado de oxidação da cadeia heterocíclica do pirano, têm-se diferentes classes de flavonóides: antocianinas, flavonóis, flavonas, isoflavonas, flavanonas e flavanas (CHEYNIER, 2005). Na Figura 15 observam-se as estruturas dos flavonóides das principais classes já estudadas.

Dentre os flavonóis, a quercetina e a miricetina são os principais componentes em frutas, estando presente na maçã, na romã, na uva e no damasco (HOLLMAN e ARTS, 2000; SCALBERT e WILLIAMSON, 2000; ROSS e KASUM, 2001; KRIS-ETHERTON *et al.*, 2002; POYRAZOGLU *et al.*, 2002; TOMÁS-BARBERÁN, 2003; ESPÍN e TOMÁS-BARBERÁN, 2005; ESPÍN e TOMÁS-BARBERÁN, 2005). As frutas cítricas são exemplo de fonte de flavanonas, representada por naringenina e hesperidina e flavonas representadas por apigenina e luteolina (TOMÁS-BARBERÁN, 2003; ESPÍN e TOMÁS-BARBERÁN, 2005). A catequina, entre as flavanas, é o composto mais frequentemente encontrado em maçã, pêra, romã, cereja e chás (POYRAZOGLU *et al.*, 2002; TOMÁS-BARBERÁN, 2003; ESPÍN e TOMÁS-BARBERÁN, 2005).

As isoflavonas estão mais concentradas em legumes, especialmente na soja, sem citações em frutas. Dos flavonóides, a antocianina é o composto mais estudado. É um grupo de pigmentos vegetais hidrossolúveis, amplamente distribuídos no reino vegetal, encontrados em diversas frutas como o mirtilo, a amora, o morango, a framboesa, o jambolão, a jabuticaba, a uva, entre outras (WANG e LIN, 2000; CONNOR *et al.*, 2002;

VIZZOTTO e PEREIRA, 2008). Seu espectro de cor vai do vermelho ao azul, ou púrpura. Atualmente se conhece 20 antocianinas, mas apenas 6 delas são importantes na tecnologia de alimentos: pelargonidina, cianidina, delphinidina, peonidina, petunidina, malvidina (FENNEMA, 1993).

Fórmula estrutural	Flavonóides	Substituições					
		5	6	7	3'	4'	5'
Flavononas 	Eriodictiol Hesperidina Nariagenina	OH	H	OH	OH	OH	H
Flavanois 	Catequina Galocatequina	OH	H	OH	OH	OH	H
		OH	H	OH	OH	OH	OH
Flavonas 	Apigenina	OH	H	OH	H	OH	H
	Crisina	H	H	OH	H	H	H
	Luteolina	OH	H	OH	OH	OH	H
Flavonóis 	Camferol	OH	H	OH	H	OH	H
	Miricetina	OH	H	OH	OH	OH	OH
	Quercetina	OH	H	OH	OH	OH	H
Flavanonois 	Taxifolin	OH	H	OH	OH	OH	H
Isoflavonas 	Daidzeína	H	H	OH	H	OH	H
	Genisteína	OH	H	OH	H	OH	H
	Gliciteína	OH	OMe	OH	H	OH	H
	Formononetina	H	H	OH	H	OMe	H

Fonte: Birt et al., 2001.

Figura 15. Estrutura química de alguns flavonóides de ocorrência natural em plantas.

1.4.2.2. Não Flavonóides

Os compostos fenólicos não flavonóides, são divididos em: derivados das estruturas químicas C6-C1 específicas dos ácidos hidroxibenzóico, gálico e elágico; derivados das estruturas químicas C6-C3 específicas dos ácidos caféico e *p*-cumárico hidroxicinamatos e derivados das estruturas químicas C6-C2-C6 específicas do *trans*-resveratrol, *cis*-resveratrol e *trans*-resveratrol glucosídeo (BURNS et al., 2001).

Sua atividade antioxidante está relacionada com a posição dos grupos hidroxilas e também com a proximidade do grupo $-CO_2H$ em relação ao grupo fenil. Quanto mais próximo esse grupo estiver do grupo fenil, maior será a capacidade antioxidante do grupo hidroxila na posição meta (HRAZDINA; BORZEL; ROBINSON, 1970).

Fontes de ácido gálico e elágico podem ser encontradas em morango, romã e framboesa (WALADKHANI e CLEMENS; ESPÍN e TOMÁS-BARBERÁN, 2005; POYRAZOGLU et al., 2002), de cumarinas em frutas cítricas (FREITAS, 2000) e resveratrol em vinho tinto, damasco e groselha negra (KRIS-ETHERTON et al., 2002; TOMÁS-BARBERÁN, 2003; ESPÍN e TOMÁS-BARBERÁN, 2005).

1.5. TRABALHOS CIENTÍFICOS COM FRUTOS DE ESPÉCIES NATIVAS DO RS

O apelo que tem sido feito sob a importância da obtenção de informações sobre o potencial de nossa flora tem estimulado, recentemente, a realização de vários trabalhos por instituições de ensino e pesquisa. Neste tópico serão citados, de forma resumida, os principais dados obtidos em relação aos frutos nativos.

Em um estudo realizado pelo Instituto de Patologia Geral e Oncologia da Faculdade de Medicina da Università degli Studi (Napoles/Itália) foi relatado, que os frutos de feijoa são ricos em terpenos, taninos, esteróides saponinas, flavonóides, metilo

e etilo benzoato. Este fruto também já mostrou ação bactericida contra bactérias gram-negativas, como a *Pseudomonas*, *Enterobacter* e *Salmonella* (VUOTTO et al., 2000).

A pitanga é dentre as nativas, a mais estudada. Lima et al., (2002) avaliaram pitangas provenientes da região nordeste, concluindo que o conteúdo de fitoquímicos é maior em frutas maduras do que semi-maduras e estes compostos de uma maneira geral estão concentrados na película da fruto.

Nos frutos da pitangueira, também já foram identificadas duas antocianinas, a cianidina-3-glicosídeo e a delphinidina-3-glicosídeo (EINBOND et al., 2004), além de alguns carotenóides como licopeno, rubixantina, *cis*-rubixantina, β -criptoxantina, *cis*-licopeno, β -caroteno, γ -caroteno, zeaxantina, luteína, violaxantina e β -caroteno-5,6-epóxido (AZEVEDO-MELEIRO e RODRIGUEZ-AMAYA, 2004).

Alguns dados mostram degradação em torno de 8% das antocianinas presente em polpa de pitanga congelada após armazenamento de 60 dias a -18°C e, após este período, não ocorreram variações nos meses subsequentes (LIMA et al., 2005). Ainda, em polpa de pitanga congelada, foi observada uma redução significativa no teor de carotenóides totais após 30 dias de armazenamento e após este período os teores se mantiveram estáveis (LOPES et al., 2005).

Vizzotto et al. (2006) observaram bons resultados na redução de viabilidade celular quando testaram a pitanga laranja contra alguns tipos de células cancerígena.

O conteúdo de compostos fenólicos totais foi determinado em seleções de pitanga de coloração roxa, vermelha e laranja e também a atividade antioxidante que se apresentou baixa em comparação a outras frutas nativas como o araçá (VIZZOTTO et al., 2007).

Na Universidade Federal de Pelotas (UFPel), em um trabalho com pequenas frutas, Jacques et al. (2007) encontraram maior teor de carotenóides totais em pitangas

(vermelha, roxa e laranja), e butiá quando comparados a frutos de amora e mirtilo. Barcia et al. (2010) também observou concentrações razoáveis de vitamina C em araçá roxo e em *physalis*, sendo que este último fruto, 5g seria o suficiente para suprir a demanda por esta vitamina.

Em um trabalho realizado na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Vizzotto, et al. (2007) analisaram compostos bioativos em araçá (*Psidium cattleianum*) seleções 30, 33 e 38; butiá (*Butia capitata*); uvaia (*Eugenia pyriformis*) e guabiju (*Myrcianthes pungens*), além também de incluir a amora-preta (*Rubus sp.*) variedades “Guarani” e “Tupi”, fruto nativo do Brasil. Quanto ao conteúdo de fenólicos, amora-preta “Guarani” com sementes e butiá sem sementes apresentaram os valores mais elevados. O menor conteúdo de fenólicos é observado em uvaia e guabiju. Araçá seleção 30, araçá seleção 33 com e sem sementes, e amora-preta “Guarani” com sementes tiveram as mais altas atividades antioxidantes (11.45, 12.70, 12.26 e 11.31 µg equivalente TROLOX/100 g amostra fresca, respectivamente). Uvaia, guabijú e pitanga tiveram as menores atividades antioxidantes. Em geral, fenólicos totais e atividade antioxidante apresentam boa correlação ($r^2=0.8969$).

Na Embrapa Clima Temperado, alguns trabalhos preliminares envolvendo análise de compostos bioativos foram realizados com frutos de araçá, guabioba, uvaia, maracujá nativo e cereja-do-rio-grande.

Resultados destes trabalhos mostraram que o teor de compostos fenólicos totais em araçá vermelho foi estatisticamente superior ao do araçá amarelo. O mesmo ocorreu para atividade antioxidante, onde o araçá vermelho apresentou resultado duas vezes maior do que o amarelo. Ainda foi observada uma forte correlação positiva entre a concentração de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante em araçás. Entretanto, o conteúdo de carotenóides totais não diferiu estatisticamente entre os dois.

O teor de antocianinas totais encontrados em araçá vermelho foi de 30,4 mg de equivalente cianidina-3-glicosídeo/100 g de amostra fresca, no entanto, este flavonóide não foi detectado em araçá amarelo (PEREIRA et al., 2008a).

Para guabiroba, foram analisados frutos recolhidos do chão e da árvore. Os frutos recolhidos do chão apresentaram maiores teores de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante comparada às frutas que foram coletadas diretamente das árvores. Apesar disso, o conteúdo de carotenóides totais não diferiu significativamente entre elas. Também foi encontrada forte correlação entre o teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante em guabirobas (CASTILHO et al., 2008a).

Ao analisar diferentes partes do fruto de maracujá nativo, foram observados conteúdos de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante superior nas sementes quando comparado a polpa e a casca. Porém, em relação à atividade antioxidante, não foram encontradas diferenças significativas, apesar de ter sido observado correlação entre o teor de fenólicos totais e capacidade antioxidante em maracujá (CASTILHO et al., 2008b).

Também foram comparadas 2 seleções de uvaia. Os resultados indicaram que não houve diferença estatística entre si em relação à atividade antioxidante, apesar da seleção F1 ter mostrado valor superior a F2 quanto ao teor de carotenóides totais e compostos fenólicos totais. Contudo, foi observada correlação positiva entre atividade antioxidante e estes dois fitoquímicos (CASTILHO et al., 2008c).

A cereja-do-rio-grande, por sua vez, se destacou por apresentar teores de carotenóides e antocianinas totais superiores a todos outros frutos nativos citados anteriormente, e compostos fenólicos totais e atividade antioxidante inferiores apenas a guabiroba (PEREIRA et al., 2008b).

Em outro trabalho realizado na Embrapa Clima Temperado, Krolow *et al.* (2008) compararam 2 amostras diferentes de butiá, sendo a amostra 1 caracterizada por frutos pequenos de cor amarela e a amostra (2), frutos graúdos, alaranjados e suculentos. Os resultados indicaram que não houve diferença estatística entre as amostras, para o teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante. No entanto, quanto ao teor de carotenóides totais, a amostra 2 apresentou o dobro do teor da amostra 1. O mesmo autor incentivou o cultivo e o consumo deste fruto devido ao alto teor de fitoquímicos encontrados.

Algumas espécies como pitangueira, cereja-do-rio-grande, guabiju, guabirobeira e araçazeiro foram avaliadas quanto aos compostos voláteis usando-se GC e GC-MS, em um trabalho realizado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em parceria com a Embrapa Clima Temperado. No total, sessenta e seis compostos foram identificados, representando 94,6-99,1% do teor de óleo total. As componentes principais foram o limoneno (10,9%) e β -cariofileno (21,8%) para guabiroba, β -cariofileno (32,7%), germacreno D (14,2%) e biciclogermacreno (11,2%) para guabiju, ácido hexadecanóico (11,7%) de pitanga, β -cariofileno (22,5%), neo-intermedeol (14,2%) e β -selinene (10,1%) para araçá e β -cariofileno (10,1%) para cereja-Rio Grande. Uma propriedade antioxidante foi testado com todos os óleos obtidos por meio de 1, 1-difenil-2-picrilhidrazil ensaio (DPPH). Com exceção da guabiju, todas as amostras apresentaram interessante atividade sequestradora de radicais (MARIN *et al.*, 2008).

Faria *et al.* (2008) observaram concentrações elevadas de compostos fenólicos (163-259 mg de catequina equivalente por 100g de polpa) em polpa de butiá coletados em Montes Claros (MG) analisados na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

Frutos de guabiroba coletados em Ponta Grossa (PR) foram analisados em um trabalho feito em parceria da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Este fruto foi considerado um alimento funcional devido aos elevados teores de compostos fenólicos (1616 ppm/100g) e vitamina C (233,56 mg/100g) (SANTOS et al., 2009).

Vale ressaltar, que embora já tenha iniciado pesquisas com frutas nativas, trata-se de estudos preliminares e recentes. Há muito a ser explorado, a determinação do perfil fitoquímico, por exemplo, se faz necessário.

1.6. OBJETIVO GERAL

Avaliar compostos bioativos de frutas nativas do Rio Grande do Sul tais como: araticum (*Rollinia sylvatica* A. St.-Hil.), araçá (*Psidium cattleianum*), butiá (*Butia capitata*), gabioba (*Campomanesia xanthocarpa*), uvaia (*Eugenia pyriformis*) e tuna (*Cereus hildmannianus* K. Schum.).

1.7. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.1.1. Determinar a composição centesimal através da quantificação de carboidratos, proteínas, lipídeos, cinzas, umidade e fibras;

2.1.2 Determinar características físico-químicas tais como sólidos solúveis e acidez total titulável;

2.1.3 Determinar e quantificar os minerais presentes;

2.1.4 Determinar o conteúdo de vitamina C;

2.1.5. Determinar o teor de compostos fenólicos totais;

2.1.6. Avaliar o potencial antioxidante;

2.1.7. Quantificar e identificar o perfil de carotenóides.

Para execução e cumprimento dos objetivos gerais e específicos deste trabalho de dissertação foram apresentados os resultados obtidos na forma de 3 artigos científicos. Apresenta-se, também, uma discussão geral ao final do trabalho onde se retoma de forma resumida os resultados obtidos nos 3 artigos.

CAPÍTULO 2

Characterization and antioxidant potential of fruits from the Myrtaceae family

Artigo a ser submetido para publicação na revista Food Chemistry e formatado de acordo com as normas desta revista.

Characterization and antioxidant potential of fruits from the *Myrtaceae* family

Marina C. Pereira^a, Rosana S. Steffens^a, André Jablonski^b, Plinho F. Hertz^a, Alessandro O. Rios^a, Márcia Vizzotto^c, Simone H. Flôres^{a*}

^a*Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, Brasil.*

^b*Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, Brasil.*

^c*Embrapa Clima Temperado. Pelotas – RS, Brasil.*

ABSTRACT

With the objective of spreading information stimulating valorization of the Brazilian biodiversity and to determine the potential of alternative fruits that provide health benefits, this study carried out a physicochemical characterization and determined the antioxidant potential of three species from the Myrtaceae family, namely yellow guava, *guabiroba* and *uvaia*. Of the three the *guabiroba* stood out due to its greater quantity of phenolic compounds (1495.27mg/100g fruit), carotenoids (54.35µg/g), antioxidant potential (90.26 µM eq. trolox/g of fresh fruit and 906.63g of fresh fruit/g DPPH) and a greater amount of vitamin C (5.44mg/g fruit), indicating that this fruit was highly promising both for eating raw and for technological usage, since it also showed the best TSS/TTA ratio (45.12). The *uvaia* stood out for its high carotenoid content (50.09 µg/g), and the yellow guava, although showing a lower phenolic compound content and antioxidant activity than the *guabiroba*, nevertheless showed much higher values than many traditionally consumed fruits.

Keywords: fruit, chemical composition, antioxidant activity, carotenoids.

¹ Corresponding author address: Department of Food Science, Institute of Food Science and Technology, University Federal of Rio Grande do Sul, UFRGS, PO Box 15090, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 91501-970, Brazil, Fax: +55 51 3308 7048, e-mail: simone.flores@ufrgs.br

1. Introduction

Brazil is recognized for the immense biological diversity of its flora, and is considered to be one of the main centers of genetic diversity for fruit species in the World. Nevertheless the greater part of this richness remains underused and its potential unknown.

However, according to the Brazilian Institute of Fruits (IBRAF, 2010), Brazil is one of the three largest fruit producers in the World, only losing to China and India, producing more than 43 million tons in 2008, which represents 5% of the World production.

Although a greater variety of native Brazilian fruit species are found in the Amazon and the savanna, the southern region also shows great richness in wild fruits, amongst which the botanical family Myrtaceae stands out for presenting the greatest number of species with food potential which could be commercialized *in natura* for use in the manufacture of ice creams, juices, yogurts, liqueurs, desserts, cereal bars, sweetmeats and jams.

In a market hungry for novelty and consumers more conscious of the benefits of eating healthy food, such fruits provide greater variety in the diet, nutritious foods rich in functional compounds (Franzon, Raseira, & Corrêa, 2004) which could act as natural antioxidants, protecting the organism from chronic diseases and from premature ageing.

In a review by Steinmetz & Potter (1996), involving the data from 206 epidemiological studies, it was shown that an elevated consumption of fruits and vegetables was related to a reduced incidence of certain types of cancer and beneficial effects on cardiovascular diseases, diabetes, obesity and cataract.

The protective effect exerted by these foods has been attributed to the presence of antioxidant compounds, with emphasis on the vitamins and some special metabolites,

such as phenolic compounds and carotenoids. Vitamin C can act by scavenging the oxygen radicals present in the medium by way of chemical reactions, making it, consequently, unavailable to act as a propagator of auto-oxidation. In addition it has a high vitamin E regenerating capacity (Omoni & Aluko, 2005).

For their part, the phenolic compounds act by neutralizing and sequestering free radicals and also chelate transition metals. The intermediate compounds formed by the action of the phenolic antioxidants are relatively stable due to the resonance of the aromatic ring in their structure. The antioxidant capacity of these compounds is attributed to the reducing power of the aromatic hydroxyl group, which reduces the reactive free radicals (Soares, 2002).

The mechanism by which carotenoids protect biological systems from free radicals depends on the transfer of energy from the excited oxygen to the carotenoid molecule. They react mainly with the peroxide radical and molecular oxygen. Carotenoids such as β -carotene and lycopene exert antioxidant functions in lipid phases, blocking the free radicals that damage the lipoprotein membranes (Shami & Moreira, 2004).

According to Ratnam, Ankola, Bhardwaj, Sahana & Kumar (2006) the human antioxidant defense system is incomplete without the dietetic antioxidants, confirming the importance of ingesting these compounds. Thus the consumption of antioxidants presents various benefits, providing an improvement in the quality of life of the population.

With the objective of spreading information that stimulates valorization of the Brazilian biodiversity and also of determining the potential of alternative fruits that provide health benefits, this work determined the chemical composition, antioxidant

potential, total phenolic compounds, vitamin C content and the carotenoid profile of three species of the Myrtaceae family, native to the south of Brazil.

2. Material and Methods

2.1. Raw material

The fruits used were the yellow guava (*Psidium cattleianum* Sabine), *guabiroba* (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg) and *uvaia* (*Eugenia pyriformis* Cambess), all obtained from the native fruit tree collection of Embrapa Temperate Climate (Pelotas/RS). For all the analyses, only the parts normally edible were used, that is for the yellow guava and *guabiroba*, the skin, pulp and seeds were used, and for the *uvaia*, only the pulp and skin. All the samples were collected when fully mature. All the fruits were analyzed fresh for the determination of the antioxidant activity, but for the remaining analyses, samples stored in the frozen state were used (-20°C).

2.2. Chemical composition

All the analyses were carried out according to AOAC 1997. The protein concentration was determined by the Kjeldahl method using a conversion factor of 5.75. The lipid concentration was determined for Soxhlet extraction method, food fiber (total and insoluble) using the enzymatic-gravimetric method, the ash in muffle furnace controlled to 550°C, moisture contents determination by gravimetry, the total carbohydrate content was determined by difference, and the reducing and non-reducing sugars were determined by Eynon-Lane method.

Total titratable acidity (TTA) was determined by titration and the total soluble solids (TSS) by refractometry (Digital Atago Model Atago[®] pal-3) according to AOAC (1997).

2.3. *Total Phenolic Compounds*

To extract these substances, five grams of sample were homogenized in an Ultra-turrax homogenizer (IKA ULTRA-TURRAX[®] T25 digital) with 20 mL methanol, and centrifuged for 20 min at 25,406.55g in a refrigerated centrifuge at 4°C. A 250 µL aliquot of the supernatant was diluted in 4 mL of ultra-filtered water and a control was also prepared containing 250 µL of methanol. The samples and the control were combined with 250 µL of 0.25N Folin-Ciocalteu Reagent (Swain & Hillis, 1959). After 3 minutes of reaction, 500 µL 1N Na₂CO₃ were added, the mixtures incubated for 2h at room temperature and the absorbance read at 725 nm in an Ultrospec model 3100 pro UV-visible spectrophotometer.

A standard curve was constructed to quantify the phenolic compounds, using chlorogenic acid in the concentration range from 0.05 to 0.50µg/mL.

2.4. *Antioxidant activity*

Methodology based on sequestering the DPPH radical was used to determine the antioxidant activity (Brand-Williams, Cuvelier, & Berset, 1995) and also the ABTS method (Kuskoski, Asuero, Troncoso, Mancini-Filho, & Fett, 2005), adapted by Embrapa Tropical Agroindustry.

The extract was obtained from 5g of sample ground in methanol (50%) and acetone (70%), using three different dilutions (1:5, 1:10, 1:15).

For the DPPH method, a 0.1mL aliquot of each dilution of the extract was reacted with 3.9 mL of DPPH radical. The readings were made in a spectrophotometer at 515nm after 30 minutes. The results were expressed in g DPPH/g of fruit. For the ABTS method, a 30 μ L aliquot of each extract dilution was reacted with 3.0mL of ABTS radical and the reading taken at 734nm after 6 minutes. The results were expressed as μ M trolox/ g of fruit.

2.5. *Determination of Vitamin C*

The determination of vitamin C was based on the methodology proposed by Rosa, Godoy, Oiano, Neto, Campos, Matta, et al., (2007) with some modifications. Each 5g sample was ground in an Ultraturrax with 20mL 0.05M supra pure sulfuric acid for 1 minute, centrifuged at 25,406.55 g for 15 minutes and then filtered through a Teflon hydrophilic filter unit.

The analyses were carried out in an Agilent high performance liquid chromatography unit, equipped with a degasser, a quaternary solvent pump and a UV/Vis detector. The compounds were separated on a 250mm Vydac C₁₈ polymeric column (218TP54) with an internal diameter of 4.6mm and particle size of 5 μ m.

The mobile phase was 0.05M supra pure sulfuric acid at 1.0 mL/min, with an injection volume of 10 μ L and wavelength of 254 nm.

The vitamin C was quantified using a standard curve constructed using ascorbic acid in a concentration range from 1 to 0.001 mg/mL.

2.6. *Carotenoid profile*

The carotenoid extract was prepared according to Mercadante & Rodriguez-Amaya, (1991). The main steps were the extraction of the pigments with acetone and

saponification with 10% KOH in methanol overnight at room temperature. After removing the alkali the extract was concentrated in a rotary evaporator ($T < 35^{\circ}\text{C}$), dried in a nitrogen flow and stored in the freezer for subsequent quantification by high performance liquid chromatography.

The chromatographic conditions used were a YMC C₃₀ reversed phase polymeric column (3 mm, 250 mm x 4.6 mm), gradient elution with a mobile phase of water/methanol/*tert*-methyl-butyl-ether (MTBE) starting at 5:90:5, reaching 0:95:5 in 12 minutes, 0:89:11 in 25 minutes, 0:75:25 in 40 minutes and finally 0:50:50 after a total of 60 minutes, with a flow rate of 1 mL/min at 33°C (Zanatta, 2004).

The carotenoid standards were acquired from Sigma-Aldrich. For quantification, a standard curve was constructed with β -carotene (5 to 50 $\mu\text{g/mL}$), α -carotene (2 to 25 $\mu\text{g/mL}$), lutein (1 to 65 $\mu\text{g/mL}$), cryptoxanthin (4 to 100 $\mu\text{g/mL}$) and zeaxanthin (1 to 40 $\mu\text{g/mL}$). The limits of quantification (LQ) and detection (LD) were, respectively, for β -carotene and 9-cis- β -carotene: 10.89×10^{-2} mg/kg, 6.53×10^{-2} mg/kg; for lutein: 1.15×10^{-2} mg/kg, 6.9×10^{-3} mg/kg; for cryptoxanthin: 3.51×10^{-2} mg/kg, 2.11×10^{-2} mg/kg; for zeaxanthin: 1.59×10^{-2} mg/kg, 9.56×10^{-2} mg/kg; for α -carotene: 3.28×10^{-2} mg/kg, 1.97×10^{-2} mg/kg; for β -carotene 5,6 epoxide 7.43×10^{-2} mg/kg, 4.46×10^{-2} mg/kg; for 13-cis- β -carotene: 7.43×10^{-2} mg/kg, 4.46×10^{-2} mg/kg.

2.7. *Statistical analysis*

The results were analyzed by ANOVA and the Tukey means comparison test at a level of 5% of significance, using the Statistica 7.0 program.

3. Results and Discussion

3.1. Chemical composition

With respect to the proximate composition (table 1), the three samples presented significant differences for all the variables analyzed, except with respect to the protein and carbohydrate contents, where the yellow guava and the *guabiroba* were considered the same. With respect to the carbohydrate composition, these two fruits presented about three times the amount found in the *uvaia*, whereas the inverse occurred for the protein content, with the yellow guava and *guabiroba* presenting almost three times less than that presented by the *uvaia*.

In addition to the highest protein content, the *uvaia* also showed the highest moisture content. The Brazilian Food Composition Tables present lower values for moisture content (85.53%), protein (10.78%) and fiber (2.04%) and higher values for carbohydrates (8.39%), lipids (2.09%) and ash (0.44%) for a different *uvaia* variety (*Eugenia pyriformis* Cambes. var. *uvalha* (Cambes.) D. Legrand) (USP, 1998).

Kinupp & Barros (2008) found high protein contents in native fruits of the same genera as the *uvaia*, including *araçá-pitanga* (*Eugenia multicostata*) and *pessegueiro-do-mato* (*Eugenia myrcianthes*), with 10.92% and 8.05%, respectively. Some traditionally consumed fruits, such as passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) (11.69% protein) (NEPA/UNICAMP, 2006) also show this characteristic.

With respect to the yellow guava, in addition to the carbohydrate content mentioned above, the ash and fiber contents also stood out, with higher values than those presented by the other two fruits tested, representing three times the amount detected in the *uvaia* for both these analyses.

With respect to fiber, the result was lower than that found in the common guava (*Psidium guajava*) (40.42%) (USP, 1998), a fruit belonging to the same genera as the yellow guava, although it can be compared to the value found in mangoes (*Mangifera indica* L.) (9.6%) (NEPA/UNICAMP, 2006), pineapple (*Ananas comosus* L.) (9.75%) and melon (*Cucumis melo*) (10.56%) (USP, 1998).

Galho, Lopes, Bacarin, & Lima (2007) studied the developmental cycle of a yellow guava of the same species and from the same locality as that examined in the present study, and obtained similar results for proteins (3.89%), carbohydrates (10.57%) and reducing sugars (2.69%), lower for lipids (0.44%) and higher for ash (0.73%). However this experiment was carried out under field conditions between 1996 and 1997, which could explain some of the differences in the values.

For its part the *guabiroba* stood out for its elevated lipid content as compared with the yellow guava and *uvaia*, showing 2 and 7 times the amounts found in these fruits, respectively. The result found for the *guabiroba* was higher than that found in banana (0.35%), papaya (0.76%) and orange (mean of 1.16%) and similar to that found in strawberries (3.53%) (NEPA/UNICAMP, 2006).

Vallilo, Moreno, Oliveira, Lamardo, & Garbelotti (2008), who studied the same species studied in the present work (*C. xanthocarpa* Berg), although coming from the State of São Paulo, found similar values for moisture content (81.4%) and ash (0.5%) but lower values for the other components (1.9% lipids; 8.9% carbohydrates; 1.1% proteins and 6.3% dietary fiber).

3.2. Physicochemical analyses

According to the results for total soluble solids (TSS) (table 2), there was a statistically significant difference between the three fruits analyzed, the *guabiroba* showing the greatest content, representing twice the amount found in the *uvaia*.

In counterpart, Frazon et al. (2004) detected similar values for the TSS reaching up to 14°Brix in an analysis of seven accesses of the fruit, also from the southern region of Brazil.

The TSS content identified for *guabiroba* is in the range recommended for fruits destined for processing, certifying a better, more natural flavor for the product since elevated contents of these constituents in the raw material imply in a reduced addition of sugars, less time to evaporate off the water, less energy expenditure and a greater product yield, resulting in a more economical process.

The TSS content was also considered high for the yellow guava as compared to the *uvaia*, which presents approximately half of its value. Galho et al. (2007) analyzed yellow guava fruits from the same region and found lower values (10.57°Brix), but the experiment was carried out with the 1996 and 1997 harvests.

In a study with 108 selections of yellow guavas from the 2001/2002 and 2002/2003 harvests, Franzon et al. (2004) found variations between 7.8 and 14.6°Brix in the first year and between 6.3 and 12.0°Brix in the second year, demonstrating the oscillation in TSS content as influenced by the climatic variations that occur between the years.

Finally the *uvaia* showed the lowest TSS content amongst the native species evaluated. According to Franzon et al. (2004), in 2003 the highest mean encountered did not pass 10.3°Brix in the evaluation of five *uvaia* accesses from the State of Rio Grande do Sul (Brazil).

It can be seen from the results for TTA (table 2) that all the samples were statistically different from each other.

The *uvaia* showed the most accentuated TTA amongst the fruits tested, about three times the value found in the *guabiroba*. Franzon et al. (2004) analyzed *uvaia* fruits from the same location in 2003, and found similar results (1.53%). A similar percentage of citric acid to that detected in the *uvaia* can also be observed in citric fruits such as, for example the tangerine (1.27% expressed as citric acid) (Vilas Boas, Reis, Lima, Chitarra, & Ramos 1998).

The yellow guava was classified as second in acidity amongst the three fruits analyzed, although it showed low acidity when compared to that found in the pulp of the *araçá-boi* (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) (3.62%), a fruit originating in the Peruvian Amazon region and commonly cultivated in Brazil (Soares, 2009).

Finally the *guabiroba* was shown to be the least acid of the 3 fruits analyzed. Silva, Martins, & Deus (2009) also obtained low results for acidity in this fruit (0.39% expressed as citric acid). Examples of other fruits with low values for acidity, similar to the *guabiroba*, are some *mangaba* (0.31%), *lobeira* (0.35%), *cagaita* (0.24%) and the *araticum* (0.25%) (Silva et al., 2009).

On the other hand, the TSS/TTA ratio is one of the best ways of evaluating the flavor, being more representative than the isolated measurement of the sugars or acidity, giving a good idea of the equilibrium between these two components. In this way the value observed for *guabiroba* indicated it to be a very sweet tasty fruit, to the contrary of *uvaia*, which could have limited use for *in natura* consumption as suggested by Andrade et al. (1993) on evaluating the *araçá-pêra* (*Psidium acutangulum* D. C.), which showed a similar TSS/TTA ratio (5.88). Nevertheless, Kinupp (2007) alleged that

the *uvaia* had an immediate marketing potential for the production of frozen, concentrated pulp, due to its abundant, succulent and aromatic pulp.

3.3. Total phenolic compounds

With respect to the total phenolic compound contents (table 3) it was observed that all the fruits were statistically different from each other, *guabiroba* standing out by presenting the highest levels, representing more than twice the amount detected in the yellow guava and eighth times that in the *uvaia*.

The *guabiroba* also stood out when compared to other small fruit such as the *jambolao*, which presented mean values of 930.4 mg eq. chlorogenic acid/100g fruit (Vizzotto & Pereira, 2008).

The phenolic compound content of the yellow guava, although representing half of that present in the *guabiroba*, was nevertheless three times that of the *uvaia*, and comparable to that found in the *pitanga* (587.14 ± 24.06 mg eq. chlorogenic acid/100g fruit) (Fetter, Corbelini, Vizzotto, & Gonzalez 2009).

For its part the *uvaia* showed the lowest concentration of phenolic compounds of the native fruits evaluated. The Fuji variety of apple is an example of a fruit that presents similar results (186 ± 6 mg eq. chlorogenic acid/100g fruit) (Gularte, Pereira, & Vizzotto, 2007).

3.4. Antioxidant activity

For antioxidant activity, once again the fruits presented significantly different values between them, independent of the method used (table 3). In addition to showing the highest phenolic compound content, the *guabiroba* also presented the highest

antioxidant potential, representing approximately twice the amount in the red guava and three times the amount in the *uvaia*.

The *guabiroba* fruit also surpassed the results found in West Indian cherry pulp (53.2 to 68.0 μM of trolox/g fruit) (Kuskoski, Asuero, Morales, & Fett, 2006), a fruit that stands out in the area of functional foods.

The yellow guava came in second place with respect to antioxidant capacity amongst the native species analyzed, and showed greater values than fruits traditionally consumed throughout the world.

The yellow guava fruit also surpassed the values found in açai (6.9 to 8.3 μM trolox/g fruit) (Kuskoski et al., 2006) which entered the national and international markets in an expressive way in recent years due to its energetic and nutritive character and because it confers functional properties on the consumers.

Finally the *uvaia*, which although it showed the least capacity to sequester free radicals as compared to *guabiroba* and the yellow guava, nevertheless showed higher values than European plums (2.9 to 8.14 $\mu\text{M/g}$) (Slimestad, Vangdal, & Brede, 2009).

3.5. Vitamin C

The *guabiroba* had a significantly higher vitamin C content (table 3), 108.8 times the amounts found in the yellow guava and *uvaia*, which did not differ between them. Vallilo et al. (2008), studying two species of *guabiroba* (*C. xantocarpa* and *C. adamantium*), the first being native to the Atlantic brushland and the second to the savanna, also observed lower results (0.18 and 2.34 mg ascorbic acid/ g fruit, respectively). This same author also evaluated the *cambucí* (*C. phae*), a fruit also belonging to the *guabiroba* genus, but this showed a lower vitamin C content (0.33 mg ascorbic acid/ g fruit).

Despite this, the vitamin C contents obtained for the *guabiroba* were lower than those found in the physalis (9.29 mg mg ascorbic acid/ g fruit) (Barcia, Jacques, Pertuzatti, & Zambiasi, 2010), West Indian cherry (11 to 40 mg ascorbic acid/ g fruit) and camu-camu (24.89 to 31.33 mg ascorbic acid/ g fruit) (Manica, Icuma, Junqueira, & Junqueira, 2007).

However the values surpassed those of some citric fruits such as the orange (0.36 – 1.4 mg/g), grapefruit (0.38 – 0.4 mg/g), lemon (0.15 – 0.96 mg/g), tangerine (1.87 mg/g) red and yellow cashew (1.81 – 2.29 mg/g), blueberry (1.87 mg/g), black mulberry (0.76 mg/g), passion fruit (2.41 mg/g), pear (0.62 mg/g) (Barcia et al., 2010) and guava (1.32 – 3 mg/g) (Manica et al., 2007).

For its part, despite being considered as a fruit with a high vitamin C content, generally from 3 to 4 times higher than the citric fruits, in the present study the yellow guava did not show this potential as also found by Soares (2009) (0.012 mg/g) for *araçá-boi* (*Eugenia stipitata* McVaugh). However, Manica et al. (2007) detected larger amounts (0.19 – 0.76 mg/g), as also Barcia et al. (2010) for the purple guava (1.74 mg/g).

However there are many factors that can influence the vitamin contents of fruits, including the species, the stage of maturity when harvested, genetic variations, post-harvest handling, storage conditions and processing (Barcia et al. 2010).

As for the yellow guava, the *uvaia* showed a low vitamin C content, however it showed values that surpassed those of some other fruits, such as the *jambolão* (0.013mg/g) (Barcia et al., 2010), fig (0.008 mg/g), *jambo* (0.038 mg/g), argentine apples (0.015 mg/g), fuji apples (0.0024 mg/g), watermelon (0.06 mg/g), pear (0.028 mg/g) and the peach (0.038 mg/g) (NEPA/UNICAMP, 2006).

3.6. Carotenoid profile

The most studied carotenoids, due to their involvement in human health, are β -carotene, α -carotene, β -cryptoxanthin, lycopene, lutein and zeaxanthin. Fruits show a much more complex and diversified carotenoid composition than leafy vegetables, with considerable variations even for the main carotenoids. Typically fruits contain only a few carotenoids but in high concentrations, together with a series of minor components present in much smaller amounts or traces.

Based on table 4, it can be seen that for the three fruits studied, the amounts of all the carotenoids listed differed significantly between the three fruits, with the exception of lutein which showed contents considered statistically equal for *guabiroba* and *uvaia*, but which were 5 times greater than the value found in the yellow guava.

Lutein is found in abundance in green leafy vegetables, mainly in the darker leaves such as spinach (45 $\mu\text{g/g}$), kale (44 - 52 $\mu\text{g/g}$), watercress (56 - 68 $\mu\text{g/g}$) and rocket (50 - 63 $\mu\text{g/g}$). Sweet corn (4.2 $\mu\text{g/g}$) and bell peppers (7.5 - 7.8 $\mu\text{g/g}$) are examples of vegetables (Rodrigues-Amaya, Kimura, & Amaya-Farfan, 2008) showing smaller amounts than those observed in the *uvaia* and *guabiroba*. This carotenoid can be found smaller amounts in fruits such as oranges (3.5 $\mu\text{g/g}$), peaches (0.2 $\mu\text{g/g}$), papaya (0.2 $\mu\text{g/g}$), nectarines (0.2 $\mu\text{g/g}$) and tangerines (0.7 $\mu\text{g/g}$) (Rodrigues-Amaya et al., 2008), where the values are all lower than those found in *uvaia* and *guabiroba*.

Lutein and zeaxanthin constitute the yellow colored pigment of the macula of the human retina, and are also responsible for the protective ophthalmologic effect of the carotenoids, acting both as antioxidants and as filters of the high-energy blue light. Although not all the studies show this relationship, the consumption of these carotenoids by the ingestion of foods, shows an inverse correlation with the risk of macular degeneration, the main cause of loss of vision in the aged.

Although 33.8% of the total carotenoid content of the *uvaia* was represented by lutein, it also showed the highest contents of 13-*cis*- β -carotene, α -carotene, β -carotene and 9 *cis*- β -carotene when compared with the other two fruits. It should also be mentioned that 21% of the carotenoids found in the *uvaia* were composed of β -carotene, and this amount corresponded to 1.72 and 21.43 times the amounts found in the *guabiroba* and yellow guava, respectively.

Fruits such as cashew (0.2 – 0.9 $\mu\text{g/g}$), loquat (7.8 $\mu\text{g/g}$) and *marolo* (7 $\mu\text{g/g}$), despite having β -carotene as their main carotenoid, show smaller β -carotene contents than those found in the *uvaia* (6.84 $\mu\text{g/g}$). However, when compared with the values found in various palm fruits, such as *buriti* (364 $\mu\text{g/g}$), *tucumã* (99 $\mu\text{g/g}$), *bocaiúva* (59 $\mu\text{g/g}$) and the *umari* (*mari*) (99 $\mu\text{g/g}$) (Rodríguez-Amaya et al., 2008) which are foods considered as β -carotene sources, the *uvaia* showed a much lower value.

Nevertheless, considering that fruits, when produced in hot regions, show expressively higher carotenoid contents than those produced in regions with temperate climates, where peaches and nectarines are practically the only fruits showing appreciable amounts of β -carotene, the *uvaia* could be an interesting option.

β -carotene is considered to be the carotenoid with the greatest vitamin A potential, attributing 100% activity, and in addition, other health-promoting effects have been attributed to the carotenoids, such as: immuno-modulation and a reduction of the risk of contracting chronic degenerative diseases such as cancer, cardiovascular diseases, cataract and age-related macular degeneration. Such physiological activities have been attributed to their antioxidant properties, specifically, their ability to sequester singlet oxygen and interact with free radicals.

Guabiroba stands out for showing the highest amounts of zeaxanthin, β -carotene-5,6-epoxide and cryptoxanthin, the result found for the latter compound

representing about 39.6% of its total carotenoid content. This result corresponded to 134.6 and 2.5 times the values detected in the yellow guava and *uvaia*, respectively.

Cryptoxanthin is the main carotenoid in many fruits that have orange-colored pulp, but despite this, the *guabiroba* stood out when compared to many of the others, such as cashew (8.3 - 17 µg/g), nectarine (4.2 µg/g), papaya (6.1 – 9.8 µg/g), peach (0.1 – 7.5 µg/g) and tamarind (14 µg/g) (Rodriguez-Amaya et al., 2008).

On the other hand, the yellow guava showed the lowest amounts of all the carotenoid components evaluated, and consequently showed the lowest total carotenoid content, almost eight times less than that found in the *guabiroba* and *uvaia*, which did not vary between them. As in the case of the *uvaia*, lutein was the principal carotenoid of the yellow guava, representing 63.95% of the total content.

4. Conclusion

Although fruit species generally show little variation with respect to their proximate compositions, frequently presenting low lipid and protein contents and high carbohydrate and moisture contents, they are important sources of vitamins and bioactive compounds. In this context, the *guabiroba* stood out for presenting excellent total phenolic compound contents and high antioxidant potential, surpassing the other fruits analyzed as also when compared with fruits recognized worldwide as important functional foods. The *guabiroba* also showed a considerable concentration of vitamin C in amounts much higher than those normally found in the more traditionally consumed fruits. *Guabiroba* and *uvaia* also stood out for presenting a relevant carotenoid content. Yellow guava, although showing a lower phenolic compound content and antioxidant activity than the *guabiroba*, nevertheless showed much higher values than many traditionally consumed fruit.

These fruits constitute a native resource with technological and economic potential for the region, principally for application in the pharmaceutical, cosmetic and nutritional sectors. However some actions are required for these fruits to be introduced into the production systems. The obtaining and diffusion of information which would allow for the cultivation of these species on a commercial scale and hence allow for the product to be offered onto the market, represents one of these actions.

Acknowledgements

The authors are grateful to the Brazilian Research Agency (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES) for their financial support.

References

- Andrade, J. de S., Aragão, C. G., Ferreira, S. A. do N. (1993). Caracterização física e química dos frutos de araçá-pera (*Psidium acutangulum* D.C.). *Acta Amazonica*, 23(2), 213-217.
- AOAC Official Method 1997. In *Official Methods of Analysis* (16th ed). Gaithersburg, MD: AOAC International.
- Barcia, M. T., Jacques, A. C., Pertuzatti, P. B., & Zambiasi, R. C. (2010). Determinação de ácido ascórbico e tocoferóis em frutas por CLAE. *Semina: Ciências Agrárias*, 31(2), 381-390.
- Brand-Wiliams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Fetter, M. da R., Corbelini, D. D., Vizzotto, M., & Gonzalez, T. N. (2009). Compostos bioativos e atividade antioxidante de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) em diferentes estádios de maturação. In *XVIII Congresso de Iniciação Científica XI Encontro de Pós Graduação I Mostra Científica*. UFPel, Pelotas, RS, Brasil.
- Franzon, R. C., Raseira, M. C. B., & Corrêa, E. R. (2004). Potencialidades agronômicas de algumas mirtáceas frutíferas nativas do Sul do Brasil. In: *Espécies frutíferas nativas do sul do Brasil*. Embrapa Clima Temperado, documento 129, 99-106.

Galho, A. S., Lopes, N. F., Bacarin, M. A., & Lima, M. da G. de S. (2007). Composição química e respiração de crescimento em frutos de *Psidium Cattleianum* Sabine durante o ciclo de desenvolvimento. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29(1), 061-066.

Gularte, J. P do A., Pereira, M. C., & Vizzotto, M. (2007). Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante em produtos da cadeia produtiva da maçã. In *XVI Congresso de Iniciação Científica IX Encontro de Pós Graduação*. UFPel, Pelotas, RS, Brasil.

IBRAF (Instituto Brasileiro de Frutas). (2010). [http:// www.ibraf.org.br](http://www.ibraf.org.br)

Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25(4), 726-732.

Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Morales, M. T., & Fett, R. (2006). Frutos tropicais silvestres e polpa de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. *Ciência Rural*, 36(4), 1283-1287.

Manica, I., Icuma, I. M., Junqueira, N. T. V., & Junqueira, T. V. (2007). Pomar doméstico - caseiro - familiar. Frutas de primeira qualidade na família 365 dias do ano. Porto Alegre, Cinco Continentes. p.114.

Mercadante, A. Z., & Rodriguez-Amaya, D. B. (1998). Effects of ripening, cultivar differences, and processing on the carotenoid composition of mango. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(1), 128-130.

NEPA/UNICAMP. (2006). Tabela brasileira de composição de alimentos – TACO. Versão 2.

Omoni, A., & Aluko, R. (2005). The anticarcinogenic and anti-atherogenic effects of lycopene: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 16(8), 344-350.

Ratnam, D., Ankola, D., Bhardwaj, V., Sahana, D., & Kumar, M. (2006). Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: A pharmaceutical perspective. *Journal of Controlled Release*, 113(2), 189-207.

Rodrigues-Amaya, D. B., Kimura, M., & Amaya-Farfan, J. (2008). Fontes brasileiras de carotenóides: Tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos. Brasília: MMA/SBF.

Rosa, J. S., Godoy, R. L. O., Oiano Neto, J., Campos, R. S., Matta, V. M., Freire, C. A., et al. (2007). Desenvolvimento de um método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27(4), 837-846.

Shami, N., & Moreira, E. (2004). Licopeno como agente antioxidante. *Revista de Nutrição*, 17(2), 227-236.

Silva, A. M. L. da, Martins, B. de A., & Deus, T. N. de. (2009). Avaliação do teor de ácido ascórbico em frutos do cerrado durante o amadurecimento e congelamento. *Estudos, Goiania*, 36(11-12), 1159-1169.

Slimestad, R., Vangdal, E., & Brede, C. (2009). Analysis of phenolic compounds in six norwegian plum cultivars (*Prunus domestica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(23), 11370-11375.

Soares, S. E. (2002). Ácidos fenólicos como antioxidantes. *Revista de Nutrição*, 15(1), 71-81.

Soares, E. C. (2009). *Caracterização de aditivos para secagem de araçá-boi (Eugenia stipitata Mc Vaugh) em leito de espuma*. Dissertação de mestrado - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Itapetinga.

Steinmetz, K. A., & Potter, J. D. (1996). Vegetables, fruits, and cancer prevention: A review. *Journal of the American Dietetic Association*, 96(10), 1027-1039.

Swain, T.; & Hillis, W.E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica* I.- The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10(1), 63-68.

USP Universidade de São Paulo. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental/BRASILFOODS (1998). Tabela Brasileira de Composição de Alimentos-USP. Versão 5.0.

Vallilo, M. I., Moreno, P. R. H., Oliveira, E. de, Lamardo, L. C. A., & Garbelotti, M. L. (2008). Composição química dos frutos de *Campomanesia xanthocarpa* Berg-Myrtaceae. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(1), 231-237.

Vilas Boas, E. V. de B., Reis, J. M. R., Lima, L. C., Chitarra, A. B., & Ramos, J. D. (1998). Influência do tamanho sobre a qualidade de tangerinas, variedade ponkan, na cidade de Lavras-MG. *Revista da Universidade de Alfenas*, 4(1),131-135.

Vizzotto, M., & Pereira, M. C. (2008). Caracterização das propriedades funcionais do jambolão. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 79. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS.

Zanatta, C. F.; Mercadante, A. Z. Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu-camu (*Myrciaria dubia*). *Food Chem.* **2007**, 101, 1526-1532.

Table Captions

Table 1: Chemical composition of fruits of the Myrtaceae family native to the south of Brazil.

Proximate composition	Fruits		
	Yellow guava	<i>Guabiroba</i>	<i>Uvaia</i>
Moisture	83.31±0.01 ^b	82.21±0.19 ^c	94.50±0.10 ^a
Ash	0.63±0.01 ^a	0.47±0.01 ^b	0.23±0.01 ^c
Protein	4.24±0.13 ^b	5.53±0.18 ^b	15.82±0.54 ^a
Lipid	1.53±0.01 ^b	3.7±0.05 ^a	0.52±0.03 ^c
TDF ¹	11.95±0.17 ^a	9.75±0.02 ^b	3.09±0.08 ^c
IDF ²	11.55±0.06 ^a	9.47±0.23 ^b	3.09±0.08 ^c
Carbohydrate	13.09±0.01 ^a	13.94±0.21 ^a	4.2±0.12 ^b
Total sugar	3.8±0.09 ^b	6.13±0.13 ^a	2.01 ± 0.02 ^c
Reducing sugar	3.11±0.08 ^b	6.06±0.2 ^a	2.02 ± 0.05 ^c

¹TDF: Total Dietary Fiber. ²IDF: Insoluble Dietary Fiber. Values expressed as the mean ± standard deviation. The same letters in the same line indicate no significant difference at a level of 5% significance.

Table 2: Total soluble solids and total titratable acidity in fruits of the Myrtaceae family native to the south of Brazil.

Analyses	Fruits		
	Yellow guava	<i>Guabiroba</i>	<i>Uvaia</i>
TSS ¹ (°Brix)	13.8±0.0 ^b	15.34±0.0 ^a	7.70±0.0 ^c
TTA ² (% ác. Cítrico)	0.88±0.02 ^b	0.34±0.002 ^c	1.17±0.01 ^a
TSS/TTA	15.68 ^b	45.12 ^a	6.58 ^b

¹TSS: Total Soluble Solids, ²TTA: Total titratable acidity. Values expressed as the mean ± standard deviation. The same letters in the same line indicate no significant difference at a level of 5% significance.

Table 3: Total phenolic compounds, antioxidant activity and vitamin C in fruits of the Myrtaceae family native to the south of Brazil.

Analyses	Fruits		
	Yellow guava	<i>Guabiroba</i>	<i>Uvaia</i>
T.P.C. ¹	583.78±40.92 ^b	1495.27±148.15 ^a	193.47±1.41 ^c
A.A. (ABTS) ²	40.43±0.68 ^b	90.26±5.19 ^a	24.72±2.13 ^c
A.A. (DPPH) ³	2335.17±43.5 ^b	906.63±67.95 ^a	3095.66±240.15 ^c
Vit C	0.05±0.003 ^b	5.44±0.69 ^a	0.05±0.03 ^b

¹T.P.C.: Total phenolic compounds expressed as mg eq. chlorogenic acid/100g fruit; ²A.A. (ABTS): Antioxidant activity determined by the ABTS method expressed in µM eq. trolox/g fresh fruit; ³A.A. (DPPH) Antioxidant activity determined by the DPPH method expressed as g fresh fruit/g DPPH. Vitamina C expressed as mg/g. The values are expressed as the mean ± standard deviation. The same letters in the same line indicate no significant difference at the 5% level of significance.

Table 4: Carotenoid compositions ($\mu\text{g/g}$) in fruits of the family Myrtaceae native to the south of Brazil.

Peak N°	Carotenoids	Range of RT* (min)	Concentration ($\mu\text{g/g}$)		
			Yellow guava	<i>Guabiroba</i>	<i>Uvaia</i>
1	Lutein	18.03 – 18.10	4.40 \pm 0.21 ^b	14.57 \pm 2.70 ^a	16.91 \pm 3.74 ^a
2	Zeaxanthin	21.07 – 21.18	0.55 \pm 0.19 ^c	5.77 \pm 0.62 ^a	2.22 \pm 0.63 ^b
3	B-Carotene-5,6-epoxide	29 – 30	0.20 \pm 0.02 ^c	1.74 \pm 0.31 ^a	0.90 \pm 0.12 ^b
4	Cryptoxanthin	31.89 – 32.04	0.16 \pm 0.09 ^c	21.54 \pm 1.60 ^a	8.75 \pm 3.35 ^b
5	13- <i>cis</i> - β -Carotene	34 – 35	0.20 \pm 0.01 ^c	1.04 \pm 0.04 ^b	2.11 \pm 0.49 ^a
6	α -Carotene	38.40 – 38.53	0.67 \pm 0.03 ^c	2.96 \pm 0.36 ^b	6.84 \pm 1.99 ^a
7	β -Carotene	42.95 – 43.43	0.49 \pm 0.07 ^c	6.11 \pm 0.37 ^b	10.50 \pm 3.70 ^a
8	9- <i>cis</i> - β -Carotene	44	0.21 \pm 0.01 ^c	0.84 \pm 0.33 ^b	1.77 \pm 0.40 ^a
	Total		6.88 \pm 0.41 ^b	54.35 \pm 4.09 ^a	50.01 \pm 14.9 ^a

*RT: retention time. Values expressed as the mean \pm standard deviation. The same letters in the same column indicate no significant difference at the 5% level of significance.

CAPÍTULO 3

Characterization, bioactive compounds and antioxidant potential of Brazilian fruits

Artigo a ser submetido para publicação na revista Journal of Agricultural and Food Chemistry e formatado de acordo com as normas desta revista.

Characterization, bioactive compounds and antioxidant potential of Brazilian fruits

Marina C. Pereira^a, Rosana S. Steffens^a, Andre Jabloski^b, Plinho F. Hertz^a, Alessandro de O. Rios^a, Márcia Vizzotto^c, Simone H. Flôres^{a*2}

^a*Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, Brasil.*

^b*Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, Brasil.*

^c*Embrapa Clima Temperado. Pelotas – RS, Brasil.*

SUMMARY

With the objective of stimulating the cultivation and consumption of native Brazilian fruits, offering healthy food alternatives, this work determined the physicochemical composition and antioxidant potential of three native species, namely the custard apple (*araticum*), fruit of the coco palm (*butiá*) and the fruit of the tuna cactus. The coco palm fruit stood out due to its elevated carotenoid content (39.6 µg/g) and greater antioxidant capacity (25.96 µM/g) by the ABTS method, although by the DPPH method, the coco palm fruit (3847.54 g/g) and tuna cactus fruit (3249.77 g/g) were considered to have the same potency with no difference between them. The tuna cactus fruit also showed the highest total phenolic compound content (1337.28 mg/100g). Although the custard apple showed the highest vitamin C content (0.32 mg/g), it did not differ statistically from that of the tuna cactus fruit (0.25 mg/g), which, for its part, was considered to be equal to that of the coco palm fruit (0.23 mg/g). The custard apple also showed the best result for the TSS/TTA ratio (41.92), and was thus adequate for both *in natura* consumption and for processing.

Keywords: native fruits, Brazil, chemical composition, antioxidant, carotenoids.

² Corresponding author address: Department of Food Science, Institute of Food Science and Technology, University Federal of Rio Grande do Sul, UFRGS, PO Box 15090, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 91501-970, Brazil, Fax: +55 51 3308 7048, e-mail: simone.flores@ufrgs.br

1. Introduction

Due to the incomplete efficiency of the human endogenous defense system, the influence of external factors such as smoking, pollution, UV radiation and food, as also the existence of some physiopathological processes (ageing, obesity, inflammation and ischemy), the importance of bioactive compounds obtained from the diet, which can help overcome such deficiencies and also promote protection, prevention or reduction of the effects caused by oxidative stress, has been well established (Huang et al., 2005; Pietta, 2000).

The association between a diet rich in fruits and vegetables and a decrease in the risk of cardiovascular diseases and certain forms of cancer is based on epidemiological evidence and, by hypothesis, on their antioxidant contents (Alonso et al., 2004; Hollman & Katan, 1999).

The action of these antioxidant compounds is related to the attenuation of oxidative events that could contribute to the pathophysiology of these diseases (Halliwell, 1995; Pietta, 2000), and some vitamins, phenolic compounds and carotenoids stand out amongst them.

By way of stable chemical reactions, vitamin C captures the oxygen radicals present in the medium (Ramalho & Jorge, 2006), and in addition has the high oxidizing power of recycling vitamin E in the lipid peroxidation process of the membranes and lipoproteins (Omoni & Aoko, 2005; Valko et al., 2004). The antioxidant capacity of the phenolic compounds is attributed to the reducing power of the aromatic hydroxyl group, which reduces reactive free radicals (SOARES, 2002) and is capable of chelating transition metals. On the other hand, the carotenoids protect biological systems from free radicals by transferring the energy of the excited oxygen to the carotenoid molecule

itself (SOUSA et al., 2007), reacting mainly with the peroxide radicals and molecular oxygen (Shami & Moreira, 2004).

Brazil stands out in this context due to its elevated production of different native or exotic fruit trees as a result of its great territorial extension and its insertion, to a large extent, in the tropical and temperate climate zones (Granada et al., 2004).

However, despite the fact that agro-business is one of the most competitive sectors of the Brazilian economy (Almeida, 1998), year by year extensive farm-holdings cultivating few species are taking over more and more area, and trying to maintain or increase their productivity by means of consumables such as fertilizers, herbicides and other chemicals. The population loses out with respect to variety in their diet and knowledge of the use of native species capable of offering rich, nutritious alternatives, since there are still innumerable economically under-explored species (Rockenbach et al., 2008). These species could be used more widely for “*in natura*” consumption or in the production of sweetmeats, jams, juices and ice-creams (Santos et al., 2004).

With the aim of stimulating the cultivation and consumption of Brazilian native species, offering alternative healthful foods, the present work determined the chemical composition, antioxidant potential, total phenolic compounds, vitamin C content and the carotenoid profile of three species native to the south of Brazil.

2. Material & Methods

2.1. Raw Material

The fruits used were the custard apple (*Rollinia sylvatica* A. St.-Hil.), coco palm fruit (*Butia capitata* (Mart.) Becc.) and tuna cactus fruit (*Cereus hildmannianus* K. Schum.), obtained from the native fruit tree collection at the Embrapa Temperate

Climate Station (Pelotas/RS/Brazil) with the exception of the tuna, which came from the city of Barra do Ribeiro (RS/Brazil). In all cases, the normally edible parts of the fruits were used in the analyses, that is, for the coco palm fruit the skin, pulp and seeds were considered, but only the pulp for the custard apple and tuna cactus fruit. The samples were harvested when mature and stored frozen (-20°C) until analyzed.

2.2. *Chemical composition*

All the analyses were carried out according to AOAC (1997). The protein concentration was determined by the Kjeldahl method using a conversion factor of 5.75. The lipid concentration was determined for Soxhlet extraction method, food fiber (total and insoluble) using the enzymatic-gravimetric method, the ash in muffle furnace controlled to 550°C, moisture contents determination by gravimetry, the total carbohydrate content was determined by difference, and the reducing and non-reducing sugars were determined by Eynon-Lane method.

Total titratable acidity (TTA) was determined by titration and the total soluble solids (TSS) by refractometry (Digital Atago Model Atago® pal-3) according to AOAC (1997).

2.3. *Total Phenolic Compounds*

To extract these substances, five grams of sample were homogenized in an Ultra-turrax homogenizer (IKA ULTRA-TURRAX® T25 digital) with 20 mL methanol, and centrifuged for 20 min at 25,406.55g in a refrigerated centrifuge at 4°C. A 250 µL aliquot of the supernatant was diluted in 4 mL of ultra-filtered water and a control was also prepared containing 250 µL of methanol. The samples and the control were combined with 250 µL of 0.25N Folin-Ciocalteu Reagent (Swain & Hillis, 1959).

After 3 minutes of reaction, 500 μL 1N Na_2CO_3 were added, the mixtures incubated for 2h at room temperature and the absorbance read at 725 nm in an Ultrospec model 3100 pro UV-visible spectrophotometer.

A standard curve was constructed to quantify the phenolic compounds, using chlorogenic acid in the concentration range from 0.05 to 0.50 $\mu\text{g}/\text{mL}$.

2.4. *Antioxidant activity*

Methodology based on sequestering the DPPH radical was used to determine the antioxidant activity (Brand-Williams, Cuvelier, & Berset, 1995) and also the ABTS method (Kuskoski, Asuero, Troncoso, Mancini-Filho, & Fett, 2005), adapted by Embrapa Tropical Agroindustry.

The extract was obtained from 5g of sample ground in methanol (50%) and acetone (70%), using three different dilutions (1:5, 1:10, 1:15).

For the DPPH method, a 0.1mL aliquot of each dilution of the extract was reacted with 3.9 mL of DPPH radical. The readings were made in a spectrophotometer at 515nm after 30 minutes. The results were expressed in g DPPH/g of fruit. For the ABTS method, a 30 μL aliquot of each extract dilution was reacted with 3.0mL of ABTS radical and the reading taken at 734nm after 6 minutes. The results were expressed as μM trolox/ g of fruit.

2.5. *Determination of Vitamin C*

The determination of vitamin C was based on the methodology proposed by Rosa, Godoy, Oiano, Neto, Campos, Matta, et al., (2007) with some modifications. Each 5g sample was ground in an Ultraturrax with 20mL 0.05M supra pure sulfuric acid

for 1 minute, centrifuged at 25,406.55 g for 15 minutes and then filtered through a Teflon hydrophilic filter unit.

The analyses were carried out in an Agilent high performance liquid chromatography unit, equipped with a degasser, a quaternary solvent pump and a UV/Vis detector. The compounds were separated on a 250mm Vydac C₁₈ polymeric column (218TP54) with an internal diameter of 4.6mm and particle size of 5 µm.

The mobile phase was 0.05M supra pure sulfuric acid at 1.0 mL/min, with an injection volume of 10 µL and wavelength of 254 nm.

The vitamin C was quantified using a standard curve constructed using ascorbic acid in a concentration range from 1 to 0.001 mg/mL.

2.6. Carotenoid profile

The carotenoid extract was prepared according to Mercadante & Rodriguez-Amaya, (1991). The main steps were the extraction of the pigments with acetone and saponification with 10% KOH in methanol overnight at room temperature. After removing the alkali the extract was concentrated in a rotary evaporator (T < 35°C), dried in a nitrogen flow and stored in the freezer for subsequent quantification by high performance liquid chromatography.

The chromatographic conditions used were a YMC C₃₀ reversed phase polymeric column (3 mm, 250 mm x 4.6 mm), gradient elution with a mobile phase of water/methanol/*tert*-methyl-butyl-ether (MTBE) starting at 5:90:5, reaching 0:95:5 in 12 minutes, 0:89:11 in 25 minutes, 0:75:25 in 40 minutes and finally 0:50:50 after a total of 60 minutes, with a flow rate of 1mL/min at 33°C (Zanatta, 2004).

The carotenoid standards were acquired from Sigma-Aldrich. For quantification, a standard curve was constructed with β-carotene (5 to 50 µg/mL), α-carotene (2 to 25

µg/mL), lutein (1 to 65 µg/mL), cryptoxanthin (4 to 100 µg/mL) and zeaxanthin (1 to 40 µg/mL). The limits of quantification (LQ) and detection (LD) were, respectively, for β-carotene and 9-cis-β-carotene: 10.89×10^{-2} mg/kg, 6.53×10^{-2} mg/kg; for lutein: 1.15×10^{-2} mg/kg, 6.9×10^{-3} mg/kg; for cryptoxanthin: 3.51×10^{-2} mg/kg, 2.11×10^{-2} mg/kg; for zeaxanthin: 1.59×10^{-2} mg/kg, 9.56×10^{-2} mg/kg; for α-carotene: 3.28×10^{-2} mg/kg, 1.97×10^{-2} mg/kg; for β-carotene 5,6 epoxide 7.43×10^{-2} mg/kg, 4.46×10^{-2} mg/kg; for 13-cis-β-carotene: 7.43×10^{-2} mg/kg, 4.46×10^{-2} mg/kg.

2.7. Statistical analysis

The results were analyzed by ANOVA and the Tukey means comparison test at a level of 5% of significance, using the Statistica 7.0 program.

3. Results & Discussion

3.1. Proximate composition

It can be seen from the results shown in table 1 that the values for proximate composition of the three fruits were significantly different, with the exception of dietary fiber, for which the custard apple and tuna fruit showed values considered to be equal and, on average, 1.78 times higher than those for the coco palm fruit.

The values for custard apple and tuna fruit were within the range of fiber contents found for other species of their botanical families, such as atemoya (*Annona atemoya* Mabb) (7.7g/100g) and sugar apple (*Annona squamosa* L.) (13.6 g/100g) (NEPA/UNICAMP, 2006) from the Annonaceae family, and *O. dillenii* (5.71 g/100g) and *O. ficus indica* (9.49 g/100g) from the Cactaceae family (Medina et al., 2007). It

should also be mentioned that various traditionally consumed fruits present similar fiber contents, such as Fuji apples (8.2g/100g), mangoes (8.14 g/100g), Japanese tangerines (8.3 g/100g) and dwarf papayas (8.77 g/100g) (NEPA/UNICAMP, 2006).

On the other hand the coco palm fruit showed higher moisture and protein contents, the latter component being three times that found in the custard apple. However Kinupp & Barros, (2008), who analyzed the same species cultivated in the same state, found a slightly lower value (4.14g/100g).

The protein content of the coco palm fruit is comparable to that found in popular fruits such as plums (5.26 g/100g), nanica bananas (5.78 g/100g), jack fruit (5.62 g/100g) and morcot-type tangerines (5.52 g/100g) (NEPA/UNICAMP, 2006).

On the other hand the custard apple stood out for having higher ash values almost 5 times the value found in the coco palm fruit and more than twice that found in the tuna fruit. The same occurred for the carbohydrates, where this fruit surpassed the values found for the coco palm fruit and the tuna fruit by 1.69 and 1.38 times, respectively.

The carbohydrate content of the custard apple can be compared with those of fruits such as the cocoa fruit (19.4g/100g), chocolate persimmon (19.3 g/100g), jack fruit (22.5g/100g), pacova banana (20.3g/100g) (NEPA/UNICAMP, 2006) and mangabeira (17.7g/100g) (Macedo et al 2003).

Other annonaceae species also show high carbohydrate contents such as the sugar apple (*Annona squamosa* L. - 19g/100g), atemoya (*Annona atemoya* Mabb - 23.3g/100g) (NEPA/UNICAMP, 2006) and the savanna custard apple (*Annona crassiflora* - 19.84g/100g) (Cordeiro et al., 2000). However these fruits showed higher protein and lipid contents than the custard apple studied in the present work.

On the other hand, the tuna fruit stood out for presenting a higher lipid content, almost 7 and 15 times higher than the values found for the coco palm fruit and custard apple, respectively. However another cactaceae fruit obtained from the forage palm (*Opuntia ficu-indica* MILL.), showed a much lower lipid content (0.98 g /100g) (Tosto et al., 2007).

It is worth remembering that different results, even for fruits of the same species, are attributed to various factors such as: analytical methodology, cultivar, soil-climatic conditions, cultivation method, fruit maturity and storage conditions.

3.2. Physicochemical analyses

The physicochemical characteristics related to flavor constitute quality attributes of importance for the commercialization and use of the fruit in elaborating industrial products (Oliveira et al., 1999; Chitarra & Chitarra, 1990).

It can be seen in table 2 that the fruits presented statistical differences between the three fruits for TSS, TTA and the TSS/TTA ratio.

Of the fruits examined, the custard apple stood out with respect to the TSS content, presenting twice the value of the tuna fruit. This result was within the range found for another custard apple (*Annona crassiflora* Mart.) native to the savanna, that varied between 14° (Almeida, 1998) and 24.3° Brix (Junior et al. 2007), although not within the range for the sugar apple (*Annona Squamosa* L.),, which also belongs to the Annonaceae family (26.49° to 28.02° Brix) (SILVA et al., 2002).

The value found for the custard apple in this study was similar to that of the mangabeira (17.63° Brix), considered to be above the recommended range for fruits destined for processing according to Macedo et al., (2003), which certifies a more natural fruit flavor in the products due to the need to add less sugar.

The coco palm fruit, on the other hand, although presenting 1.58 times less TSS than the custard palm, gave results similar to those of other popular fruits such as persimmon (10.04 to 10.55 ° Brix) (Gonzalez et al., 2004) and mango (9.0 to 12.33° Brix) (Santim & Santos, 2009).

Krolow et al. (2008) also analyzed coco palm fruits from the same region obtaining a similar result for the TSS of the larger, orangey and succulent fruits (10.8° Brix) and higher values for the smaller, yellow fruits (14.47° Brix). However coco palm fruits of another species (*Butia eriospatha*), cultivated in Paraná State (6.4° Brix) and Santa Catarina State (7.7° Brix) presented much lower means than those from the present study (Dal Magro et al., 2006).

Finally the tuna fruit was that showing the lowest TSS content of the three species analyzed, showing values below those of other studies that analyzed the same species (13.65° to 40° Brix Medina et al., 2007; Cerezal et al., 2005; Coelho et al., 2004, Manica, 2002; Sepulveda & Saenz, 1990; Bicalho & Penteadó, 1981). The same occurred with the *mandacaru*, a cactacea from the *Cereus* genus that showed higher results (11° Brix) (Silva et al., 2009). According to Goto & Tivelli (1998), these divergences could be attributed to differences in the cultivars and climatic variations in the year the fruits were harvested.

Another important attribute in the determination of fruit quality, apart from the total soluble solids, is the total titratable acidity (Rutz et al., 2009). Once again the coco palm fruit stood out from the other fruits analyzed, presenting three times more acid than the custard apple and almost six times more than the tuna fruit. Krolow et al. (2008) analyzed the same culture and obtained similar results, with the acidity varying between 1.47 and 1.91%. The mangabeira (Macedo et al., 2003) and sweet passion fruit

(Cohen et al., 2008) also presented similar values, with mean acidities of 1.67% and 1.35%, respectively.

Chitarra & Chitarra (2005) explained that high values for acidity could influence the flavor of the product, but that they also help conserve the pulp for longer storage periods, since acid products show a reduced probability for microbial contamination.

The custard apple showed an intermediate value for acidity as compared to the other two fruits, and could be compared to the mango (0.39 to 0.59% - Santin & Santos, 2009), frozen bacury pulp (0.35 to 0.45% - Santos & Salles, 2004) and *guabiroba* (mean of 0.34% - Pereira et al., 2010), a fruit also native to the south of Brazil. Silva et al. (2009) found even lower values for acidity for the native savanna custard apple (0.25%), whereas Roesler et al. (2007) obtained a much higher percentage (mean of 4.66%).

The fruit showing the lowest acidity amongst the native species was the tuna cactus fruit, showing similarity with the prata anã cultivar banana (0.28%) analyzed by Medina (2004). Similarly, various authors found low values for the acidity of other cactaceas, with values varying from 0.059 to 0.33% citric acid (Medina et al., 2007; Cerezal et al., 2005; Coelho et al., 2004; Manica, 2002; Sáenz, 2000; Sepulveda & Sáenz, 1990; Bicalho & Penteadó, 1981).

The TSS/TTA ratio provides a better evaluation of fruit flavor, being more representative than isolated measurements of the sugar contents or acidity. Thus the custard apple appears to show the best balance between sweet and acid, conferring an agreeable flavor and being the most attractive amongst the species analyzed.

On the other hand, despite showing a low TSS content, the tuna fruit also showed low acidity, resulting in a high TSS/TTA ratio, indicating a very sweet and tasty fruit.

As a counterpart the coco palm fruit showed the lowest value for this parameter (TSS/TTA) of the species analyzed, but nevertheless higher than the *araca-boi* (1.75), which could have limitations for *in natura* consumption as suggested by Soares et al. (2009), but which, despite this, presents considerable potential for the agro-industries.

3.3. Total phenolic compounds

With respect to the total phenolic compound contents, the tuna fruit showed a significantly greater amount, corresponding to twice that found in the custard apple and coco palm fruit, the latter two being considered statistically equal (table 3).

In addition the tuna fruit stood out when compared to other small fruits such as the rio grande cherry (654.3 mg/100g) (Pereira et al., 2008a) and the black mulberry (672 mg/100g) (Pereira et al., 2007), with values even greater than those found in the jambolan (930.4 mg/100g) (Pereira et al., 2008b) and blueberry (263 to 930 mg/100g) (Sellappan *et al.*, 2002), known worldwide for their beneficial properties with respect to human health.

The custard apple and coco palm fruit showed total phenolic compound contents greater than those found in the *uvaia*, even when analyzed at different points during the maturation (205.62 ± 15.04 to 254.01 ± 15.22 mg/100g) (Coberlini et al., 2009). The results obtained for these two fruits can also be compared to the values observed for the red *pitanga* 587.14 ± 24.06 mg/100g (Fetter *et al.*, 2009), a native Brazilian species that has shown the capacity to reduce the proliferation and cell viability of some strains of cancer cells (colon-rectum cancer, lung cancer, breast cancer and ovarian cancer) (Vizzotto, 2008), whose production has been increasing on a commercial scale in recent years (Bezerra *et al.*, 2002).

Krolow et al. (2008) also analyzed coco palm fruits from the same region, and found lower total phenolic compound contents (577.62 to 694.42 mg/100 g) than those found in the present work, to the contrary of Corrêa et al. (2008), who found much higher values (3287.98 mg/100g).

3.4. Antioxidant activity

Table 3 also shows the results for antioxidant activity. Using the ABTS method there was a significant difference between the fruits, with the coco palm fruit showing the highest values, representing 6.74 times the value obtained for the custard apple and 1.32 times the value obtained for the tuna fruit. However for the DPPH method the values obtained for the coco palm and tuna fruits were considered to be statistically equal and on average four times the value found in the custard apple.

The antioxidant powers of the coco palm and tuna fruits were similar to those found in the *uvaia* (3246 g/g DPPH), *mangaba* (3385 g/g DPPH) and even the açai palm fruit (3778 g/g DPPH), the latter being a fruit recently appearing in expressive amounts on the national and international markets since it provides a high energy content and functional properties for its consumers (Sampaio, 2006), presenting anti-inflammatory, anti-carcinogenic and cardiovascular system protective properties (Xiaoping Sun et al., 2010).

The coco palm fruit can also be compared with some plum varieties (17-20 μM Trolox/g) (Walkowiak-Tomczak et al., 2008) and to the fruit of the *puçazeiro* (7.38-28.76 μM Trolox/g) (Silveira et al., 2008), a non-conventional fruit native to the Brazilian savanna. In addition the values are higher than those found in mulberry (7.1 μM Trolox/g), grapes (9.2 μM Trolox/g), guava (8.2 μM Trolox/g) and cherimoya (4.8 μM Trolox/g) (Kuskosky et al., 2005). However it shows less free radical sequestering

capacity than West Indian cherry (670 g /g DPPH) (Rufino et al., 2007) or imbu (44.6 μ M Trolox/g) (Sousa et al. 2007).

On the other hand, the tuna fruit shows higher antioxidant capacity than the *pitanga* (6.3 μ M Trolox/g) and various other tropical fruits from the northeast of Brazil, such as the sugar apple (6.21 μ M Trolox/g), and papaya (7.60 μ M Trolox/g) (Sousa et al. 2007).

Biavatti et al. (2007) and Mariath et al. (2009) alleged that the cactaceae present considerable potential as sources of substances for medicinal, cosmetic and food use, such as the species *Opuntia ficus-indica*, which shows antioxidant (Lee et al., 2002), anti-inflammatory (Park et al., 2000) and antiulcerogenic (Galati et al., 2001) activities.

The custard apple, although showing less antioxidant capacity than the other two fruits analyzed, showed greater capacity than *cupuaçu* (1.70 to 2 μ M Trolox/g - Kuskosky et al., 2005), melon (0.46 μ M trolox/g fruit), passion fruit (3.34 μ M trolox/g fruit), mango (2.7 μ M trolox/g fruit) and pineapple (2.62 μ M trolox/g fruit) (Prado, 2009).

3.5. Vitamin C

The vitamin C concentration did not vary much between the fruits evaluated in the present work (table 3), although, without differing from the tuna fruit, the custard apple presented the highest value for this compound, surpassing the value found for the coco palm fruit in a significant way. The tuna fruit showed an intermediate value, being considered statistically equal to the other two fruits.

Silva et al. (2009), on studying a custard apple species (*Annona crassiflora* Mart) native to the Brazilian savanna in three stages of maturity, found vitamin C concentrations (0.34 mg/g) in the mature fruit similar to those found in the present

study. However Almeida et al. (1998) found a lower value (0,21 mg/g) for the same species.

The sugar apple (*Annona squamosa* L.), another species of the Annonaceae family showed a vitamin C content of 0.28 mg/g (ALVES, 2000), comparable to the value found for the custard apple in the present study. As a counterpart, the *marolo* (*Annona coriaceae*) showed a higher content (0.82 mg/g) (Agostini et al., 1995).

However, fruits such as *mangaba* (26.0mg/100g), imbu (0.26 mg/g) (Franco, 2007), pineapple (0.26 mg/g), peach (0.28 mg/g) and mulberry (0.25 mg/g), (Manica et al 2007) show lower vitamin C contents than the custard apple, whereas the ponkan tangerine (0.32 mg/g) (Couto et al., 2010) and grapefruit (0.32 mg/g) (Franco, 2007) showed comparable amounts.

The tuna fruit showed a vitamin C concentration similar to another species (*O. ficus indica*.) (0.2 to 0.81 mg/g) from the same botanical family, which was considered as a good source of the substance by the author, since it can be compared with the orange, lemon and papaya. However the *mandacaru* (*Cereus jamacaru* P.), a fruit of the same botanical genus as the tuna fruit, and native to brush-land vegetation, showed much higher values (10mg/g – Silva et al., 2009).

On the other hand, Medina et al., (2007), on characterizing two species from the genus *Opuntia*, belonging to the same botanical family as the tuna fruit (Cactaceae), but of Spanish origin, found lower values for *O. ficus indica* (0.17 mg/g) and higher values for *O. dillenii* (0.30 mg/g).

Fruits such as *gabirola* (0,21 mg/g), morcot tangerine (0.21 mg/g) (Couto et al., 2010) and mango (13 – 15 mg/g) (Franke et al., 2004) show lower values than the tuna fruit, whereas the *jabuticaba* (0.23 mg/g) (Manica et al., 2007) shows a comparable vitamin C content.

With respect to the coco palm fruit, the vitamin C content found in the present study was lower than that found by Faria et al., 2008, for the same species but harvested in the state of Minas Gerais (Brazil) in the 2006-2007 harvest, showing values between 0.38 and 0.73 mg/g. Nevertheless it showed higher values for this vitamin when compared with samples of another species (*Butia eriospatha*) harvested in the state of Santa Catarina/Brazil (0.18 mg/g), although lower than for the same fruit harvested in the state of Paraná/Brazil (0.7 mg/g) (Dal Magro et al., 2006).

The coco palm fruit showed higher vitamin C values than *pequi* (0.1 mg/g) avocado (0.1 mg/g), (Franco, 1999), damson (0.12 mg/g) and persimmon (0.1 mg/g) (Manica et al., 2007).

3.6. Carotenoid profile

Table 5 shows the carotenoid composition of the three fruits analyzed.

Of the native species analyzed, the coco palm fruit presented significantly higher contents for all the carotenoids evaluated with the exception of α -carotene, which was not identified in this fruit. The total carotenoid content found in the coco palm fruit corresponded to 82.85 and 44.68 times the values found in the custard apple and tuna fruit, respectively.

With respect to the custard apple and tuna fruit, these did not show the presence of 5,6-epoxy- β -carotene or 13-cis- β -carotene, and for all the other carotenoids found, they showed low amounts considered statistically equal. Considering the total carotenoid contents for these fruits, lutein represented 39.6% for the custard apple (0.55 μ g/g) and 61.8% for the tuna fruit (0.19 μ g/g) and was thus the major carotenoid of these fruits.

Green leafy vegetables are generally known as sources of lutein, principally the dark green leaves such as spinach (45 µg/g), kale (44 - 52 µg/g), watercress (56 - 68 µg/g) and rocket (50 - 63 µg/g) (Rodriguez-Amaya et al., 2008). However this carotenoid can be found in smaller amounts in fruits, in amounts similar to those found in the custard apple and tuna fruit, such as in orange (0.1-0.2 µg/g) (Rodriguez-Amaya et al., 2008), peach (0.2 µg/g), papaya (0.2 µg/g) and nectarines (0.2 µg/g) (Carvalho, 2000). However, the two fruits examined here showed lower values when compared to the camu-camu (3.8 µg/g), which also shows lutein as the principal carotenoid.

Of the main benefits associated with lutein, apart from evidence of a reduction in the risk of developing macular degeneration in old age, protective effects against atherosclerosis, cataract, cancer and damage caused by UV radiation stand out amongst other diseases (Alves-Rodrigues & Shao, 2004; Brow, L. et al. 1999; Chasan-Taber et al., 1999; Dagnelie, 2000; Delli et al., 2004; Krinsky & Jonhson, 2005; Sumantran et al.2001, Santocono et al., 2007; Marinova; Ribavora, 2007).

For the coco palm fruit β -carotene (21.67 µg/g) stood out, representing more than 50% of the total content (39.77 µg/g). In addition the presence of the β -carotene isomer 9 cis- β -carotene in considerable amounts (10.17 µg/g) representing 25.6% should be mentioned, and also lutein, which was present in smaller amounts, representing 11.8%.

Faria (2008) analyzed different genetic accesses of the coco palm fruit collected in the State of Minas Gerais/Brazil, and found slightly lower values for total carotenoids (36.1 µg/g) as compared to the values found in the present study (39.77 µg/g), but again, although present in smaller amounts (16.1 µg/g), β -carotene was still the major carotenoid present. Jacques et al. (2007) found an even lower value for total carotenoids

(28 µg/g) for the same fruit from the same region as used in the present study, but from the 2007 harvest.

The β-carotene concentration found in the coco palm fruit was comparable to that found in other fruits, such as the West Indian cherry (5.4-38 µg/g), mango (4-25 µg/g) and melon (20-40 µg/g) and also in some vegetables such as lettuce (9.9-25 µg/g), broccolis (4.6-21 µg/g) and carrot (19-33 µg/g) (Rodriguez-Amaya et al., 2008).

However when compared to the fruits of other palm trees, such as the Brazilian wine palm (364 µg/g), tucuma (99 µg/g), *bocaiúva* (59 µg/g) and *umari (mari)* (99 µg/g) (Rodriguez-Amaya et al., 2008), foods considered as rich sources of β-carotene, the coco palm fruit showed a much lower value.

β-carotene, in addition to being considered as the carotenoid with the greatest vitamin A potential, being attributed with 100% activity, after lycopene is the most efficient in sequestering free radicals, acting in the prevention of chronic-degenerative diseases such as heart disease and cancer (Bohm et al., 2002).

4. Conclusions

The results obtained for the proximate composition of the native fruits did not show much variation, and can be compared with the values found in various conventional fruits. However, with respect to their functional properties, the coco palm and tuna cactus fruits stood out due to their higher antioxidant capacities as compared to other traditionally consumed fruit species. However it appears that for the coco palm fruit this potential is influenced by the carotenoid content, whereas for the tuna cactus fruit can be attributed to the phenolic compound content, since they present high contents of these constituents. In addition, the tuna fruit together with the custard apple showed the highest vitamin C content, with amounts similar to those found in some

citric fruits. The custard apple also showed the best TSS/TTA ratio, indicating that it is suitable for both *in natura* consumption and for processing.

Thus these fruits appear as an option to increase the Brazilian agricultural matrix, since they possess functional characteristics of impact in the prevention of various diseases. Nevertheless in order for them to be introduced into the productive systems and offered on a commercial scale, some information must be obtained and divulged that allows for the cultivation of these species.

Acknowledgements

The authors are grateful to the Brazilian Research Agency (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES) for their financial support.

References

- Agostini, T., Cecchi, H., & Barrera-Arellano, D. (1995). Caracterización química da polpa e do óleo do marolo (*Annona coriaceae*). *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 45(3), 237-41.
- Almeida, F.J. (1998). Marketing de sementes: curso de tecnologia de sementes, módulo UFPel/ABEAS. Brasília (DF).
- Alonso, M. G., Teresa, S. de P., Buelga, C. S., & Gonzalo, J. C. R. (2004) Evaluation of the antioxidant properties of fruits. *Food Chemistry*, 84, 13-18.
- Alves, R. E., Filgueiras, H. A. C., & Moura, C.F.H. Org. (2000) Caracterização de frutas nativas da América Latina. Jaboticabal: UNESP/SBF.
- Alves-Rodrigues, A., & Shao, A. (2004). The science behind lutein. *Toxicology Letters*, 150, 57-83.
- AOAC Official Method. (1997). In *Official Methods of Analysis* (16th ed). Gaithersburg, MD: AOAC International.
- Bellizi, m. C.; franklin, m. F., duthie, g. G.; james, w. P. T. Vitamin E and coronary heart disease: the European paradox. *Eur. J. Clin. Nutr*, v. 48, n. 11, p. 822-831, 1994.

Bicalho, U. O.; & Pentead, M. V. C. (1982). Estudo do fruto e do artículo da *Opuntia ficus-indica* (L) Miller cultivada em Valinhos- SP: II-Characterísticas bioquímicas. *Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo*. 18, 68-74.

Bohm, V., Puspasari-Nienaber, N.L., Ferruzzi, M.G., & Schwartz, S.J. (2002). Trolox equivalent antioxidant capacity of different geometrical isomers of α -carotene, β -carotene, lycopene and zeaxanthin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 221-226.

Brack, P., Kinupp, V. F., & Sobral, M. E. G. (2007). Levantamento preliminar de espécies frutíferas de árvores e arbustos nativos com uso atual ou potencial do Rio Grande do Sul. *Revista brasileira de Agroecologia*, 2(1),1769-1772.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28, 25-30.

Carvalho, L. S. (2000). Distribuição qualitativa e quantitativa de carotenóides e seus metabólitos em tecidos oculares. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 52f.

Carratu, E. e Sanzini, E. “Sostanze biologicamente attive presenti negli alimenti di origine vegetable”. *Ann. Ist. Super Sanità*, 41 (1), p.7-16, 2005.

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

Chitarra, M. I. F., & Chitarra, A. B. (1990). Pós-colheita de Frutos e Hortaliças: Fisiologia e Manuseio. Lavras: ESAL/Faepe, 320 p.

Chitarra, M. I. F., & Chitarra, A. B. (2005). Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio. 2 ed Lavras: Editora UFLA.

Coelho, R. R. P.; Ferreira-Neto, C. J.; Figueirêdo, R. M. F.; & Queiroz, A. J. M. (2004). Características físicas e físico-químicas do fruto da palma cultivados na região do Curimataú paraibano. In: *Congresso Brasileiro De Ciência E Tecnologia de Alimentos*. Recife. Anais eletrônicos. Recife. CD-ROM.

Cohen, K. de O., Costa, A. M., Tupinambá, D. D., Paes, N. S., Sousa, H. N., Campos, A. V. S., Santos, A. L. de B., Silva, K. N. da, Faleiro, F. G.; Faria, D. A., & Sobral, L. (2008). Determinação das características físico-químicas e compostos funcionais de espécies de maracujá doce. In: *IX Simpósio Nacional do Cerrado II Simpósio Internacional de Savanas Tropicais*. Brasília.

Corbelini, D., Vizzotto, M., Fetter, M. da R.; & Gonzalez, T. N. (2009). Compostos bioativos e atividade antioxidante da uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) em diferentes estádios de maturação. In: *XVIII CIC XI ENPOS I Mostra Científica, UFPEL, Pelotas, RS*.

- Cordeiro, M. C. R., Pinto, A. C. de Q., & Ramos, V. H. V. (2000). O cultivo da pinha, fruta-do-conde ou ata no Brasil. *Circular Técnica*. Embrapa Cerrados, Planaltina, 9, 1-52.
- Dal Magro, N. G., Coelho, S. R. M., Haida, K. S., Berté, S. D., & Moraes, S. S. de. (2006). *Revista Varia Scientia*, 6(11), 33-42.
- Faria, J. P., Almeida, F., Silva, L. C. R. da, Vieira, R. F. & Agostini-Costa, T. S. da. (2008). Caracterização da polpa do coquinho-azedo (*Butia capitata* var *capitata*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30(3), 827-829.
- Fetter, M. da R., Corbelini, D. D., Vizzotto, M. & Gonzalez, T. N. (2009). Compostos bioativos e atividade antioxidante de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) em diferentes estádio de maturação. In: *XVIII CIC XI ENPOS I Mostra Científica, UFPEL, Pelotas, RS*.
- Filgueiras, H. A. C., Moura, C. F. H., & Alves, R. E. (2000). Caracterização de frutas nativas da América Latina. Jaboticabal: Funep, 66 p. : il. ; 21 cm (Série Frutas Nativas, 9).
- Gonzalez, A. F., Ayub, R. A., & Werlang, C. (2004). Efeito de ethephon e embalagem de pvc na qualidade pós-colheita de caqui (*Diospyros kaki* L.) cv. Fuyu armazenados a 25°C. *Publicatio UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias*, 10(1),21-26.
- Goto, R., & Tivelli, S. B. (1998). Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais. São Paulo: Fundações Editoras da UNESP. 319p.
- Granada, G. G., Zambiasi, R. C. & Mendonça, C. R. B. (2004). Abacaxi: produção, mercado e subprodutos. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 22(2), 405-422.
- Halliwell, B., Aeschbach, R., Löliiger, J., & Aruoma O. I. (1995). The characterization of antioxidants. *Food and Chemical Toxicology*, 33(7), 601-617.
- Hollman, P. C. H., & Katan, M. B. (1999). Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. *Food and Chemical Toxicology*, 37, 937-942.
- Huang, D., OU, B., & Prior, R. L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 1841-1856.
- Jacques, A. C., Pertuzzatti, P. B., & Zambiasi, R. (2007). Teor de Carotenóides em pequenas frutas. In: XVI Congresso de Iniciação Científica e IX Encontro de Pós-Graduação, UFPel, Pelotas, RS.
- Junior, M. S. S., Caliari, M., Vera, R., & Melo, C. S. (2007). Filmes plásticos e ácido ascórbico na qualidade de araticum minimamente processado. *Ciência Rural*, 37(6), 1779-1785.

- Kinupp, V. F., & Barros, I. B. I. de. (2008). Teores de proteína e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, 28(4), 846-857.
- Krolow, A. C. R., Correa, A. P. A., Vizzotto, M., Castilho, P. M., & Pereira, M. C. (2008). Caracterização física e química e quantificação de compostos fenólicos, carotenóides e determinação da atividade antioxidante de frutos de butiá (*Butia capitata*). In: *XXI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos (XXI CBCTA) e o XV Seminário Latino-Americano e do Caribe de Ciência e Tecnologia de Alimentos (XV SLACCTA)*, Florianópolis, SC.
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25(4), 726-732.
- Macedo, L. de S., Araujo, I. A. de, & Franco, C. F. de O. (2003). Caracterização Físico-Química de Frutos da Mangabeira Nativa e Naturalizada da Mata Paraibana. In: *I Simpósio Brasileiro sobre a Cultura da Mangaba*. Aracaju, SE: Embrapa semi-árido, 1 CD-ROM.
- Manica, I. (2002). Frutas nativas, silvestres e exóticas 2: Técnica de produção e mercado de feijão, figo-da-índia, fruta-pão, jaca, lichia, mangaba. Porto Alegre. pp.141-245.
- Manica, I., Icuma, I. M., Junqueira, N. T. V., & Junqueira, T. V. (2007). Pomar Doméstico - Caseiro – Familiar. Frutas de primeira qualidade na família 365 dias do ano. Porto Alegre, Cinco Continentes, 114p.
- Medina, V. M. (2004). Metodologia para avaliação de sólidos solúveis totais e acidez total titulável de banana. Embrapa Mandioca e Fruticultura, BA, nº51. Acessado em 27/10/10. Disponível em: http://www.cnpmf.embrapa.br/publicacoes/produto_em_foco/banana_51.pdf
- Medina, E. M. D., Rodríguez, E. M. R., & Romero, C. D. (2007). Chemical characterization of *Opuntia dillenii* and *Opuntia ficus-indica* fruits. *Food Chemistry*. 103, 38-45.
- Mercadante, A. Z., & Rodriguez-Amaya, D. B. (1998). Effects of ripening, cultivar differences, and processing on the carotenoid composition of mango. *J. Agric. Food Chemistry*, 46, 128-130.
- NEPA/UNICAMP. (2006). Tabela brasileira de composição de alimentos – TACO. Versão 2.
- Oliveira, M. E. B., Bastos, M. S. R., Feitosa, T., Branco, M. A. A. C., & Silva, M. G. G. (1999). Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 19(3), 326-332.
- Omoni, A., & Aluko, R. (2005). The anticarcinogenic and anti-atherogenic effects of lycopene: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 16(8), 344-350.

- Pereira, M. C., Gularte, J. P. do A., & Vizzotto, M. (2007). Otimização do processo de extração de compostos fenólicos antioxidantes de amora-preta (*Rubus sp.*), *In: Anais do XVI Congresso de Iniciação Científica*, CD-Room.
- Pereira, M. C., Castilho, P. M., & Vizzotto, M. (2008a). Propriedades funcionais da cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata*). *In: Palestras e Resumos IV Simpósio Nacional do Morango III Encontro sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul*. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 1, 153-154.
- Pereira, M. C., Castilho, P. M., & Vizzotto, M. (2008b). Compostos fenólicos totais, antocianinas, carotenóides e atividade antioxidante dos frutos e sementes de jambolão (*syzygium jambolanum*). *In: XXI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos (XXI CBCTA) e o XV Seminário Latino-Americano e do Caribe de Ciência e Tecnologia de Alimentos (XV SLACCTA)*, Belo Horizonte.
- Pereira, M. C., Steffens, R. S., Rios, A. de O., Hertz, P. F., Vizzotto, M., & Flores, S. H. (2010). Caracterização físico-química e análise da capacidade antioxidante dos frutos da guabirobeira coletados no estado do Rio Grande do Sul. *In: 3º Simpósio de Segurança Alimentar*. Florianópolis, SC.
- Pietta, P. G. (2000). Flavonoids as antioxidants. *Journal of Natural Products*, 63, 1035-1042.
- Pinheiro, R. V. R., Marteleto, L. O., Souza, A. C. G. de, Casali, W. D., & Condé, A. R. (1984). Produtividade e qualidade dos frutos de dez variedades de goiaba, em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo ao natural e à industrialização. *Revista Ceres*, 31, 360-387.
- Ramalho, V., & Jorge, N. (2006). Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. *Química Nova*, 29(4), 755-760.
- Resende, J. T. V., Morales, R. G. F., Faria, M. V., Rissini, A. L. L., Camargo, L. K. P., & Camargo, C. K. (2010). Produtividade e teor de sólidos solúveis de frutos de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 28, 185-189.
- Rockenbach, I. I., Rodrigues, E., Cataneo, C., Gonzaga, L. V., Lima, A., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2008). Ácidos fenólicos e atividade antioxidante em fruto de *Physalis peruviana* L. *Alimentos e Nutrição*, 19(3), 271-276.
- Rodrigues-Amaya, D. B., Kimura, M., & Amaya-Farfan, J. (2008). Fontes brasileiras de carotenóides: Tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos. Brasília: MMA/SBF.
- Roesler, R., Malta, L. G., Carrasco, L. C., Holanda, R. B., Sousa, C. A. S., & Pastore, G. M. (2007). Atividade antioxidante de frutas do cerrado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27(1), 53-60.
- Rosa, J. S., Godoy, R. L. O., Oiano Neto, J., Campos, R. S., Matta, V. M., Freire, C. A., Silva, A. S., & Souza, R. S. (2007). Desenvolvimento de um método de análise de

vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27, 787-792.

Rutz, J. K., Voss, G. B., & Zambiasi, R. C. (2009). Relação entre os teores de sólidos solúveis totais e acidez total titulável presentes na amora-preta (*Rubus spp*) em diferentes estádios de maturação. In: *XVIII CIC XI EXPOS I Amostra Científica UFPel*, Pelotas, RS.

Sampaio, P. B. (2006). Avaliação da capacidade antioxidante do açaí em plasma humano. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, 61f.

Santocono, M.; Zurria, M.; Berrettini, M.; Fedeli, D.; Falcioni, G. Lutein, zeaxanthin and astaxanthin protect against DNA damage in SK-N-SH human neuroblastoma cells induced by reactive nitrogen species. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, v. 88, n. 1, p. 1-10, 2007.

Santim, M., & Santos, R. A. M. dos. (2009). Estudo das características nutricionais das polpas de mangas (*mangifera indica l.*) variedade tommy atkins. *Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar*, Maringá, PR.

Santos, S. C. de M., & Salles, J. R. de J. (2004). Diagnóstico organizacional e tecnológico da agroindústria de polpa de fruta do município de São Luís-MA, com vista a implementação de um programa de controle de qualidade. SEBRAE/MA, biblioteca online. Acessado em 27/10/1010, disponível em: http://www.busca.sebrae.com.br/search?btnG.x=0&btnG.y=0&btnG=Pesquisa%2BGoo&entqr=3&getfields=* &output=xml_no_dtd&sort=date%253AD%253AL%253Ad1 &entsp=0&client=web_um&ud=1&oe=UTF8&ie=UTF8&proxystylesheet=sebrae2&sit e=web_all&filter=0&q=POLPA+DE+FRUTA

Sellapan, S., Akoh, C. C., & Krewer, G. (2002). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-Grown blueberries and blackberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 2432-2438.

Sepúlveda, E.; & Sáenz, C. (1990). Características químicas y físicas de pulpa de tuna (*Opuntia ficus-indica*). *Revista de Agroquímica e Tecnologia de Alimentos*. 30, 551-555.

Silva, J. da, Silva, E. S. da, & Silva, P. S. L. e, (2002). Determinação da qualidade e do teor de sólidos solúveis nas diferentes partes do fruto da pinheira (*Annona squamosa L.*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(2), 562-564.

Silva, L. R. da & Alves, R. E. (2009). Avaliação da composição físico-química de frutos de mandacaru (*Cereus jamacaru P.*), *Acta Agrônômica*, 58(4), 245-250.

Silveira, M. R. S. da. (2008). Qualidade e atividade antioxidante de frutos de genótipos de puçazeiro 'Coroa de Frade' (*Mouriri elliptica Mart.*) da vegetação litorânea do Ceará. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza.

Shami, N., & Moreira, E. (2004). Licopeno como agente antioxidante. *Revista de Nutrição*, 17(2), 227-236.

- Soares, S. E. (2002). Ácidos fenólicos como antioxidantes. *Revista de Nutrição*, 15(1), 71-81.
- Sousa, C. M. M., Rocha, E., Silva, H., Vieira-Jr, G. M., Ayres, M. C. C., Costa, C. L. S., Araújo, D. S., Cavalcante, L. C. D., Barros, E. D. S., Araújo, P. B. M., Brandão, M. S., & Chaves, M. H. (2007). Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. *Química Nova*, 30(2), 351-355.
- Sousa, C. M. M.; Rocha e Silva, H.; Vieira-Jr, G. M.; Ayres, M. C. C.; Costa, C. L. S.; Araújo, D. S.; Cavalcante, L. C. D.; Barros, E. D. S.; Araújo, P. B. M.; Brandao, M. S.; Chaves, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. *Quim. Nova*, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.
- Sun, X., Seeberger, J., Alberico, T., Wang, C., Wheeler, C. T., Schauss, A. G., & Zou, S. (2010). Açai palm fruit (*Euterpe oleraceae* Mart.) pulp improves survival of flies on a high fat diet. *Experimental Gerontology*, doi:10.1016/j.exger.2010.01.008.
- Swain, T., & Hillis, W. E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica* I.- The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10, 63-68.
- Torrezan, R. (2003). Processo de produção. Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: frutas em calda, geléias e doces. Brasília. *Informação Tecnológica*, Embrapa. p. 11-84.
- Tosto, M. S. L., Araújo, G. G. L., Oliveira, R. L., Bagaldo, A. R., Dantas, F. R. Menezes, D. R., & Chagas, E. C. O. (2007). Composição química e estimativa de energia da palma forrageira e do resíduo desidratado e vitivinícolas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 8(3), 239-249.
- Valko, M., Izakovic, M., Mazur, M., Rhodes, C., & Telser, J. (2004). Role of oxygen radicals in DNA damage and cancer incidence. *Journal of Molecular and Cellular Biochemistry*, 266(1-2), 37-56.
- Vizzotto, M., Emanuelli, T., Raseira, M. C. B., Gonçalves, E. D., Rocha, A. B., Regner, A., & Grivich, I. (2006). Antioxidant and anticarcinogenic potential of brazilian native fruit extracts. In. *XX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de alimentos*. Curitiba, PR.
- Walkowiak-Tomczak, D., Reguła, J., & Łysiak, G. (2008). Physico-chemical properties and antioxidant activity of selected plum cultivars fruit. *ACTA Scientiarum Polonorum - Technologia Alimentaria*, 7(4), 15-22.
- Zanatta, C. F. (2004). Determinação da composição de carotenóides e antocianinas de camu-camu (*Myrciaria dubia*). Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 162f.

Tables Captions

Table 1: Proximate composition obtained in fruits from native species to Rio Grande do Sul State/Brazil.

Proximate composition	g/100g dry matter		
	Custard apple	Coco palm fruit	<i>Tuna cactus</i> fruit
Moisture	78.61±0.41 ^c	87.82±0.08 ^a	83.72±0.01 ^b
Ash	1.18±0.006 ^a	0.25±0.01 ^c	0.56±0.03 ^b
TDF	8.74±0.32 ^a	4.89±0.04 ^b	8.7±0.27 ^a
IDF	7.99±0.23 ^a	4.08±0.005 ^c	8.7±0.26 ^a
Protein	1.82±0.03 ^c	5.79±0.09 ^a	4.05±0.09 ^b
Lipids	0.28±0.07 ^c	0.61±0.02 ^b	4.34±0.05 ^a
Carbohydrates	17.89±0.28 ^a	10.55±0.06 ^c	12.93±0.11 ^b
Total sugars	8.84±0.1 ^a	4.18±0.04 ^b	2.06 ± 0.04 ^c
Reducing sugars	7.82±0.03 ^a	1.8±0.07 ^b	1.92± 0.12 ^b

TDF: Total dietary fiber. IDF: Insoluble dietary fiber. Values expressed as the mean ± standard deviation of the mean. The same letter in the same line indicates no significant difference at the level of 5% significance.

Table 2: Total soluble solids and total titratable acidity in fruits from native species to Rio Grande do Sul State /Brazil.

Analyses	Fruits		
	Custard apple	Coco palm fruit	Tuna cactus fruit
TSS ¹	16.35±0.0 ^a	10.32±0.0 ^b	8.13±0.15 ^c
TTA ²	0.39±0.02 ^b	1.38±0.01 ^a	0.24±0.01 ^c
TSS/TTA	41.92 ^a	7.48 ^c	33.87 ^b

¹TSS Total soluble solids, ²TTA: Total titratable acidity. Values expressed as the mean ± the standard deviation of the mean. The same letters in the same line indicates no significant difference at the 5% level of significance.

Table 3: Total phenolic compounds, antioxidant activity and vitamin C content in fruits from native species to Rio Grande do Sul State/Brazil.

Analyses	Fruits		
	Custard apple	Coco palm fruit	Tuna cactus fruit
T.P.C.	531.70±48.36 ^b	636.95±30.9 ^b	1337.28±58.05 ^a
A.A. (ABTS)	3.85±0.04 ^c	25.96±0.07 ^a	19.61±0.75 ^b
AA. (DPPH)	15946.52±161.22 ^c	3847.54±468.28 ^a	3249.77±158.57 ^a
Vit C.	0.32±0.04 ^a	0.32±0.04 ^a	0.25±0.03 ^{ab}

T.P.C.: Total phenolic compounds expressed as mg chlorogenic acid equivalents/100g fresh sample. A.A (ABTS): Antioxidant activity determined using the ABTS method and expressed as μM trolox equivalents/g fresh sample. A.A. (DPPH): Antioxidant activity determined using the DPPH method and expressed as g fresh sample/g DPPH. Vitamin C expressed as mg ascorbic acid/g fruit. The values are expressed as the mean \pm the standard deviation of the mean. The same letters in the same line indicate no significant difference at the 5% level of significance.

Table 4: Carotenoid composition ($\mu\text{g/g}$) in fruits from native species to Rio Grande do Sul/Brazil.

N° Peak	Carotenoids	RT range (min)	Concentration in ($\mu\text{g/g}$ fruit)		
			Custard apple	Coco palm fruit	Tuna cactus fruit
1	Lutein	18.03 – 18.10	0.19 \pm 0.02 ^b	4.68 \pm 0.51 ^a	0.55 \pm 0.15 ^b
2	Zeaxanthin	21.07 – 21.18	0.0019 \pm 0.001 ^b	0.099 \pm 0.01 ^a	0.019 \pm 0.001 ^b
3	5,6-epoxy-β-carotene	29 – 30	Nd	0.92 \pm 0.11	Nd
4	Cryptoxanthin	31.89 – 32.04	0.0018 \pm 0.0001 ^b	0.24 \pm 0.03 ^a	0.011 \pm 0.001 ^b
5	13-cis-β-carotene	34 – 35	Nd	1.99 \pm 0.19	Nd
6	α-carotene	38.40 – 38.53	0.18 \pm 0.002 ^a	Nd	0.18 \pm 0.007 ^a
7	β-carotene	42.95 – 43.43	0.065 \pm 0.003 ^b	21.67 \pm 3.07 ^a	0.086 \pm 0.004 ^b
8	9-cis-β-carotene	44	0.047 \pm 0.0001 ^b	10.17 \pm 0.74 ^a	0.048 \pm 0.001 ^b
	Total		0.48 \pm 0.03 ^b	39.77 \pm 4.16 ^a	0.89 \pm 0.16 ^b

Nd: not detected. The values are expressed as the mean \pm the standard deviation of the mean. The same letters in the same line indicate no significant difference at the 5% level of significance.

CAPÍTULO 4

**Caracterização de minerais em frutos nativos do sul do Brasil por
USN-ICP-OES**

**Artigo a ser submetido para publicação na Revista Brasileira de Ciência e
Tecnologia de Alimentos e formatado de acordo com as normas desta revista.**

Caracterização de minerais em frutos nativos do sul do Brasil por USN-ICP-OES

Marina Couto Pereira¹, Wiliam Brochetti², Roger Rampazzo², Paulo Gustavo Celso², Plinho Francisco Hertz¹, Alessandro de Oliveira Rios¹, Márcia Vizzotto³, Simone Hickmann Flores¹.

¹*Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, Brasil.*

²*Laboratório Nacional Agropecuário, Porto Alegre – RS, Brasil.*

³*Embrapa Clima Temperado. Pelotas – RS, Brasil.*

RESUMO

Com o objetivo de contribuir com a informação e valorização de espécies frutíferas nativas do sul do Brasil, neste trabalho foram determinados, através de espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), os minerais presentes em sete frutos, a fim de estabelecer comparações entre eles e com espécies convencionais. Nenhum fruto apresentou concentração de minerais acima do recomendado, exceto o araticum com relação ao teor de Cu, um microelemento essencial. Este mesmo fruto também se destacou com maiores concentrações de Pb, Sr, Ca e K, A tuna demonstrou maior predomínio de Ba, Bi, Ga, Mg e Mn. A uvaia e a guabiroba se sobressaíram com relação aos teores de Al e Cr. Além disso, a uvaia demonstrou quantidades superiores de Fe e Zn. O butiá se destacou com maior teor de Cd e Ni enquanto que o araçá amarelo e o vermelho com maiores conteúdos de Na e cobalto, respectivamente. Em geral, todos os frutos apresentaram concentrações de elementos essenciais acima ou similares aos de frutos tradicionais.

Palavras-chave: Frutos nativos, Brasil, composição química, antioxidante, minerais.

1. Introdução

O Brasil é um dos três maiores produtores de frutas do mundo, perdendo apenas para China e Índia (IBRAF, 2010); superando 43 milhões de toneladas em 2008, o que representa 5% da produção mundial. Atualmente a produção brasileira está voltada para frutas tropicais, subtropicais e temperadas, devido a sua ampla extensão territorial, posição geográfica e condições de solo e de clima.

Embora a maior variedade da flora se encontre na região Amazônica, o sul do país (bioma pampa) também possui uma grande riqueza, com um número estimado de pelo menos 5.000 espécies de plantas vasculares nativas, das quais 109 são frutíferas (Brack et al., 2007). Entretanto, parte considerável destas espécies continua com potencial alimentício negligenciado, uma vez que, pesquisas ainda são insuficientes mantendo-as desconhecidas e subutilizadas, como consequência a população perde em variabilidade de dieta alimentar.

As frutas são fontes ricas de minerais, conforme os resultados disponíveis nas tabelas de composição de alimentos (Mendez et al., 2003; Franco, 2004 e NEPA/UNICAMP, 2006). Especialmente em frutas silvestres, os teores minerais são significativamente maiores do que em plantas domesticadas. Além dos minerais, as frutas e hortaliças não-convencionais são mais ricas em fibras e compostos com funções antioxidantes (Odhav et al., 2007).

Os minerais são uma grande classe de micronutrientes, sendo em sua maioria, considerados essenciais, podendo ser tradicionalmente divididos em macrominerais e microminerais (Anderson, 2005). Dutra de Oliveira e Marchini (1998) definem os macronutrientes minerais, por sua abundância percentual no corpo humano, como por exemplo o cálcio (1,5 a 2,2%), fósforo (0,8 a 1,2%), potássio (0,35%), enxofre (0,25%), sódio (0,15%), cloro (0,15%) e magnésio (0,05%).

Tais elementos são nutrientes necessários à manutenção da saúde, uma vez que não podem ser sintetizados pelo organismo, e por isso, devem ser obtidos através da alimentação.

De modo geral, os minerais regulam o metabolismo de diversas enzimas, mantêm o equilíbrio ácido-básico e a pressão osmótica, facilitam a transferência de compostos essenciais através das membranas e, em alguns casos, fazem parte dos elementos constituintes dos tecidos do organismo (Ferreira e Gomes, 1996).

Sendo assim, a absorção inadequada ou a ingestão deficiente de minerais, podem contribuir para a desnutrição causada por micronutrientes, sendo esta patologia um problema de saúde pública que ocorre em países industrializados e com maior frequência em países em desenvolvimento (Chavéz Pérez, 2005).

Entretanto, podem estar presentes também os metais pesados, que são potencialmente tóxicos em concentrações variáveis conforme a espécie, idade fisiológica e partes da planta (McDowell et al., 1993). Alguns metais são considerados exclusivamente tóxicos, porém cabe ressaltar que todos os metais em altas concentrações podem trazer danos ao organismo, por interagirem diretamente com o DNA (Ajasa et al., 2004).

Assim, torna-se de fundamental importância o controle de qualidade de alimentos de origem vegetal empregados com fins alimentares e medicinais, utilizando técnicas modernas para certificar-se de sua pureza, segurança e eficácia.

Com o objetivo de contribuir com a informação e valorização de espécies frutíferas nativas do sul do Brasil, neste trabalho foram determinados, através de espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), os minerais presentes em sete frutos, a fim de estabelecer comparações entre eles e com espécies convencionais.

2. Material e Métodos

2.1. Matéria Prima

Foram utilizados frutos de araticum (*Rollinia sylvatica* A. St.-Hil.), de araçá vermelho e amarelo (*Psidium cattleianum* Sabine), de butiá (*Butia capitata* (Mart.) Becc.) de guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg), de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess) e os cladódios da tuna (*Cereus hildmannianus* K. Schum.).

Todas as espécies foram provenientes da coleção de frutíferas nativas da Embrapa Clima Temperado (Pelotas/RS), exceto a tuna procedente da cidade Barra do Ribeiro (RS). Para todas as análises foram utilizadas as partes usualmente comestíveis dos frutos, ou seja, para os araçás e a guabiroba considerou-se casca, polpa e sementes, para a uvaia e o butiá, casca e polpa, e para o araticum e a tuna somente a polpa.

As amostras foram coletadas em estágio maduro, congeladas (-20°C) e posteriormente liofilizadas no Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos (ICTA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). A digestão e a determinação dos minerais foram realizadas no Laboratório Nacional Agropecuário (LANAGRO/RS).

2.2. Preparo da amostra

A digestão da amostra e a análise dos minerais foi baseado no método utilizado por Saidelles et al. (2010), com algumas adaptações.

Para o preparo da amostra, transferiu-se 500 mg dos frutos liofilizados para os tubos de quartzo, onde foi adicionado 1 mL de ácido nítrico bidestilado (Merck), 2 mL de peróxido de hidrogênio (Merck) e 7 mL água ultra pura (condutividade 0,07 µS). Após digestão, essa quantidade foi diluída e aferida com água ultra pura em balão de 25

mL. A digestão foi realizada em triplicata para cada fruto assim como para o material de referência certificado (MRC).

2.3. Descontaminação dos materiais

Os tubos de quartzo, ao final de cada dia, eram submetidos a um processo de descontaminação descrito no cook-book do microondas. Entre cada análise os tubos eram descontaminados lavando-os com água corrente e detergente puro, enxaguados com água ultra-pura, banhados em uma solução ácida 10% (ácido nítrico) por 15 a 20 minutos e enxaguados novamente em água ultra-pura.

2.4. Digestão em Microondas

Foi utilizado um forno de microondas modelo Anton Paar Multiwave 3000 (Perkin Elmer), rotor XQ80 com capacidade para 8 tubos de quartzo. As condições de operação foram as mesmas para todos os frutos e o MRC estão apresentados na tabela 1.

2.5. Análise de minerais por USN- ICP-OES

A análise dos metais foi realizada por espectrofotometria de emissão ótica por plasma induzido de argônio (ICP – OES) Varian modelo Vista-MPX CCD Simultaneous equipado com nebulizador ultrassônico Cetac modelo U5000AT⁺. Todos os frutos foram analisados em quintuplicata. As condições de operação estão apresentadas na tabela 2.

Para a calibração do equipamento, foram realizadas diluições de solução padrão multielementar de 1000mg/L (Merck), contendo os seguintes minerais: Ag, Al, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, In, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr, Tl, Zn.

Os intervalos para a construção da curva de calibração foram de 10 a 100 ppb para elementos traços , 100 a 1000 ppb para microelementos e de 1 a 500 ppm para macroelementos.

A exatidão do método foi avaliada através de material de referência certificado de folha de pêssigo NIST 1567, onde os resultados obtidos foram respectivamente: Al = 92,05%, Ba = 71,78%, Cd = 1326,92%, Cu = 943,11%, Fe = 72,52%, Pb = 79,29%, Mn = 81,95%, Ni = 648,82%, Sr =85,21%, Zn = 79,62%.

A tabela 3 apresenta os comprimentos de onda utilizados para cada mineral analisado com os respectivos limites de detecção (LD) e quantificação (LQ).

2.6. *Análise Estatística*

Para análise dos resultados foi utilizado ANOVA e teste de comparação de médias de Tukey ao nível de 5% de significância, e Análise dos Componentes Principais (ACP), através do programa Statistica 7.0.

2. Resultados e Discussão

A ACP foi aplicada visando reduzir a dimensão dos dados em componentes principais e visualizar suas similaridades. Esta técnica gera um novo grupo de variáveis, obtida através da melhor combinação linear dos parâmetros originais, que são os principais contribuintes para a variância.

Para os 7 frutos nativos, foram avaliados 18 minerais, visto que o Índio (In) e o Telúrio (Tl) (tabela 4) não foram detectados em nenhuma das amostras.

Verificou-se que a PC1 está relacionada principalmente aos minerais Al, Ba, Bi, Ga, Mg, Mn, a PC2 ao Cu, Fe, Sr, Zn e a PC3 ao Co, totalizando os 3 componentes principais em 77,17% da variância total dos dados, tendo a contribuição significativa de

31,43% da primeira, 26,45% da segunda e 19,29% da terceira componente principal (tabela 5).

Porém, os minerais Cd, Ca e Na foram explicados, respectivamente pela quarta, quinta e sexta componente principal, e o Cr, K, Ni e Pb não apresentaram contribuição significativa para diferenciar os frutos analisados.

Os gráficos dos *scores* e dos *loadings* das duas primeiras componentes principais (figura 1A e 1B) explicam 57,88% da variância total dos minerais presentes nos frutos nativos.

Os frutos de guabiroba, butiá e uvaia apresentaram maiores teores de Zn, Cr, Ni, Al e Ca e menores de Mg, Ba, Co e Na (figura 1). A guabiroba e a uvaia foram consideradas estatisticamente iguais entre si no que se refere aos teores de Al e Cr, sendo esta quantidade significativamente mais elevada comparada ao restante dos frutos (tabela 4). A uvaia também se destacou com a maior concentração de Zn, e o butiá de Ni.

O Al e o Ni são considerados metais tóxicos para os seres humanos (Agarwal, et al., 1997; Roberts et al., 1998). A intoxicação por Al parece estar relacionada com uma variedade de distúrbios neurológicos e comportamentais (Magalhães, 2000; Massey e Taylor, 1991), e o níquel tem sido relatado como um elemento carcinógeno (Casarett & Doull's, 1996). Entretanto, as concentrações destes minerais nos frutos foram aceitáveis, uma vez que a dose diária não deve ultrapassar 13000 μg de Al (WHO, 1996) e 5 a 15 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de Ni (Barceloux, 1999).

O Cr, por sua vez, é um mineral essencial ao metabolismo humano, mas dependendo da forma estrutural de como é encontrado pode ser tóxico e cancerígeno. Os teores encontrados neste trabalho ficaram acima do recomendado pela agência de alimentos dos Estados Unidos (*Food and Drug Administration- FDA*) que é de 0,12 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Haider et al., 2004). Assim como Trimizi et al. (2007), que verificaram, em

diferentes frutas e plantas medicinais, concentrações de 0,17 a 1,56 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Em contrapartida, os teores de Cr mostram-se aceitáveis, baseado nas recomendações da Dietary Reference Intakes (DRIs, 2002), que estabelece uma faixa de 25 a 35 μg Cr/dia para homens e 20 a 25 μg Cr/dia para mulheres, dependendo da idade.

O Zn, também elemento traço essencial ao organismo humano, é importante para a reprodução e o crescimento, pois atua como ativador em uma série de reações metabólicas catalisadas por enzimas, o que torna sua presença interessante nos frutos de uvaia. Apesar disso, geralmente, verduras folhosas e frutas são fontes modestas deste elemento (OMS, 1998), sendo menos aproveitável pelo organismo comparado a fontes animais (Franco, 2004).

Observando a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO (NEPA/UNICAMP, 2006), a romã (43,7 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), o umbu (37,4 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), a pitanga (34,2 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), o pequi (29,3 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), o cacau (28,8 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e o maracujá (23,4 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) estão entre as frutas que apresentam maior teor de Zn. Contudo, a uvaia (60,48 $\mu\text{g}/\text{g}$) ainda superou estes resultados. Entretanto, hortaliças tais como a serralha (132,6 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e a salsa (115,0 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) (NEPA/UNICAMP, 2006) apresentam em torno do dobro do conteúdo de Zn encontrado na uvaia.

Com relação à guabiroba, Kinupp & Barros (2008), que também analisaram a polpa desta espécie, encontraram resultados mais baixos de Ca (87 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Mg (97 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Mn (0,78 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Fe (5 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Na (3 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), K (1337 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Cu (0,51 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Zn (0,94 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). No entanto, para o fruto maduro de butiá foram encontradas maiores concentrações de Ca (900 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Mg (800 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Fe (33 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Na (54 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), K (18000 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), menor de Mn (22 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Cu (6 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Zn (8 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$).

Ao contrário do primeiro grupo (butiá, guabiroba e uvaia), os araçás (vermelho e amarelo) foram caracterizados por apresentarem maiores concentrações de Mg, Ba, Co

e Na e menor de Zn, Cr, Ni, Al e Ca (figura 1), sendo que, de forma significativa o araçá vermelho se destacou com o maior teor de Co e o araçá amarelo de Na (tabela 5).

Ao analisarem o fruto de araçá, Kinupp & Barros (2008) encontraram resultados superiores para Ca ($1800 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Mg ($800 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e K ($13000 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). No entanto, em relação aos minerais Zn ($15 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e Na ($545 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), os resultados foram inferiores aos do araçá amarelo e superiores ao araçá vermelho, sendo que para Cu ($6 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e Fe ($16 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) foram semelhantes ao araçá amarelo e superiores ao vermelho. O teor de Mn ($18 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), apesar de também ter sido semelhante ao araçá amarelo, foi inferior ao araçá vermelho.

O Co é considerado um elemento essencial para os seres humanos, sendo que sua carência pode causar anemia perniciosa. Tal mineral faz parte da constituição da cianocobalamina ou vitamina B12, sendo que o organismo humano é incapaz de sintetizar vitaminas, o que torna necessário a ingestão de alimentos que a contenham. A ingestão diária recomendada de vitamina B12 é de $2,4 \mu\text{g}$, a qual contém cerca de $0,1 \mu\text{g}$ de cobalto. Além disso, atua na prevenção e no tratamento da anemia, por aumentar a produção de glóbulos vermelhos, além de melhorar a absorção de ferro pelo organismo. Por outro lado, a exposição a altas doses pode causar efeito tóxico (ATSDR, 2001; GOODHART, 1973).

O araçá vermelho ainda demonstra ser uma boa fonte de Co mesmo quando comparado a hortaliças como cenoura ($0,96 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), beterraba ($0,59 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), e repolho ($0,21 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) (Donati, 2006), e com frutas, como por exemplo a amoreira branca ($1,81 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) (Duran et al., 2008)

O Na é outro mineral fundamental para os organismos vivos (Scott et al., 1982). A principal função desse eletrólito consiste na manutenção da pressão osmótica do sangue, plasma e fluidos intercelulares, na transmissão dos impulsos nervosos para a

estimulação e contração dos músculos e para o bom funcionamento das glândulas (Mahan & Arlin, 1995).

O araçá amarelo ($828,78 \mu\text{g.g}^{-1}$) também apresentou conteúdo de Na mais elevado, quando comparado ao caqui chocolate ($98,52 \mu\text{g.g}^{-1}$), ao caju ($252,10 \mu\text{g.g}^{-1}$); a carambola ($310,07 \mu\text{g.g}^{-1}$); e ao cupuaçu ($217,39 \mu\text{g.g}^{-1}$); frutos com maiores teores deste mineral dentre os listados na TACO (NEPA/UNICAMP, 2006). Porém, o jambo ($2784,81 \mu\text{g.g}^{-1}$) superou a quantidade encontrada para o araçá.

A tuna foi caracterizada por apresentar concentrações mais elevadas de Ga, Bi, Mn e Fe (figura 1). Para todos estes elementos houve diferença estatística, exceto para o teor de Fe que foi considerado igual ao apresentado pela uvaia.

O Ga e o Bi são alguns dos minerais presentes no corpo humano que não apresentam função conhecida. Por outro lado, o Mn é um elemento essencial para muitos organismos, incluindo o ser humano. Devido ao controle homeostático que o homem tem sobre o metal, geralmente o manganês não é considerado muito tóxico quando ingerido com a dieta. A recomendação diária de Mn na dieta é de 2 a 5 mg de Mn^{2+} (Maiga et al., 2005). Os frutos analisados neste trabalho, especialmente a tuna, podem contribuir para alcançar estes valores. O Mn foi o segundo microelemento de maior concentração quantificado em amostras de boldo, analisados por Schwanz et al. (2008), com valores entre $158,8 \mu\text{g.g}^{-1}$ a $65,5 \mu\text{g.g}^{-1}$.

A tuna superou teores de Mn observadas em hortaliças folhosas, como a salsa ($166,4 \mu\text{g.g}^{-1}$) e o espinafre ($118,3 \mu\text{g.g}^{-1}$) (NEPA/UNICAMP, 2006), reconhecidamente boas fontes deste mineral (OMS, 1998). A beterraba ($87,8 \mu\text{g.g}^{-1}$) também é um exemplo de hortaliça com teor inferior ao da tuna, porém o nabo ($712,9 \mu\text{g.g}^{-1}$) supera em mais de 3 vezes este resultado. No entanto, nenhuma fruta listada na TACO superou o teor de Mn da tuna, tais como o abacaxi ($118,2 \mu\text{g.g}^{-1}$), morango ($38,8 \mu\text{g.g}^{-1}$), pitanga

(30,8 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), banana maçã (24,2 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), manga Tommy Atckims (23,9 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), caqui chocolate (19,2 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), jaca (19,3 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e jabuticaba (18,3 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$).

O Fe é um microelemento e um dos minerais mais citados, popularmente, como importante na alimentação. A dose diária recomendada é de 10mg para homens e 20 mg para mulheres (WHO, 1996). Esse elemento é considerado essencial, visto que atua como componente das moléculas de hemoglobina, mioglobina, citocromo e de alguns sistemas enzimáticos, desempenhando um papel essencial no transporte de oxigênio e respiração celular (Burton, 1979) sendo que a recomendação diária é de 10000 a 15000 μg (WHO, 1996).

Segundo Franco (2004), o agrião e o espinafre, duas hortaliças convencionais, são importantes fontes de Fe. Apesar disso, a uvaia (21,27 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e a tuna (20,83 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) superaram o conteúdo de frutos tradicionais como a banana prata (14,2 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), a jaca (16,1 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e a ciriguela (18,8 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), apresentando-se similares aos frutos mais ricos em Fe listados na TACO tais como o cupuaçu (21,7 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e o kiwi (21,3 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) sendo inferiores ao maracujá (35,1 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$).

Kinupp & Barros (2008) encontraram para tuna, maiores concentrações de Fe (56 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Ca (1800 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Mg (6600 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) Mn (815 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Na (2400 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), K (42000 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), Zn (61 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e menores de Cu (7 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$).

Apesar do Mg e Ba terem sido citados anteriormente como minerais predominantes nos araçás, a tuna foi dentre os frutos, o que obteve resultados estatisticamente maiores (tabela 5).

O Mg, assim como o Ca, também atua na formação de ossos, dentes e tecido auxiliando o crescimento, a manutenção de funções do organismo e a reprodução para os seres humanos (Battestin et al., 2002). Este mineral está presente nas partes verdes das plantas, como constituinte da molécula de clorofila (Franco, 2004), apresentando-se

em maiores concentrações em hortaliças como por exemplo a salsa ($61769,9 \mu\text{g.g}^{-1}$) e a cebola ($3639,6 \mu\text{g.g}^{-1}$). Apesar de se mostrar inferior quando comparada a hortaliças, a tuna ($1215,54 \mu\text{g.g}^{-1}$) apresentou valor similar a frutos convencionais como o mamão formosa ($1297,7 \mu\text{g.g}^{-1}$), o abacaxi ($1313,9 \mu\text{g.g}^{-1}$) e a macaúba ($1128,2 \mu\text{g.g}^{-1}$) e superior comparado a banana prata ($925,3 \mu\text{g.g}^{-1}$), laranja da terra ($958,9 \mu\text{g.g}^{-1}$) (NEPA/UNICAMP, 2006).

O Ba, por sua vez, faz parte do meio ambiente, é normalmente encontrado em águas naturais em concentrações que variam entre $0,0007$ a $0,9 \text{ mg.L}^{-1}$ Ba, sendo que suas principais fontes são o intemperismo e a erosão de fontes naturais onde ocorre na forma de barita ou feldspatos ricos em bário. Também pode ser introduzido no meio ambiente antropicamente devido à disposição de resíduos provenientes da produção de fogos de artifício, pigmentos, vidros, uso de defensivos agrícolas e emprego deste elemento em lamas de perfuração de poços (CETESB, 2007).

Os efeitos à saúde associados à exposição a diferentes compostos de Ba dependem da solubilidade em água ou no estômago. Quando solúveis em água, tais compostos podem causar efeitos nocivos à saúde (ATSDR, 2007) provocando hipocalemia. A dose letal para humanos é de 3 a 4 g, dependendo do gênero e massa corporal do indivíduo (ATSDR, 1992), sendo que a WHO (2001) estipula $20 \mu\text{g}$ de Ba/kg de massa corpórea para uma ingestão diária tolerável. Portanto, todos os frutos analisados, inclusive a tuna, encontraram-se dentro do limite estabelecido.

Por fim, no araticum foram encontrados os maiores teores de Cu, Sr e K, entretanto a concentração de Pb e Cd não diferiu significativamente da guabiroba e do butiá, respectivamente (tabela 4).

O Cu é um metal considerado essencial em baixas concentrações, ou seja, um micronutriente. Entretanto, o Cu pode ser absorvido e acumulado pelas plantas, através

da contaminação de solo (Palmieri, 2005). Conforme Portaria 685 da ANVISA (Brasil, 1998) os níveis toleráveis de Cu variam de 0,1 a 10 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, em alimentos. Dessa forma, o araticum (80,38 $\mu\text{g}/\text{g}$) apresentou teor 8 vezes acima do limite máximo permitido.

Kinupp e Barros (2008) também encontraram altos teores de Cu em *Boehmeria caudata* (assa-peixe) (62 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), *Eryngium pandanifolium* (gravatá-do-banhado) (51 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), e *Plantago australis* (tansagem) (86 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), sendo que este último apresentou quantidades semelhantes ao do araticum. Esses mesmos autores ainda sugerem que estas plantas podem ser boa fonte para pessoas que dependam de mais cobre em sua alimentação e para a indústria de complementos alimentares e produtos farmacêuticos. Ainda, a, jurubeba (34,7 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), catalonha (32,9 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), caruru (29,8 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e serralha (20,4 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), apesar de terem apresentado os maiores teores de Cu entre as hortaliças listadas na TACO (NEPA/UNICAMP, 2006), mostraram se menores que o araticum, exceto o mamão formosa (103,8 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) que superou este resultado.

O Sr é um metal não essencial, entretanto como é encontrado normalmente nos ossos, acredita-se que compartilha com o Ca suas propriedades químicas e fisiológicas (Marie, 2006). Quando determinado em amostras de erva-mate (Saidelles et al., 2010) a variação da concentração de Sr foi de, aproximadamente, 274 a 404 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, valores muito mais elevados quando comparado ao deste trabalho. Porém, em estudo realizado em diferentes tipos de chás, foi encontrada uma variação na concentração de Sr de 6,23 até 411 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Kara, 2009).

O K também é um mineral muito importante para o organismo, sendo a ingestão média recomendável por adulto de 2000 mg/dia, sendo um elemento abundante na maioria dos alimentos (Franco, 2004). É importante para pessoas hipertensas e quando associado ao sódio, regulariza o funcionamento do sistema muscular e os batimentos cardíacos (Franco, 1998). O araticum (11522,03 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) apresentou um teor de K tão

alto quanto o da banana prata ($12740,2 \mu\text{g.g}^{-1}$), reconhecida por ser rica neste mineral. Este fator também pode ser comparado ao conteúdo observado na pinha (*Annona squamosa* L.) ($11320 \mu\text{g.g}^{-1}$) e na atemóia (*Annona atemoya* Mabb) ($10989,0 \mu\text{g.g}^{-1}$), frutos de mesmo gênero botânico do araticum. Entretanto, os teores verificados na acerola ($17368,4 \mu\text{g.g}^{-1}$), kiwi ($19078,0 \mu\text{g.g}^{-1}$), maracujá ($19766,1 \mu\text{g.g}^{-1}$), cupuaçu ($23985,5 \mu\text{g.g}^{-1}$) e romã ($30312,5 \mu\text{g.g}^{-1}$) são maiores.

Por outro lado, o Pb é considerado um metal exclusivamente tóxico, conhecido por induzir várias disfunções em animais de laboratório e humanos, alterando a atividade antioxidante por inibição do grupo funcional SH em muitas enzimas (Klassen e Watkins, 2001). Este metal é encontrado frequentemente em altas concentrações em plantas cultivadas próximo a rodovias, fábricas de baterias, entre outras fontes. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS) (WHO, 1996) o limite máximo de Pb permitido para alimentos é de $10 \mu\text{g.g}^{-1}$, enquanto que a Portaria 685 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (Brasil, 1998) tolera limites entre 0,05 a $2,0 \mu\text{g.g}^{-1}$. Sendo assim, os níveis encontrados nos frutos são considerados aceitáveis.

Assim como o Pb, o Cd é um dos maiores agentes tóxicos associados a contaminação ambiental e industrial. Os teores observados nos frutos, principalmente o butiá e araticum, foram considerados aceitáveis baseado nas Farmacopéias Alemã e Européia que estabelecem $0,1 \mu\text{g.g}^{-1}$ em vegetais: folhas, frutos e raízes. A contaminação por Cd depende das espécies de plantas e das condições climáticas, podendo ocorrer por irrigação do solo com águas contaminadas e/ou pelo uso de fertilizantes e herbicidas durante o plantio (Abou-Arab et al., 1999).

O Ca, já citado anteriormente como mineral predominante no grupo do butiá, guabiroba e uvaia, apresentou valores estatisticamente mais elevados no araticum (tabela 4).

O Ca é um mineral essencial para formação e manutenção dos ossos e dentes. Além disso, está envolvido no transporte de membranas celulares, ativação ou liberação de enzimas, contração muscular e na transmissão de impulsos nervosos (regulação da batida cardíaca) (Czajka-Narins, 2005).

Altos teores deste mineral são encontrados comumente em hortaliças folhosas, porém, entre as frutíferas, o teor encontrado para o araticum ($2579,50 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) correspondeu ao triplo do valor apresentado na TACO (NEPA/UNICAMP, 2006) para atemóia (*Annona atemoya* Mabb) ($842,5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), fruto de mesmo gênero botânico. O abacaxi ($1605,8 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e o kiwi ($1702,1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) também demonstraram conteúdo inferior. No entanto, a mexerica murcote ($2024,5 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e a graviola ($2247,2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), possuem quantidades semelhantes deste mineral, enquanto que a laranja da terra ($3493,1 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e o limão tahiti ($4047,6 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) (NEPA/UNICAMP, 2006) superam estes resultados.

4. Conclusões

Os frutos analisados não apresentaram concentrações de minerais acima do recomendado, exceto o araticum com relação ao teor de Cu, um microelemento essencial.

O araticum também apresentou maiores concentrações de elementos traços, como o Pb e o Sr, possivelmente contaminantes. O mesmo foi determinado para macroelementos como o Ca e K, reconhecidos como minerais fundamentais devido as funções que são responsáveis no organismo, tais como equilíbrio hídrico, osmótico e ácido-base, formação de massa e densidade óssea e atividade neuromuscular.

A tuna demonstrou maior predomínio de Ba, Bi e Ga, prováveis elementos contaminantes e Mg e Mn, respectivamente macro e microelementos essenciais que

agem no controle homeostático, auxiliando o crescimento, a manutenção e a reprodução dos seres humanos

A uvaia e a guabiroba se sobressaíram com relação aos teores de Al, metal tóxico e Cr, microelemento essencial. Além disso, a uvaia demonstrou quantidades superiores de Fe e Zn, microelementos essenciais, sendo o primeiro comprometido com uma série de reações metabólicas, e o segundo envolvido no transporte de oxigênio e respiração celular.

O butiá apresentou maior teor de dois elementos contaminantes, tais como o Cd e Ni. O araçá amarelo, por sua vez, se destacou quanto à concentração de Na, macronutriente que possui como principal função manter a pressão osmótica do sangue, enquanto que no araçá vermelho foi encontrado valor superior de Co, micronutriente essencial constituinte da vitamina B12.

Em geral, todos os frutos apresentaram concentrações de elementos essenciais acima ou similares aos de frutos tradicionais.

Referências

Abou-Arab, A. A. K, Kawther, M. S., El Tantawy, M. E., Badeaa, R. I., Khayria, N. (1999). Quantity estimation of some contaminants in commonly used medical plants in the Egyptian market. *Food Chemistry*, 67, 357-363.

Agarwal, P., Srivastava, S., Srivastava, M.M., Prakash, S., Ramanamurthy, M., Shirivastav, R., Dass, S. (1997). Studies on leaching of Cr and Ni from stainless steel utensils in certain acids and in some Indian drinks. *Science of the Total Environment*, Amsterdam, 199(3), 271-275.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Cobalt. Atlanta, U.S. Department of Health and Human Services. (2001). 394 p. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7.pdf>, acesso em 30/12/2010.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (1992). Public health service, US Department of health and human Services. Toxicological Profile for Barium. Atlanta. <http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=327&tid=57> acesso em 30/12/2010

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2007) Toxicological Profile for Barium and Barium Compounds. Atlanta, U.S. Department of Health and Human Services. 394 p. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7.pdf>, acesso em 30/12/2010.

Ajasa, A. M. O., Bello, M. O., Ibrahim, A. O., Ogunwande, I. A., Olawore, N. O. (2004). Heavy trace metals and macronutrients status in herbal plants of Nigéria. *Food Chemistry*, 85, 67-71.

Anderson, J. J. B. (2005). Minerais. In: MAHAN, L. Kathleen; ESCOTT-STUMP, Sylvia. Krause: alimentos, nutrição & dietoterapia. 11. ed. São Paulo: Roca. cap. 5. p.115-155.

Barceloux, G. D. (1999). Manganese, nickel. *Clinical Toxicology*, 37, 293-307.

Battestin, L., Tacla, R. M. B., Tiboni, E. B., Freitas, R. J. S., Stertz, S. C. (2002). Análise de cálcio em diferentes tipos de bebidas. *Visão Acadêmica*, 3(2), 79-8.

Brack, P.; Kinupp, V. F.; Sobral, M. E. G. (2007). Levantamento preliminar de espécies frutíferas de árvores e arbustos nativos com uso atual ou potencial do rio grande do sul. *Revista brasileira de Agroecologia*, 2(1), 1769-1772.

BRASIL.(1998). Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria n. 685, de 28 de agosto de 1998. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 28 ago. p. 28.

Burton, B. T. (1979). Nutrição humana. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil. 606p.

Cassaret, A., Doull's, D. (1996). Toxicology: the basic science of poisons. 5.ed. USA: McMillan Publishing, 1111p.

Chávez Pérez, J. F. (2005). Lineamientos de la política nutricional para combatir La deficiencia de hierro: fortificación de alimentos. *Anais Venezuelanos de Nutrición*, 18, n.1, 49-54.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). (2007). Relatório de qualidade de águas subterrâneas no estado de São Paulo 2004-2006. São Paulo.

Czajka-Narins DM. (2005). In: Minerais. Mahan LK & Escott-Stump S. Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia. 11 ed. São Paulo: Roca.

Dietary Reference Intakes for (DRI). (2002). <http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=0309085373>

Donati, G. L. (2006). Avaliação da viabilidade da determinação de cobalto e cromo em alimentos por espectrometria de absorção atômica com forno tubular na chama e aerossol térmico (TS-FF-AAS). Dissertação de mestrado. Programa de Pós Graduação em Química, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), SP

Dutra-de-Oliveira, J. E.; Marchini, J. S. (1998). *Ciências nutricionais*. São Paulo: Sarvier.

Franco, G. (2004). Tabela de composição química dos alimentos. 9 ed. São Paulo: Atheneu, 307 p.

Franco, F. (1998). Tabela de composição de alimentos. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 307p.

Ferreira, K. S.; Gomes, J. C. (1996). A desnutrição mineral na dieta básica do Brasil e suas conseqüências para a saúde da população. In: Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia dos Alimentos, Poços de Caldas. Resumos. Poços de Caldas: SBCTA, p.105.

Goodhart, R. S., Shils, M. E. (1973). Modern nutrition in health and disease – dietotherapy. 5^aed. Philadelphia, Lea & Febiger, p. 390-394.

Haider, S., Naithani, V. Barthwal, J., Kakkar, P. (2004). Heavy metal content in some therapeutically important medicinal plants. *Buletin of Environmental Contamination Toxicology*, 72, 119-127.

IBRAF (Instituto Brasileiro de Frutas). (2010). [http:// www.ibraf.org.br](http://www.ibraf.org.br)

Kara, D. (2009). Evaluation of trace metal concentrations in some herbs and herbal teas by principal component analysis. *Food Chemistry*, 114, 347-354.

Kinupp, V. F.; Barros, I. B. I. de. (2008). Teores de proteína e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(4), 846-857.

Klassen, C. D., Watkins, J. B. (2001). Toxicologia, a ciência básica dos tóxicos de Casarett e Doull. Lisboa: McGraw-Hill, 603p.

Magalhães, C.E.C. (2000). Emprego de Técnicas Espectroscópicas de Análise para a Determinação de Alumínio e Selênio em Amostras Alimentícias/Ambientais na Forma Líquida ou em Suspensões. Tese de Doutorado. Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). 99p

Mahan L, Arlin M. (1995). Krause: Alimentos, Nutrição e Dietoterapia. 7a ed. São Paulo: Roca.

Maiga, A., Diallo, D., Bye, R., Paulsen, B. S. (2005). Determination of some toxic and essential metal ions in medicinal and edible plants from Mali. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2321.

Marie, P. J. (2006). Strontium ranelate: a physiological approach for optimizing bone formation and resorption. *Bone*, 38, S10-S14.

Massey, R., Taylor, S. (1991). Aluminium in Food and the Environment. *Royal Society of Chemistry*, London.

McDowell, L. R., Conrad, J. H.; Hembry, F. G. (1993). Minerals for grazing ruminants in tropical regions. 2nd ed. Gainesville: University of Florida, 77p.

Mendez, M. H. M. et al. (2003). Tabela de composição de alimentos. Niterói: Ed. UFF, 41 p.

NEPA/UNICAMP. (2006). Tabela brasileira de composição de alimentos – TACO. Versão 2.

Odhav, B., Beekrum, S.; Akula, U. S; Baijnath, H. (2007). Preliminary assessment of nutritional value of traditional leafy vegetables in KwaZulu-Natal, South Africa. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(5), 430-435. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acesso em: 08 junho 2007.

OMS. (1998). Elementos traço na nutrição e saúde humanas. São Paulo: Roca, 297 p.

Palmieri, R. M., La Pera, L., Di Bella, G., Dugo, G. (2005). Simultaneous determination of Cd (II), Cu (II), Pb (II) and Zn (II) by derivative stripping chronopotentiometry in *Pittosporum tobira* leaves: a measurement of local atmospheric pollution in Messina (Sicily, Italy). *Chemosphere* 59, 1161-1168.

Roberts, N.S., Clough, A., Bellia, J.P., Kim, J.Y. (1998). Increased absorption of aluminium from a normal dietary intake in dementia. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 69(3), 171-176.

Saidelles, A. P. F., Kirchner, R. M.; Santos, N. R. Z. dos; Flores, E. M. de M.; Bartz, F. R. (2010). Análise de metais em amostras comerciais de erva-mate do sul do Brasil. *Alimentos e Nutrição*, 21(2), 259-265.

Schwanz, M., Ferreira, J J., Fröhlich, P., Zuanazi, J. A. S., Henriques, A. T. (2008). Análise de metais pesados em amostras de *Peumus boldus* Mol. (Monimiaceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 18(1), 98-101.

Scott, M. L., Nesheim, M. D., Young, R. J. (1982). Nutrition of the chicken. Ithaca: M.L. Scott & Assoc, 562p.

Trimizi, S. A., Wattoo, M. H. S., Mazhar, M. (2007). Analytical investigation of chromium and zinc in sweet, sour and bitter tasting fruits, vegetables and medicinal plants. *Química Nova*, 30(7), 1573-1577.

World Health Organization (WHO). (1996). Trace elements in human nutrition and health. Geneva, 343p.

World Health Organization (WHO). (2001). International Programme on Chemical Safety (IPCS). Consice international Chemical Assessment Document 33. Barium and barium Compounds. Geneva.

Tabelas

Tabela 1. Condições de operação para digestão de frutos em microondas.

Parâmetros	
Potência	1000 W
Pressão limite	80 bar
Taxa de aumento da pressão	0,8 bar/s
Temperatura limite	280°C
Irradiação limite	250°C
Velocidade de exaustão	Nível 1
Tempo de resfriamento	15 min
Rampa	10 min
Hold	25 min

Tabela 2. Condições de operação para determinação de minerais em ICP e nebulizador ultrassônico.

Parâmetros	
Potência	1200 W
Fluxo de plasma	12 L/min
Fluxo de gás auxiliar (argônio)	1,5 L/min
Altura da leitura	4 mm
Tempo de leitura das replicatas	10 s
Velocidade da bomba	25 rpm
Tempo de limpeza	20 s
Pressão do nebulizador	200 kPa
Estágio de aquecimento	140°C
Estágio de resfriamento	3°C

Tabela 3. Comprimentos de onda empregados, limites de detecção (LD) e quantificação (LQ) dos minerais analisados em frutos nativos do sul do Brasil.

Elemento	λ (nm)	LOD($\mu\text{g/g}$)	LOQ ($\mu\text{g/g}$)
Al	396.159	0,0034	0,0104
Ba	233.527	0,0012	0,0036
Bi	306.771	0,1953	0,5918
Ca	443.496	0,0864	0,2617
Cd	214.439	0,0014	0,0041
Co	228.651	0,0057	0,0171
Cr	267.716	0,0005	0,0014
Cu	327.395	0,0071	0,0215
Fe	259.940	0,0010	0,0029
Ga	417.204	0,0747	0,2265
In	410.176	0,1591	0,4820
K	766.491	6,7278	20,3873
Mg	285.213	0,0002	0,0028
Mn	257.610	0,0008	0,0024
Na	566.348	1,9160	5,8060
Ni	230.299	0,0002	0,0008
Pb	220.353	0,0044	0,0133
Sr	215.283	0,0286	0,0867
Tl	355.572	0,1702	0,5157
Zn	206.200	0,0041	0,0125

Tabela 4. Teores de minerais em frutos nativos do sul do Brasil.

Elem.	Butiá	Guabiroba	Uvaia	Araticum	Araçá Amarelo	Araçá Vermelho	Tuna
Al	21,21±2,21 ^b	27,18±5,58 ^{ab}	31,27±0,97 ^a	18,12±0,66 ^{bc}	8,97±0,34 ^c	9,60±0,59 ^c	11,84±0,59 ^c
Ba	0,32±0,06 ^g	3,06±0,01 ^e	2,21±0,006 ^f	5,81±0,02 ^c	4,97±0,04 ^d	6,57±0,28 ^b	7,97±0,13 ^a
Bi	0,35±0,006 ^c	0,57±0,02 ^{bc}	0,60±0,02 ^b	0,58±0,036 ^c	0,61±0,02 ^b	0,63±0,02 ^b	6,36±0,15 ^a
Ca	440,21±10,09 ^e	443,91±26,65 ^c	542,50±12,71 ^e	2579,50±12,58 ^a	685,72±13,925 ^d	846,39±64,56 ^c	1108,70±21,11 ^b
Cd	0,06±0,01 ^a	0,02±0,002 ^c	0,02±0,001 ^b	0,04±0,001 ^{ab}	0,03±0,008 ^b	0,01±0,0004 ^c	0,03±0,005 ^{bc}
Co	0,06±0,0002 ^e	0,62±0,015 ^b	0,18±0,04 ^d	0,10±0,01 ^e	0,31±0,009 ^c	3,17±0,04 ^a	0,06±0,009 ^e
Cr	1,15±0,045 ^c	1,80±0,03 ^a	1,56±0,1 ^{ab}	1,19±0,01 ^c	1,35±0,14 ^{bc}	0,41±0,06 ^d	1,07±0,15 ^c
Cu	11,47±5,18 ^b	6,16±0,09 ^c	5,03±0,01 ^e	80,38±0,17 ^a	6,20±0,08 ^c	5,54±0,07 ^d	8,06±0,01 ^c
Fe	16,12±0,18 ^{cd}	18,30±0,31 ^{bc}	21,27±1,00 ^a	8,42±0,125 ^e	14,91±0,37 ^d	11,03±0,04 ^e	20,83±1,56 ^{ab}
Ga	0,57±0,03 ^b	0,31±0,02 ^b	0,46±0,01 ^b	0,57±0,01 ^b	0,37±0,007 ^b	0,64±0,11 ^b	6,02±0,265 ^a
In	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
K	8113,40±69,74 ^c	5912,86±10,04 ^f	8882,43±36,025 ^b	11522,03±72,08 ^a	7890,07±86,96 ^c	7030,58±295,70 ^d	6436,90±52,9 ^e
Mg	569,59±4,29 ^e	689,35±7,26 ^c	528,32±1,41 ^e	957,52±0,53 ^b	661,82±5,78 ^{cd}	660,84±15,52 ^d	1215,54±22,71 ^a
Mn	30,51±0,19 ^b	10,87±0,04 ^c	26,37±0,16 ^b	29,06±0,04 ^b	7,43±0,13 ^c	29,86±0,855 ^b	207,90±4,32 ^a
Na	88,40±0,53 ^{de}	54,80±0,91 ^e	99,76±1,1 ^d	173,24±5,18 ^c	828,78±6,38 ^a	394,71±24,725 ^b	47,31±0,17 ^e
Ni	4,99±0,05 ^a	3,25±0,11 ^c	4,54±0,12 ^b	3,36±0,007 ^c	3,40±0,1 ^c	3,16±0,04 ^c	3,29±0,05 ^c
Pb	Nd	0,08±0,04 ^a	Nd	0,10±0,01 ^a	Nd	Nd	Nd
Sr	9,96±0,25 ^f	7,08±0,07 ^c	7,94±0,19 ^c	28,95±0,08 ^a	7,29±0,003 ^{ce}	7,35±0,14 ^c	12,90±0,37 ^b
Tl	Nd	nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Zn	38,88±8,02 ^b	17,39±0,14 ^c	60,48±0,16 ^a	9,24±0,004 ^{cd}	19,62±0,29 ^c	4,76±0,025 ^d	24,20±0,76 ^c

Minerais expressos em $\mu\text{g/g}$ de fruto liofilizado. Nd: não detectado. Valores expressos da Média \pm Desvio Padrão. Letras iguais na mesma linha indicam que não há diferença significativa ao nível de 5% de significância.

Tabela 5. Variância, autovalores e loadings dos minerais analisados.

Parâmetros	PC1	PC2	PC3
Percentagem de variância	31,43%	26,45%	19,29%
Percentagem de variância cumulativa	31,43%	57,88%	77,17%
Autovalor	5,67	4,76	3,47
Autovalor cumulativo	5,67	10,42	57,88
Minerais	Loadings		
Al	0,718349	0,438077	0,238158
Ba	-0,849032	-0,382346	0,147661
Bi	-0,804907	0,371316	0,457746
Ca	0,439645	0,212220	0,311071
Cd	0,402715	-0,053479	0,423175
Co	-0,313148	-0,347495	-0,713690
Cr	0,499800	0,387805	0,296672
Cu	0,217371	-0,730023	0,641758
Fe	-0,072365	0,967317	0,090959
Ga	-0,796876	0,363382	0,466599
K	0,513809	-0,528616	0,479177
Mg	-0,724285	-0,143978	0,671401
Mn	-0,768666	0,365029	0,492999
Na	-0,110260	-0,373967	-0,568506
Ni	0,656841	0,516083	0,061182
Pb	0,261301	-0,580624	0,476539
Sr	0,489482	-0,757213	0,420168
Zn	0,501653	0,784329	0,136876

Figuras

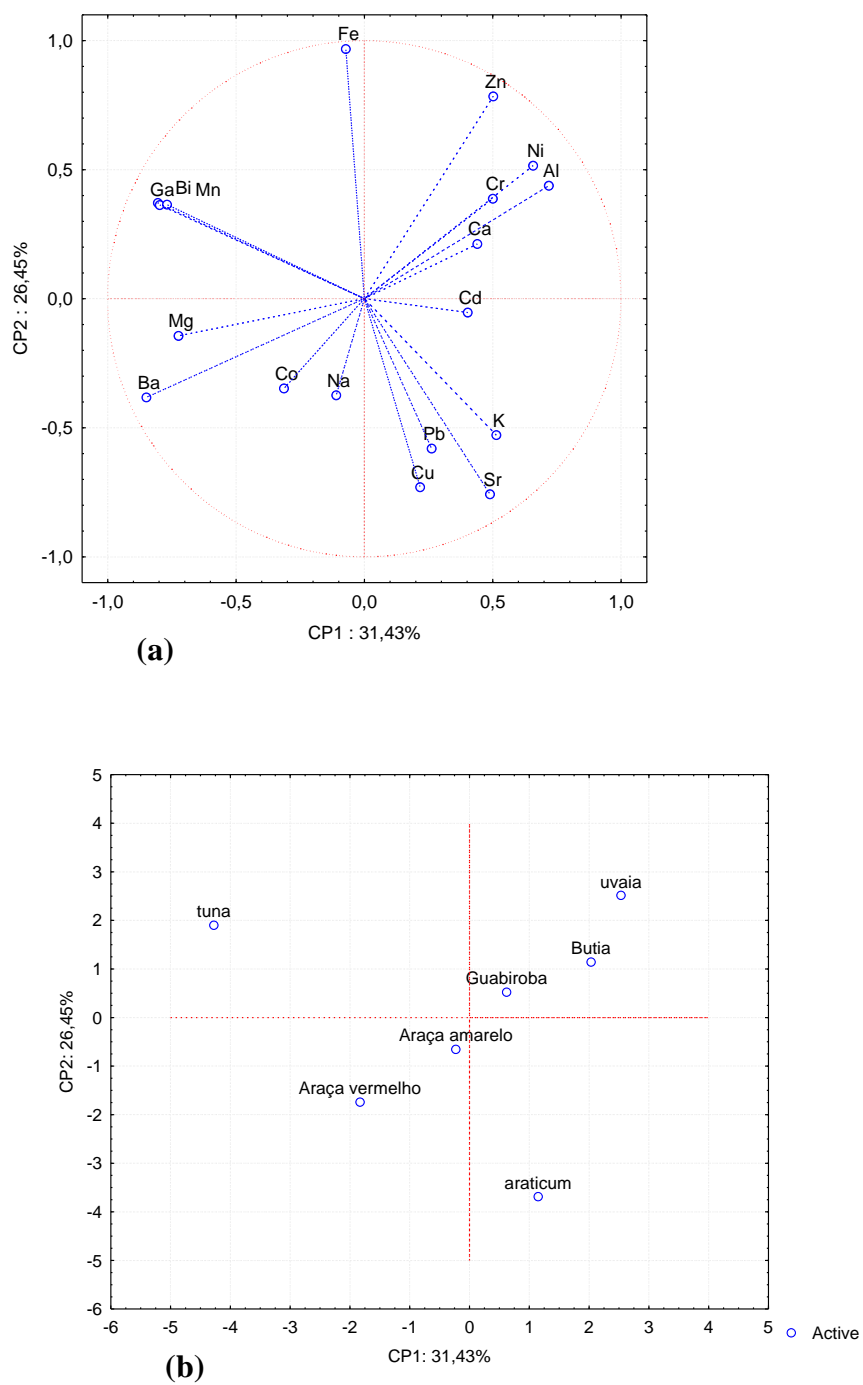


Figura 1. Análise de componentes principais: gráficos de (a) *scores* e (b) *loadings*.

DISCUSSÃO GERAL

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de obter e difundir informações de alguns frutos de espécies nativas do sul do Brasil, a fim de explorar o potencial dessa biodiversidade, principalmente, em prol dos benefícios a saúde e o avanço da economia regional e nacional, visto que compostos bioativos presentes em frutas produzem efeitos protetores ao organismo e que as mesmas podem oferecer fonte de renda adicional ao pequeno produtor e fortalecer o sistema produtivo.

No primeiro artigo, em que foram reunidos os frutos da família Myrtaceae, a guabiroba destacou-se por apresentar maior quantidade de compostos fenólicos (1495,27 mg/100g), carotenóides (54,35 µg/g) e vitamina C (5,44 mg/g). Esses dados foram muito significativos, uma vez que estes compostos são considerados os principais antioxidantes dietéticos. Estes resultados também mostraram coerência com o potencial antioxidante encontrado na guabiroba (90,26 µM trolox/g e 906,63 g/g DPPH), que foi mais elevado do que nas outras duas espécies testadas (araçá e uvaia), superando até mesmo a acerola, fruto reconhecido na área de alimentos funcionais (KUSKOSKI et al., 2006). Além disso, demonstrou-se promissor tanto para consumo *in natura* quanto para utilização tecnológica, visto que também obteve melhor relação SST/ATT (45,12).

Esse mesmo fruto se sobressaiu com os teores mais elevados de Al (31,27 µg/g) e Cr (1,80 µg/g), juntamente com a uvaia, que demonstrou quantidades superiores de Fe (21,27 µg/g) e Zn (60,48 µg/g). A uvaia também se destacou pelo elevado teor de carotenóides (50,09 µg/g).

O araçá, apesar de apresentar teores de compostos fenólicos (583,78 mg/g) e atividade antioxidantes (40,43µM trolox/g e 2335,17 g/g DPPH) inferiores à guabiroba, ainda assim apresentou-se superior a muitas frutas tradicionalmente consumidas. Em

relação aos minerais, o araçá amarelo se destacou pelo elevado teor de Na (828,78 µg/g) e o vermelho de Co (3,27 µg/g).

No segundo artigo, o butiá (25,96 µM/g; 3847,54 g/g) e a tuna (19,61 µM/g; 3249,77 g/g) apresentaram capacidade antioxidante superior à muitas espécies frutíferas tradicionalmente consumidas. O butiá também se destacou com o teor mais elevado em carotenóides (39,6 µg/g) e nos minerais Cd (0,06 µg/g) e Ni (4,99 µg/g). A tuna apresentou maior conteúdo de compostos fenólicos (1337,28 mg/100g) totais e predomínio de Ba (7,97 µg/g), Bi (6,36 µg/g), Ga (6,02 µg/g), Mg (1215,54 µg/g) e Mn (207,90 µg/g).

Sugere-se que para o butiá a capacidade antioxidante seja influenciada pelo conteúdo de carotenóides, enquanto que para tuna atribui-se ao teor de compostos fenólicos, visto que apresentaram altas concentrações destes constituintes.

O araticum se sobressaiu quanto a concentração de vitamina C (0,32 mg/g) e no resultado para SST/ATT (41,92), mostrando-se adequado tanto para o consumo in natura como para o processamento. Para este mesmo fruto ainda foi observado quantidades de Cu (80,38 µg/g) acima do recomendado, assim como também teve destaque com maiores concentrações de Pb (0,10 µg/g), Sr (28,95 µg/g), Ca (2579,50 µg/g) e K (11522,03 µg/g).

Dessa forma, conclui-se que entre todos os frutos analisados, as espécies da família Myrtaceae (araçá, guabiroba e uvaia) apresentaram capacidade antioxidante superior comparada ao outro grupo de frutos de diferentes famílias botânicas, sendo que a guabiroba se destacou como o mais promissor, uma vez que apresentou os mais altos teores de compostos fenólicos, carotenóides e vitamina C, além de demonstrar o maior potencial antioxidante e relação SST/ATT.

É preciso que as pesquisas com plantas nativas continuem, pois a grande maioria permanece desconhecida. Analisar os produtos elaborados a partir desses alimentos, também é uma necessidade, como forma de estímulo ao interesse das indústrias e conseqüente plantio dessas espécies. Sugere-se ainda, que experimentos *in vivo* devam ser realizados, a fim de confirmar os resultados obtidos.

Referências

- ABDILLE, M. H.; SINGH, R. P.; JAYAPRAKASHA, G. K.; JENA, B. S. Antioxidant activity of the extracts from *Dillenia indica* fruits. **Food Chem.**, v.90, p.891-896, 2005.
- ALMEIDA, F. J. Marketing de sementes: curso de tecnologia de sementes, módulo UFPel/ABEAS. Brasília (DF), 1998.
- ANDERSON, D. Antioxidant defences against reactive oxygen species causing genetic and other damage. **Mutation Research**, v.350, p. 103-108, 1996.
- ARAB, L; STECK, S. Lycopene and cardiovascular disease. **Am. J. Clin. Nutr.**, 71(6):1691-5, 2000.
- AZEVEDO-MELEIRO, C. H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Confirmation of the identity of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC-MS. **Journal of Food Composition Analyses**. V.17, p.385-396, 2004.
- BARCIA, M. T; JACQUES, A. C.; PERTUZZATI, P. B.; ZAMBIAZI, R. Determinação de ácido ascórbico e tocoferóis em frutas por CLAE. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 381-390, abr./jun. 2010.
- BELNSTEIN, J. The protective factors of fruit and vegetables. **Food Tech. Int.**, 10:12-4, 2001.
- BEZERRA, J. E. F., LEDERMAN, I.E., FREITAS, E. V.; SILVA JÚNIOR, J.F. Propagação de genótipos de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) pelo método de enxertia de garfagem no topo em fenda cheia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p. 160-162, 2002.
- BIAVATTI, M. W.; FARIAS, C.; CURTIUS, F.; BRASIL, L. M.; HORT, S.; SCHUSTER, L.; LEITE, S. N.; S. R. T. PRADO, S. R. T. Preliminary studies on *Campomanesia xanthocarpa* (Berg.) and *Cuphea carthagenesis* (Jacq.) J. F. Macbr. Aqueous extract: weight control and biochemical parameters. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 56, p. 77 – 80, 1997.
- BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. Introdução à química de alimentos. 2aed. São Paulo: Varela; 1995.

- BRACK, P.; KINUPP, V.F.; SOBRAL, M. E. G. Levantamento preliminar de espécies frutíferas de árvores e arbustos nativos com uso atual ou potencial do rio grande do sul. **Revista brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n.1, p. 1769-1772, 2007.
- BURNS, J.; GARDNER, P. T.; MATTHEWS, D.; DUTHIE, G. G.; LEAN, M. E.; CROZIER, A. Extraction of phenolics and changes in antioxidant activity of red wines during vinification. **J Agric Food Chem**; 49(12):5797-808, 2001.
- CARRATU, E.; SANZINI, E. “Sostanze biologicamente attive presenti negli alimenti di origine vegetable”. **Ann. Ist. Super Sanità**, 41 (1), p.7-16, 2005.
- CARVALHO, J. A. M.; GARCIA, R. A. O envelhecimento da população brasileira: um enfoque demográfico. **Cad Saude Publica**. 19(3):725-33, 2003.
- CASTILHO, P. M., PEREIRA, M. C., VIZZOTTO, M. Fitoquímicos e atividade antioxidante dos frutos da guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg) em diferentes condições de colheita. In: IV Simpósio Nacional do Morango III Encontro sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul, 2008, Pelotas. **Palestras e resumos IV Simpósio Nacional do Morango III Encontro sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. v.1. p.140 – 140.
- CASTILHO, P. M., PEREIRA, M. C., VIZZOTTO, M. Teores de compostos fenólicos totais, carotenóides, antocianinas e atividade antioxidante em diferentes partes do maracuja nativo (*Passiflora caerulea* L). In: IV Simpósio Nacional do Morango III Encontro sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul, 2008, Pelotas. **Palestras e resumos IV Simpósio Nacional do Morango III Encontro sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. v.1.
- CASTILHO, P. M., PEREIRA, M. C., VIZZOTTO, M. Compostos fenólicos totais e atividade antioxidante de diferentes seleções de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess). In: IV Simpósio Nacional do Morango III Encontro sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul, 2008, Pelotas. **Palestras e resumos IV Simpósio Nacional do Morango III Encontro sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. v.1. p.140 – 140.
- CHEYNIER, V. Polyphenols in foods are more complex than often thought. **Am. J. Clin. Nutr.**, 81(1 Suppl):223S-9S. 2005.
- CONNOR, A. M.; LUBY, J. J.; HANCOCK, J. F.; BERKHEIMER, S.; HANSON, E. J. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 4, p. 893-898, 2002.
- CORRÊA, E. R.; GONÇALVES, E. D.; TREVISAN, R.; ANTUNES, L. E. C. AVALIAÇÃO PÓS-COLHEITA DE ARAÇÁ (*Psidium cattleianum* Sabine). In: **XIII Congresso de Iniciação Científica e VI Encontro de Pós-Graduação**, UFPel, Pelotas, 2004.

- DAMODARAN, S.; PARKIN, K.; FENNEMA, O. R. *Fennema's food chemistry*. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 1144 p., 2008.
- DEOSTRI, J. E. Antioxidant polyphenols in tea, cocoa, and wine. **Nutrition**, 16(7/8):692-694, 2000.
- ECONOMOS, C.; CLAY, W.D. Nutritional and health benefits of citrus fruits. **Food Nutri Agric.**; 24:11-8. 1999.
- EINBOND, L. S.; REYNERTSON, K. A.; LUO, X-D.; BASILE, M. J.; KENNELLY, E. J. Anthocyanin antioxidants from edible fruits. **Food Chemistry**, v.84, p.23-28, 2004.
- ESPÍN, J. C.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Constituyentes bioactivos no-nutricionales de alimentos de origen vegetal y su aplicación em alimentos funcionales. **En: JUAREZ, M.; OLANO, A.; MORAIS, F.; coordinadores. Alimentos fubcionales**. Madrid: RUMAGRAF AS; p. 101-65. 2005
- FARIA, J. P.; ALMEIDA, F.; SILVA, L. C. R. da; VIEIRA, R. F.; TÂNIA da S.; AGOSTINI-COSTA, T. S. da. Caracterização da polpa do coquinho-azedo (*Butia capitata* var *capitata*). **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 30, n. 3, p. 827-829, Setembro 2008.
- FENNEMA, O.R. Química de los alimentos. 2.ed. Zaragoza: Acribia, 1993.
- FRANZON, R. Frutíferas Nativas do Sul do Brasil. 2º Simpósio Nacional do Morango, 1º Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 252-264, 2004.
- FREITAS, D. G. C. Efeito da adição de pectina e frutooligossacarídeo como ingredientes funcionais no suco misto de laranja e cenoura. Campinas. **Dissertação Mestrado em Tecnologia de Alimentos**. – faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), 39p, 2000.
- GAMBURGO, L. J. L. de; MONTEIRO, M. I. B. Singularidades do envelhecimento: reflexões com base em conversas com um idoso institucionalizado. **Interface** (Botucatu) vol.13 n.28 Botucatu Jan./Mar. 2009.
- GRANADA, G. G., ZAMBIAZI, R. C. & MENDONÇA, C. R. B. Abacaxi: produção, mercado e subprodutos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, 22(2), 405-422, 2004.
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. Formation of thiobarbituric-acid-reactive substance from deoxyribose in the presence of iron salts: the role of superoxide and hydroxyl radicals. **FEBS Lett.**, Jun 15;128(2):347–352, 1981.
- HALLIWELL, B. Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life. **Plant. Physiol.**, 141(3):312-22, 2006.
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. The chemistry of free radicals and, related 'reactive species'. **In: Free radicals in biology and medicine**. 3rd ed. Oxford: Clarenton Press; p.36-104., 1999.

- HANNUM, S. M. Potential impact of strawberries on human health: a review of the science. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.**, 44:1-17. 2004.
- HARBORNE, J. B.; WILLIAMS, C. A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v.52, p. 481-504, 2000.
- HOLLMAN, P. C. H.; ARTS, I. C. W. Flavonols, flavones and flavanols – nature, occurrence and dietary burden. **J Sci Food Agr.**, 80:1081-93, 2000.
- HRAZDINA, G.; BORZEL, A. J.; ROBINSON, W. B. Studies on the stability of the anthocyanidin-3,5-diglucosides. **Am. J. Enol. Vitic.**, v. 21, n. 4, p. 201-204, 1970.
- IBRAF. Instituto brasileiro de Frutas, 2010. www.ibraf.org.br
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010 <http://www.ibge.gov.br/home/>
- JACOB, R. A. Vitamin C, p. 467-483. In: M. E Shils, J. A. Olson, M. Shike & A. C. Rosso. **Modern Nutrition in Health and disease**. 7. ed. Willians & Wilkins, Baltimore, p. 1951, 1999.
- JACQUES, A. C.; PERTUZZATI, P. B.; ZAMBIAZI, R. Teor de carotenóides em pequenas frutas. In: **XVI Congresso de Iniciação Científica e IX Encontro de Pós-Graduação**. UFPel, Pelotas, RS.
- KATSUBE, N.; IWASHITA, K.; TSUSHIDA, T.; YAMAKI, K.; KOBORI M. Induction of apoptosis in câncer cells by bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and the anthocyanins. **J. Agric. Food chem.**, V.51, P.68-75, 2003.
- KINUPP, V. F. Plantas alimentícias não-convencionais da região metropolitana de Porto Alegre, RS. **Tese (Doutorado)** – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- KING, A.; YOUNG, G. Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. **J. Am. Diet Assoc.** 99:213-8. 1999.
- KRIS-ETHERTON, P. M.; HECKER, K. D.; BONANOME, A.; COVAL, S. M.; BINKOSKI, A. E; HILPERT, K. F.; *et al.* Bioactive compounds in food: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. **Am. J. Med.**, 113:71s-88s. 2002.
- KROLOW, A. C. R. ; CORREA, A. P. A. ; VIZZOTTO, M. ; CASTILHO, P. M. ; PEREIRA, M. C. Caracterização física e química e quantificação de compostos fenólicos, carotenóides e determinação da atividade antioxidante de frutos de butiá (*Butia capitata*). In: **XXI Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos (XXI CBCTA) e o XV Seminário Latino-Americano e do Caribe de Ciência e Tecnologia de Alimentos (XV SLACCTA)**, Belo Horizonte. 2008.
- LANDRUM, J. T.; BONE, R. A. Lutein, zeaxanthin, and the macular pigment. **Arch. Biochem. Biophys.**, v. 385, n. 1, p. 28-40, 2001.

- LEDIN, R. B. Tropical and subtropical fruits in Florida (other than citrus). **Economic Botany, New York**, v.11, p. 349-376, 1957.
- LIMA, V.L.A.G. de.; MELO, E.A.; LIMA, D.E.S. Armazenamento de pitanga sob atmosfera modificada e refrigeração: i-transformações químicas em pós-colheita. **Scientia Agricola**, v.59, n.3, p.447-450, 2002.
- LIMA, V. L. A. G. de.; MÉLO, E. A.; LIMA, D. E. S. Efeito da luz e da temperatura de congelamento sobre a estabilidade das antocianinas da pitanga roxa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos Campinas**, v.25, n.1, p.92-94, 2005.
- LIU, R. H. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. **J. Nutr.**, 134(12 Suppl): 3479S-3485S, 2004.
- LOPES, A. S.; MATTIETTO, R. A.; MENEZES, H. C. Estabilidade da polpa de pitanga sob congelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.3, p553-559, 2005.
- LORENZI, H; SARTORI, S. F.; BATCHER, L. B.; LACERDA, M. T. C. Frutas Brasileiras e Exóticas Cultivadas. **Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda**, 2006.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; FERREIRA, E. Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas. 3 ed. Nova Odessa: **Instituto Plantarum**, 432p, 2004.
- MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C. JIMÉNEZ, L. "Polyphenols: food sources and bioavailability". **Am. J. Clin. Nutr.**,79, p.727-47, 2004.
- MARIN, R.; APEL, M.A.; LIMBERGER, R.P.; RASEIRA, M. do C.B.; PEREIRA, J.F.M.; ZUANAZZI, J.A.S.; HENRIQUES, A.T. Volatile Components and Antioxidant Activity from some Myrtaceous Fruits cultivated in Southern Brasil. **Latin American Journal of Pharmacy**, v.27, n.2, p. 172-177, 2008.
- MARIN, R. te al. **In Resumos do II Simpósio Nacional do Morango; I encontro de Pequenas Frutas Nativas do Mercosul**, Embrapa Pelotas, p.120-121, 2004.
- MARINOVA, D.; RIBAROVA, F. HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries. **Journal of Food Composition and Analysis**, Davis, v. 20, n. 5, p. 370-374, 2007.
- MARKMAN, B. E. O.; BACCHI, E. M.; KATO, E. T. M. Antiulcerigenic effects of *Campomanesia Xanthocarpa*. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 94, p. 55 – 57, 2004.
- MARTÍNÉZ-NAVARRETE, N.; VIDAL, M. de M. C.; LAHUERTA, J. J. M. Los compuestos bioactivos de las frutas y sus efectos en la salud. **Act Diet**; 12(2):64-8. 2008.

- MELO, E.A.; GUERRA, N.B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Bol. SBCTA**. Campinas: v.36, n. 1, p. 1-11, 2002.
- MÉNDEZ FILHO, J. D.; RODRÍGUEZ, H. G. R. Sobre los beneficios de los radicales libres. **Ver. Med.**, 35(4):309-13, 1997.
- NESS, A. R.; POWLES, J. W. Fruit and vegetables, and cardiovascular disease: a review. **Int. J. Epidemiol.**, v.26, n.1, p.1-13, 1997.
- NOVOA, R. H.; BOJACA, M.; GALVIS, J. A.; FISCHER, G. La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en El comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12C (*Physalis peruviana* L.). **Agron. Colomb.**, 24(1): 77-86, 2006.
- ODHAV, B. BEEKRUM, S.; AKULA, U. S; BAIJNATH, H. 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.
- KRINSKY, N. I. The biological properties of carotenoids. **Pure Appl. Chem.**, 66: 1003-1010, 1994.
- PEREIRA, M. C., CASTILHO, P. M., VIZZOTTO, M. Propriedades funcionais da cerejeira-do -rio-grande (*Eugenia involucrata*). In: IV Simpósio Nacional do Morango III Encontro sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul, 2008, Pelotas. **IV Simpósio Nacional do Morango III Encontro sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul** ., 2008. v.1. p.153.
- PEREIRA, M. C., CASTILHO, P. M., VIZZOTTO, M. Comparação dos teores de compostos fenólicos totais, carotenóides , antocianinas e da atividade antioxidante em araçá vermelho e araçá amarelo (*Psidium cattleianum* Sabine).In: IV Simpósio Nacional do Morango III Encontro sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul, 2008, Pelotas. **IV Simpósio Nacional do Morango III Encontro sobre Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul** ., 2008. v.1.
- POYRAZOGLU, E.; GOKMEN, V.; ARTIK, N. Organic acids and phenolic compounds in pomegranates (*Punica granatum* L.) grown in Turkey. *J Food Comp Anal.*; 15:567-75.2002. QUIRÓS, A. R.; COSTA, H. S. Analysis of carotenoids in vegetable and plasma samples: A review. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 19, p. 97-111, 2006.
- RASEIRA, M. B. Frutas nativas. In: **5º Encontro Nacional sobre frutos nativos**, Salto, 2010.
- RASEIRA, M.C.B.; RASEIRA, A. Contribuição ao estudo do araçazeiro (*Psidium cattleianum*). Pelotas: **EMBRAPA/CPACT**, p. 95, 1996.
- REITZ, R. Palmeiras. In **REITZ, R. (Ed.). Flora Ilustrada Catarinense. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues**, 180 p., 1974.

- RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 20, n. 7, p. 933-956, 1996.
- ROBERFROID, M. Functional food concept and its application to prebiotics. **Digestive and Liver Disease**. v. 34, Suppl. 2, p. 105-10, 2002.
- RAO, A. V.; AGARWAL, S. Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic diseases: A review. **Nutr. Res.**, 19: 305-323, 1999.
- ROSS, J. A.; KASUM, C. M. Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects and safety. **Phis. Res.**, 50:529-35, 2001.
- ROCKENBACH, I. I.; RODRIGUES, E.; CATANEO, C.; GONZAGA, L. V.; LIMA, A.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. ácidos fenólicos e atividade antioxidante em fruto de *Physalis peruviana*. **L. Alim. Nutr.**, Araraquara, v.19, n.3, p. 271-276, 2008.
- RODRIGUES-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. Fontes brasileiras de carotenóides. Tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos. Brasília, 2008.
- SÁNCHEZ-MORENO, C. Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. **Food Science Technology International**, v. 8, n. 3, p. 121-137, 2002.
- SANTOS, M.S. da; CARNEIRO, P.I.B.; WOSIACKI, G.; PETKOWICZ, C.L.O. da; CARNEIRO, E.B.B. Caracterização físico-química, extração e análise de pectinas de frutos de *Campomanesia Xanthocarpa* B. (Gabioba). **Ciênc** n. 1, p. 101-106, jan./mar. 2009.
- SANTOS, C. M. R. DOS, FERREIRA, A. G., & ÁQUILA, M. E. A. Características de frutos e germinação de sementes de seis espécies de Myrtaceae nativas do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, 14(2), 13-20, 2004.
- SCALBERT, A.; WILLIAMSON, G. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. **J. Nutr.**, Bethesda, v. 130, n. 8, p. 2073S-2085S, 2000.
- SCHEINVAR, L. Cactáceae. In: REITZ, R. (Ed.). Flora ilustrada Catarinense. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 384 p., 1985.
- SHAMI, N.; MOREIRA, E. Licopeno como agente antioxidante. **Rev. Nutr.**, v. 17, n. 2, p. 227-236, 2004.
- SIKORA, E.; CIESLIK, E.; LESZCZYNSKA, T.; FILIPIAK-FLORKIWUACZ, A.; PISULEWSKI, P. M. The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing. **Food Chemistry**, London, v. 107, p. 50-55, 2008.
- SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Rev. Nutr.**, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

- SILVA, D. B., SILVA, J. A. da, JUNQUEIRA, N. T. V., ANDRADE, L. R. M. de. Frutas do Cerrado – Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 178p, 2001.
- SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Rev. Nutr.**, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.
- STOCLET, J.C.; CHATAIGNEAU, T.; NDIAYE, M.; OAK, M.H.; BEDOUI, J.E.; CHATAIGNEAU, M.; SCHINI-KERTH, V.B. Vascular protection by dietary polyphenols. **Eur. J. Pharm.**, v.500, p.299-313, 2004.
- STREET, D. A.; COMSTOCK, G. W.; SALKELD, R. M.; SCHUEP, W.; KLAG, M. J. Serum antioxidants and myocardial infarction. **Circulation**, Dalas, v. 90, p. 1154-1161, 1994.
- TOMÁS-BARBERÁN, F.A. Los polifenoles de los alimentos y la salud. **Alim. Nutr. Salud.**,10:41-53. 2003.
- VALDUGA, E.; TATSCH, P. O.; TIGGEMMAN L.; TREICHEL, H.; TONIAZZO, G.; ZENI, J.; DI LUCCIO, M. Produção de carotenóides: microorganismos como fonte de pigmentos naturais. **Quim. Nova**, Vol. 32, No. 9, 2429-2436, 2009.
- VALKO, M.; IZAKOVIC, M.; MAZUR, M.; RHODES, C.; TELSER, J. Role of oxygen radicals in DNA damage and cancer incidence. **J. Mol. Cell Biochem.**, v. 266, n. 1-2, p. 37-56, 2004.
- VIZZOTTO, M.; EMANUELLI, T.; RASEIRA, M.C.B.; GONÇALVES, E.D.; ROCHA, A.B.; REGNER, A.; GRIVICH, I. Antioxidant and anticarcinogenic potential of brazilian native fruit extracts. **In. XX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de alimentos**. Curitiba, Outubro, 2006.
- VIZZOTTO, M.; EMANUELLI, T.; GONÇALVES, E.D.; RASEIRA, M. C. B. Potencial antioxidante de frutas nativas do Brasil. **In. 11 Congresso Nacional de Hortifruticultura e 3 panamericano de promocion del consumo de rutas y hortalizas**. Montevideo, Uruguay, 2007.
- VIZZOTTO, M.; PEREIRA, M. P. Caracterização das propriedades funcionais do jambolão. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento. EMBRAPA CLIMA TEMPRADO**. ISSN 1981 5980, dezembro, 2008.
- VUOTTO, M. L.; BASILE, A.; MOSCATIELLO, V.; DE SOLE, P.; CASTALDO-COBIANCHI, R.; LAGHI, E.; IELPO, M. T. L. Antimicrobial and antioxidant activities of *Feijoa sellowiana* fruit. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v.13, p.197-201, 2000.
- WALADKHANI, A.; CLEMENS, M. R. Effect of dietary phytochemicals on cancer development (review). **Int. J. Molec. Med.**, 1:747-53, 1998.

WANG, S.Y.; LIN, H.-S. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n. 2, p. 140-146, 2000.

WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R.L. **Total antioxidant capacity of fruits**. J. Agric. Food Chem., Washington, v.44, n.3, p.701-705, 1996.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Fruit and vegetable promotion initiative: a meeting report 25-27/08/03**. Geneva; 2003.