



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DE ALIMENTOS**

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E PROPRIEDADES  
FUNCIONAIS DE CULTIVARES DE BATATA-DOCE  
ORGÂNICA *IN NATURA* E PROCESSADOS**

**NATHÁLIA DA ROCHA RODRIGUES**

*Sob a orientação da professora*  
**Dra. Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa**

Dissertação submetida como requisito  
parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Ciência e Tecnologia de  
Alimentos**, no curso de Pós-Graduação  
em Ciência e Tecnologia de Alimentos,  
Área de concentração em Tecnologia  
de Alimentos.

**Seropédica, RJ**  
**Maio de 2014**

664.80522

R696c

T

Rodrigues, Nathália da Rocha, 1989-  
Caracterização físico-química e propriedades  
funcionais de cultivares de batata-doce  
orgânica *in natura* e processados / Nathália da  
Rocha Rodrigues. - 2014.  
119 f.: il.

Orientador: Maria Ivone Martins Jacintho  
Barbosa.

Dissertação (mestrado) Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, Curso de Pós-Graduação  
em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Bibliografia: f. 73-97.

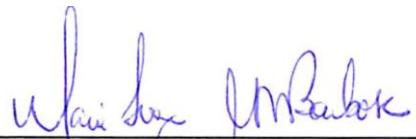
1. Batata-doce - Processamento - Teses. 2.  
Alimentos naturais - Teses. 3. Carotenóides -  
Teses. I. Barbosa, Maria Ivone Martins  
Jacintho, 1977-. II. Universidade Federal Rural  
do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em  
Ciência e Tecnologia de Alimentos. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS

**NATHÁLIA DA ROCHA RODRIGUES**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Área de Concentração em Tecnologia de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 27/02/2014



**Maria Ivone Martins Jacintho Barbosa. Dra., UFRRJ**  
(Orientadora)



**Renata Valeriano Tonon. Ph.D., EMBRAPA**



Tatiana Saldanha. Ph.D., UFRRJ

SEROPÉDICA  
2014

*“... Nunca me deixes esquecer  
Que tudo o que tenho, tudo o que sou  
E o que vier a ser, vem de Ti, Senhor...”*

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à Deus pelo dom da vida. Pela realização de meus sonhos, por me proporcionar momentos maravilhosos ao longo de minha trajetória e por me conceder consolo e abrigo durante os momentos difíceis. Obrigada, Deus, pelo seu amor, por ser meu melhor amigo, pela sabedoria, por nunca me deixar enfraquecer ou desistir. Sem ti, nada seria possível.

À minha família: meus pais, Suzi e Reinaldo, pelo amor da criação que recebi, e meus irmãos Lucas e Leandro, por todo apoio e força. Minha luz, meu chão, minha estrutura... Obrigada por serem anjos iluminados em meu caminho, e por todo incentivo à minha trajetória, por sonharem meus sonhos, por entenderem meus momentos de dificuldade, e segurar na minha mão para enfrentá-los. Um agradecimento especial à minha mãe, que tanto me ajudou com a busca e preparo de minhas amostras.

À minha orientadora, Dra. Maria Ivone... Quero muito agradecer por toda sua paciência, amizade e parceria. Obrigada por cada conselho, cada orientação, cada sugestão, cada palavra de incentivo e apoio. Obrigada por ter confiado este projeto a mim, e por acreditar que eu seria *capaz* de conseguir, mesmo durante os momentos tão difíceis que enfrentei. Obrigada, pois com sua competência, serenidade, humildade e amizade, pude conduzir este trabalho de uma forma mais segura... Me orgulho por poder, como orientada, me espelhar em seu profissionalismo e competência fascinantes.

Aos meus amados padrinhos e tios Fernando e Silvana (*in memorian*). Obrigada porque, enquanto em vida, sempre incentivaram e encorajaram-me, dando-me imenso estímulo e se orgulhando de meus estudos. Aonde eu for, e o que eu fizer, estarei sempre lembrando dos seres maravilhosos que tive o prazer de amar, e lembrarei de cada palavra de incentivo e de força, e por todo amor que me proporcionaram.

A cada um dos meus amigos e meus parentes (em especial meus tios Rose e Roberto, e minha prima Déborah)... Meu muito obrigada por todo incentivo, conselhos, força, orações, ajuda, e pelo orgulho que sentem de mim. Tudo isto é notável, e tem feito grande diferença. Com certeza, minha caminhada sem a amizade de vocês e sem todo esse grande apoio teria sido muito mais difícil. Amo muito a cada um de vocês.

Aos meus colegas de mestrado, foi muito bom nosso tempo junto. Nossas conversas, almoços, risadas, trabalhos, desesperos e desabafos, tornaram os dias mais leves... Em especial à Karen, Junior, Jessica, Fabi, Eliana, Aline, Davy, Dani, Yves, Cássia, Tay, Tati... Pessoas muito queridas que se tornaram grandes amigos. Obrigada pelos conselhos, por me ouvir tantas vezes em que precisei falar, por me dar força com suas palavras de ânimo e perseverança. Sou grata a Deus por suas vidas, e por saber que conquistei um grande tesouro – a amizade de vocês.

Aos meus queridos pastores, Pr. Sérgio Nonato e Pra. Luciana. Deixo aqui minha enorme gratidão por cada momento de luta e de vitória em que estiveram comigo, seja de corpo presente ou através de suas orações. Obrigada, porque são grandes motivadores, intercessores, conselheiros e amigos.

Gostaria de agradecer aos técnicos de laboratório Ivanilda, Juarez, Wanderson e Edilene, que com sua paciência, humildade e disposição, jamais hesitaram partilhar um pouco de seu vasto conhecimento e dispensar seu tempo comigo.

Aos colegas de departamento (DTA/UFRRJ): À querida professora Tatiana Saldanha, que com o brilhantismo de seus conhecimentos e com sua amizade, me ajudou de inúmeras maneiras – Taty, obrigada de coração!!! Ao professor Rômulo, pela liberação do

Laboratório de Fermentações; professora Nathália, pela autorização do uso do Laboratório LETA (UFF, Volta Redonda); professor Lucena, pelas inúmeras idéias, explicações, ajuda, disponibilidade e atenção, em diversos momentos; à doutoranda Kamila, pela ajuda incondicional em meus experimentos – jamais teria conseguido sem sua ajuda!!! À Elga Batista, por toda força e palavras abençoadoras! À estagiária Luiza Mota, por toda ajuda concedida na realização dos experimentos. Ao Marcus Vinicius, muito obrigada pela paciência e ajuda fornecida durante as análises.

Agradeço aos membros da banca, pelas preciosas contribuições prestadas para este trabalho. De igual modo, agradeço ao Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, que me proporcionou a realização de um grande sonho – o mestrado; à CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, e à FAPERJ pelo investimento no projeto. A todos, que direta ou indiretamente, auxiliaram na execução deste projeto, meu agradecimento de coração.

## RESUMO

RODRIGUES, Nathália da Rocha. **Caracterização físico-química e propriedades funcionais de cultivares de batata-doce orgânica *in natura* e processados.** 2014. 119 p. Dissertação (Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

Os alimentos orgânicos têm ganhado cada vez mais espaço entre os consumidores, se destacando, neste contexto, variedades de batata-doce biofortificadas, como as de polpa roxa e alaranjada, ricas em antocianinas e carotenóides, respectivamente, as quais têm despertado interesse da comunidade científica. Estas variedades são alimentos acessíveis, de baixo custo, boa adaptação e grande aceitabilidade, apresentando, ainda, poder corante, composição química e alto valor nutricional. No presente estudo foi avaliada a influência do processamento térmico sobre a composição química e propriedades funcionais de cultivares biofortificados de batata-doce orgânica. Os resultados obtidos demonstraram que compostos bioativos, como carotenóides e antocianinas totais, e os parâmetros de cor, sofreram efeito do processamento térmico, comportamento este relacionado ao emprego de alta temperatura empregada nas etapas de branqueamento e secagem do processo tradicional de obtenção de farinhas. As farinhas de batata-doce de polpa alaranjada, mesmo apresentando perda de vitamina A, apresentando atividade provitamínica A relevante, sendo maior que a Ingestão Diária Recomendável (IDR). A capacidade antioxidante das amostras processadas variou de acordo com o método utilizado. Foi verificado, ainda, que as farinhas orgânicas apresentaram aspectos tecnológicos interessantes, possibilitando-as de serem utilizadas como matérias-primas na elaboração de produtos alimentícios. Além disso, na maior parte das análises, foram observadas diferenças estatísticas entre os lotes, indicando possível influência do tempo de maturação das amostras.

**Palavras-chave:** batata-doce, alimentos orgânicos, carotenóides, antocianinas.

## ABSTRACT

RODRIGUES, Nathalia da Rocha. **Physico-chemical characterization and functional properties of cultivars of sweet potato organic fresh and processed.** 2014. 119 p Dissertation (Master in Science and Technology for food). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

Organic food has been presented increased consumption among consumers, and biofortified sweet potato cultivars, such as purple and orange-fleshed pulp, rich anthocyanins and carotenoids, respectively, have awakening the interest of the scientific community. These varieties have low cost, good adaptability and high acceptability, an interesting chemical composition and high nutritional value. In the present study the influence of processing on the chemical composition and functional properties of biofortified cultivars of organic sweet potatoes was evaluated. The results showed that bioactive compounds such as carotenoids and anthocyanins, and color parameters were affected by processing, which was related to the use of high temperature employed in bleaching and drying steps of the traditional process of obtaining flour. Orange-fleshed sweet potatoes flours, even with loss of contents of vitamin A, still had significant provitamin A activity, exceeding the Dietary Reference Intakes (DRI's). The antioxidant capacity of processed samples brief differences according to the methods. It was also found that the organic flours presented interesting technological properties, allowing to be used as raw materials in the preparation of food products. Moreover, in most analysis, there were differences between batches, indicating a possible influence of aging time.

**Keywords:** biofortified, organic food, carotenoids, anthocyanin.

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Teores médios de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, fibra bruta, amido,<sup>41</sup> acidez e pH das batatas-doces orgânicas de polpa alaranjada (BDPA) e roxa (BDPR) e suas respectivas farinhas, em base seca (b.s.)

**Tabela 2.** Equação resultante da aplicação da regressão linear, linearidade <sup>49</sup> e precisão das curvas de calibração dos açúcares obtidos experimentalmente via cromatografia gasosa

**Tabela 3.** Conteúdo de açúcares ( $\text{mg.g}^{-1}$ ) em BDPA e BDPR orgânicas (*in natura*),<sup>50</sup> em base seca (b.s.).

**Tabela 4.** Teores de carotenóides totais e vitamina A encontrados nas amostras de<sup>53</sup> BDPA *in natura* e suas farinhas, em base seca (b.s.).

**Tabela 5.** Conteúdo de antocianinas monoméricas totais das amostras de BDPR<sup>56</sup> orgânica (*in natura* e farinhas), em base seca (b.s.).

**Tabela 6.** Capacidade antioxidante pelos métodos de DPPH, FRAP e compostos<sup>59</sup> fenólicos totais e % SRL de BDPA e BDPR orgânica, *in natura* e farinha, em base seca (b.s.).

**Tabela 7.** Resultados de L\*, a\*, b\* e  $\Delta E$  das amostras *in natura* e processadas de<sup>64</sup> BDPA e BDPR orgânicas

**Tabela 8.** Rendimento, ISA, IAA, IAG e VI das farinhas orgânicas de BDPA e<sup>67</sup> BDPR, em base seca (b.s.)

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Diferentes variedades de batata-doce de polpa roxa. Fonte: MONTILLA; 13 HILLEBRAND; WINTERHALTER (2010).

**Figura 2.** Estrutura do cátion flavílico. Fonte: MARÇO; POPPI (2008). 14

**Figura 3.** Estrutura geral das antocianinas. Fonte: CASTAÑEDA-OVANDO et al. 15 (2009).

**Figura 4.** Estruturas das antocianidinas comuns (ANANGA et al., 2013). 17

**Figura 5.** Batata-doce de polpa alaranjada. 19

Fonte: <<http://www.nutricaoemfoco.com.br/pt-br/site.php?secao=alimentos>>

**Figura 6.** Fluxograma de elaboração da farinha de batata-doce. Fonte: Adaptado de 27 VIEIRA e SILVA (2010).

**Figura 7.** (A) Batata-doce de polpa roxa após branqueamento; (B) Farinha de 28 batata-doce de polpa roxa orgânica; (C) Farinha de batata-doce de polpa alaranjada; (D) Farinhas acondicionadas em embalagens plásticas.

**Figura 8.** Extratos obtidos para realização da análise de açúcares. 31

**Figura 9.** Curva de calibração feita com solução padrão de Trolox para análise de 34 determinação de capacidade antioxidante pelo método de DPPH.

**Figura 10.** Curva padrão de Trolox para análise de determinação de capacidade 35 antioxidante pelo método de FRAP.

**Figura 11.** Curva de calibração do padrão ácido gálico. 36

**Figura 12.** Amostras de farinhas orgânicas de BDPR sendo submetidas à 37 determinação de cor em espectrofotômetro.

**Figura 13.** Cromatograma de uma das amostras *in natura* de batata-doce de polpa alaranjada (BDPA) orgânica, obtido na análise de determinação de açúcares por cromatografia gasosa. 51

**Figura 14.** Cromatograma de uma das amostras de farinha orgânica de batata-doce de polpa alaranjada (BDPA), obtido por cromatografia gasosa. 52

**Figura 15.** Percentual de adequação diária de vitamina A para crianças, adultos e gestantes em relação ao consumo de uma porção de 100g de BDPA orgânica *in natura* e suas farinhas, com base na média dos teores de vitamina A entre os lotes 1 e 2. 55

**Figura 16.** % Médio de SRL (sequestro de radicais livres) das amostras *in natura* e farinha de BDPA (batata-doce de polpa alaranjada) e BDPR (batata-doce de polpa roxa) orgânicas. 60

## **LISTA DE QUADROS**

**Quadro 1.** Informação nutricional da farinha de batata-doce de polpa alaranjada 48 orgânica

**Quadro 2.** Informação nutricional da farinha de batata-doce de polpa roxa 48 orgânica

## LISTA DE ABREVIATURAS

AMT	antocianinas monoméricas totais
ANOVA	análise de variância
A MIA	atividade provitamínica A
ATP	adenosina trifosfato
RDPA	batata-doce de polpa alaranjada
BDPR	batata-doce de polpa roxa
b.s.	base seca
CG	Centro Internacional da batata
CIP	cromatografia gasosa
DNA	<i>desoxirribonucleic acid</i> , ou ácido desoxirribonucleico
DPPH	difenil-picril-hidrazil
DTA	Departamento de Tecnologia de Alimentos
DVA	deficiência de vitamina A
EDTA	<i>ethylenediamine tetraacetic acid</i> , ou ácido etilenodiaminotetracético
EAG	equivalente ao ácido gálico
EAR	equivalente de atividade de retinol
EOR	espécies de oxigênio reativo
ER	equivalente de retinol
ET	equivalente ao Trolox
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i> , ou Organização dos Alimentos e Agricultura
FT	fenólicos totais
FID	<i>fire ionization detector</i> , ou detector de ionização de chama
FRAP	<i>Ferric Reducing Antioxidant Power</i> , ou poder antioxidante de redução do ferro
g	Gramas
ha	hectare
H2	Hidrogênio
HCl	ácido clorídrico
HSCCC	<i>high-speed counter current chromatography</i> , ou cromatografia em contracorrente de alta velocidade
IAA	índice de absorção de água

IAG	índice de absorção de gordura
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDA	ingestão diária aceitável
IDR	ingestão diária recomendada
INIA	Instituto Nacional de Investimento Agronômico
IOM	<i>Institute of Medicine</i> , ou Instituto de Medicina
ISA	índice de solubilidade em água
Kcal	Quilocalorias
kg	quilogramas
LETA	Laboratório de Engenharia e Tecnologia Agroindustrial
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
mg	Miligramas
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	carbonato de sódio
NaOH	hidróxido de sódio
NOP	<i>National Organic Program</i> , ou Programa Nacional de Orgânicos
OMS	Organização Mundial da Saúde
pH	potencial hidrogeniônico
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
rpm	rotações por minuto
SRL	sequestro de radicais livres
SBRT	Sistema Brasileiro de Resposta Técnica
t	Tonelada
TACO	tabela de composição dos alimentos
UV	Ultravioleta
VD	valor diário
VET	valor energético total
VI	volume de intumescimento
WHO	<i>World Health Organization</i> , ou Organização Mundial da Saúde
µg	Microgramas
µm	Micrômetros
µM	Micromolar

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>01</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>03</b>
2.1. Objetivo geral	03
2.2. Objetivos específicos	03
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>04</b>
3.1. Alimento orgânico	04
3.1.1. O consumo de alimentos orgânicos	06
3.1.2. Razões para o consumo de alimentos orgânicos	07
3.2. A cultura da batata-doce	08
3.2.1. Valor nutricional e funcional da batata-doce	11
3.3. Batata-doce de polpa roxa (BDPR)	12
3.3.1. Antocianinas	14
3.3.1.1. Estrutura química	15
3.3.2. Propriedades funcionais	17
3.4. Batata-doce de polpa alaranjada (BDPA)	19
3.4.1. Vitamina A e o consumo da BDPA	21
3.4.2. Carotenóides	22
3.4.2.1. Estrutura química	22
3.4.2.2. Poder corante e antioxidante	23
3.5. Processamento de farinha a partir de batata-doce	25
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>27</b>
4.1. Material	27
4.2. Métodos	27
4.2.1. Obtenção das farinhas de batata-doce de polpa alaranjada e roxa	27

4.2.2. Determinação da composição centesimal e caracterização físico-química dos rizomas de batata-doce orgânica de polpa roxa (BDPR) e alaranjada (BDPA) <i>in natura</i> e de suas farinhas	29
4.2.2.1. Determinação da composição centesimal e química das BDPR e BDPA <i>in natura</i> e de suas farinhas	29
4.2.2.2. Informações nutricionais das farinhas orgânicas de BDPR e BDPA	30
4.2.2.3. Análises Cromatográficas	30
4.2.2.3.1. Determinação do perfil de açúcares por cromatografia gasosa/FID nos rizomas de BDPR e BDPA <i>in natura</i> e em suas farinhas	30
4.2.2.3.1.1. Extração	30
4.2.2.3.1.2. Identificação e quantificação dos açúcares por cromatografia gasosa	31
4.2.2.4. Determinação de fitoquímicos e propriedades funcionais das amostras <i>in natura</i> e nas farinhas de batata-doce orgânica de polpa alaranjada (BDPA) e roxa (BDPR)	32
4.2.2.4.1. Determinação do teor de carotenóides totais	32
4.2.2.4.2. Determinação de vitamina A nas amostras <i>in natura</i> e nas farinhas de BDPA	32
4.2.2.4.3. Determinação do teor de antocianinas monoméricas totais nas amostras <i>in natura</i> e nas farinhas de BDPR	32
4.2.2.4.4. Determinação da capacidade antioxidante das amostras <i>in natura</i> e das farinhas de batata-doce orgânicas de polpa alaranjada (BDPA) e roxa (BDPR)	33
4.2.2.4.4.1. Preparo dos extratos	33
4.2.2.4.4.2. Método de DPPH	34
4.2.2.4.4.3. Método de FRAP	34
4.2.2.4.4.4. Determinação de compostos fenólicos totais	35
4.2.2.5. Análise instrumental de cor das batatas-doce <i>in natura</i> e de suas farinhas	36
4.2.2.6. Análises pertinentes às farinhas orgânicas	37
4.2.2.6.1. Caracterização físico-química das farinhas de batata-doce de polpa roxa e alaranjada orgânicas	37
4.2.2.6.2. Rendimento das farinhas	37
4.2.2.6.3. Índice de absorção de água (IAA)	38
4.2.2.6.4. índice de solubilidade em água (ISA)	38
4.2.2.6.5. índice de absorção de gordura (IAG)	38
4.2.2.6.6. Determinação do volume de intumescimento (VI)	39
4.2.3. Análise estatística	39

<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>40</b>
5.1. Determinação de composição centesimal e química de BDPA e BDPR orgânicas	40
5.2. Informações nutricionais das farinhas orgânicas de BDPA e BDPR.	48
5.3. Análises cromatográficas	49
5.3.1. Determinação do perfil de açúcares	49
5.4. Determinação de fitoquímicos e propriedades funcionais das amostras <i>in natura</i> e nas farinhas de batata-doce orgânica de polpa alaranjada (BDPA) e roxa (BDPR)	53
5.4.1. Determinação do teor de β-caroteno e atividade provitamínica A	53
5.4.2. Determinação do teor de antocianinas monoméricas totais	55
5.4.3. Determinação da capacidade antioxidante das amostras <i>in natura</i> e das farinhas de BDPA e BDPR	58
5.5. Análise instrumental de cor de batatas-doce <i>in natura</i> e de suas farinhas	66
5.6. Análises pertinentes às farinhas orgânicas (rendimento, ISA, IAA, IAG, VI)	67
<b>6. CONCLUSÕES</b>	<b>70</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>73</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>98</b>
ANEXO A	99
ANEXO B	100
ANEXO C	101
ANEXO D	102

## 1. INTRODUÇÃO

A agricultura orgânica tem se expandido rapidamente nos últimos anos, o que estimula o desenvolvimento de pesquisas acerca da compreensão da demanda dos consumidores por alimentos orgânicos. Esse aumento do consumo não está diretamente relacionado com o valor nutricional dos alimentos, mas aos diversos significados que lhes são atribuídos pelos consumidores. Tais significados variam desde a busca por uma alimentação individual mais saudável, de melhor qualidade e sabor, até a preocupação ecológica de melhoria ou preservação da saúde ambiental.

Orgânico é um termo de rotulagem que indica que os alimentos são produzidos atendendo às normas da produção orgânica e que estão certificados por uma estrutura ou autoridade de certificação devidamente constituída (BORGUINI; TORRES, 2006). A agricultura orgânica se baseia no emprego mínimo de insumos externos. No entanto, devido à contaminação ambiental generalizada, as práticas de agricultura orgânica não podem garantir a ausência total de resíduos (BORGUINI; TORRES, 2006).

Produtos vegetais orgânicos são considerados mais saudáveis, mais seguros e ambientalmente mais amigáveis do que suas contrapartes convencionais, fatores estes que têm aumentado significativamente a demanda dos consumidores pelos mesmos, o número de produtores orgânicos e a área de cultivo biológico (LAURSEN et al., 2013; MONDELAERS; VERBEKE; VAN HUYLENBROECK, 2009).

No contexto dos alimentos orgânicos, muita atenção tem sido dada aos alimentos funcionais, dentre os quais destacam-se os alimentos-fonte de compostos pigmentados bioativos e antioxidantes. As batatas-doce biofortificadas de polpa colorida têm sido desenvolvidas com o objetivo de aumentar o aporte de determinados nutrientes como é o caso da batata-doce de polpa alaranjada e de polpa roxa, por exemplo.

A batata-doce (*Ipomoea batatas*) é uma hortaliça de grande importância social e econômica vislumbrando-se sua participação efetiva no suprimento de alimentos. Além disso constitui-se numa excelente alternativa para alimentação animal e para a agroindústria, sendo, ainda, considerada um alimento rico nutricionalmente (PENG et al., 2013). As raízes constituem a fonte mais popular de energia, minerais e vitaminas, principalmente para os consumidores de baixa renda, sendo uma das tuberosas mais populares do Brasil, e considerada como o sexto principal tubérculo (SHIH; KUO; CHIANG, 2009).

A cultivares de batata-doce de polpa roxa e laranja contêm grandes quantidades de antocianinas e j-caroteno, respectivamente (AINA et al., 2009; MANO et al., 2007; OKI et al., 2002), sendo de interesse para incorporação em alimentos saudáveis, pois estes compostos são considerados popularmente como antioxidantes naturais (AINA et al., 2009). Além disso, a batata-doce é rica em fibras, minerais, vitaminas e outros antioxidantes, tais como ácidos fenólicos (TEOW et al., 2007). Além de atuar como antioxidantes, carotenóides e compostos fenólicos também fornecem cores diferenciadas às batatas-doce (polpa creme, amarela, laranja e roxa) (MAOKA et al., 2007; TEOW et al., 2007).

Este tubérculo contêm altos níveis de compostos fenólicos, e por esta razão, apresenta potencial para utilização como um alimento funcional para melhorar a saúde humana (JUNG et al., 2011). Além disso, sua capacidade antioxidante é atribuída à presença de fitoquímicos, tais como ácido ascórbico, antocianinas e β-caroteno (RUMBADA; CORNAGO; GERÔNIMO, 2009).

No Brasil, a produção anual de batata-doce (*Ipomoea batatas*) é de aproximadamente 500.000 toneladas em uma área plantada estimada de 48.000 hectares, o que o caracteriza como principal produtor da raiz no continente latino-americano (FAO, 2007).

A batata doce pode ser transformada em farinha e fatias secas, as quais apresentam maior vida de prateleira, características de estabilidade melhoradas e disponibilidade durante todo o ano (AINA et al., 2009; BENGSSON et al., 2008). A farinha é utilizada como um agente espessante em sopas, molhos, lanches fabricados e produtos de panificação (AINA et al., 2009).

Para promover o consumo da batata-doce em alguns países, tem sido focado o desenvolvimento de novas utilizações, principalmente para elaborar alimentos ricos em bioativos a partir da batata-doce (SHIH; KUO; CHIANG, 2009). Seleções artificiais de batata-doce, bem como a ocorrência de híbridos e mutações naturais, têm resultado na existência de um grande número de cultivares, os quais diferem em muitas das suas propriedades, que vão desde a aparência física e textura do tubérculo até propriedades de estrutura e função do amido (AINA et al., 2009).

Com base nestas informações, o objetivo deste trabalho é avaliar a composição química e os efeitos de processamento sobre a presença de fitoquímicos e propriedades funcionais de variedades biofortificadas de batata-doce orgânica de polpa alaranjada e roxa, bem como avaliar os parâmetros tecnológicos das farinhas elaboradas para avaliar suas possíveis aplicações na indústria de alimentos.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Determinar as características físico-químicas, nutricionais e funcionais de variedades de batata-doce de polpa roxa e alaranjada *in natura* e de suas farinhas orgânicas, avaliando os efeitos de processamento.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar variedades de batata-doce de polpa roxa e alaranjada orgânicas em relação às características físico-químicas (composição centesimal, teor de amido, teor de fibra bruta, perfil de açúcares, e determinação de cor) e presença de compostos funcionais (determinação do teor de carotenóides e antocianinas totais, determinação do teor de vitamina A, determinação da capacidade antioxidante e de compostos fenólicos totais);
- Elaborar farinhas com as diferentes cultivares de batata-doce orgânica;
- Avaliar o rendimento para a produção de farinha das diferentes cultivares de batata doce orgânica;
- Avaliar as farinhas orgânicas elaboradas quanto aos efeitos de processamento em relação às características físico-químicas (composição centesimal, teor de amido, teor de fibra bruta, perfil de açúcares, e determinação de cor) e presença de compostos funcionais (determinação do teor de carotenóides e antocianinas totais, determinação do teor de vitamina A, determinação da capacidade antioxidante e de compostos fenólicos totais);
- Avaliar a aplicabilidade das farinhas elaboradas por meio da investigação de determinadas propriedades tecnológicas (índice de absorção e solubilidade em água, índice de absorção de gordura e volume de intumescimento).

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Alimentos Orgânicos

Os consumidores cada vez mais criticam a globalização da produção agrícola e as consequências econômicas, ambientais e sociais do comércio, respondendo a esta tendência com o seu comportamento de compra e preferindo produtos que foram produzidos respeitando as normas éticas específicas (ZANDER; HAMM, 2010).

Nas últimas décadas, o uso indiscriminado de agrotóxicos na produção de alimentos vem causando preocupação em diversas partes do mundo. A crítica ao modelo de agricultura vigente cresce à medida que estudos comprovam que os agrotóxicos contaminam os alimentos e o meio ambiente, causando danos à saúde. Dentro deste contexto, tem aumentado progressivamente a procura por alimentos produzidos de forma orgânica, isto é, livres de fertilizantes químicos, antibióticos, hormônios e outras drogas usualmente utilizadas (ARCHANJO; BRITO; SAUERRECK, 2001).

Na última década, o mercado de alimentos tem apresentado uma tendência a fornecer produtos mais saudáveis, devido às diversas preocupações a respeito de diversos problemas de saúde (ASCHEMANN-WITZEL; MAROSCHECK; HAMM, 2013).

A reação contra a prática da adubação química na agricultura surgiu na Europa ainda no início do século XX, quando alguns “movimentos rebeldes” valorizavam o uso de matéria orgânica e outras práticas agrícolas favoráveis aos processos biológicos. Esses movimentos, porém, ficaram por muitos anos à margem da produção agrícola mundial e suas práticas sequer foram validadas pela comunidade científica (EHLERS, 1996). A agricultura orgânica, apesar de ter suas origens em postulados apresentados por Sir Albert Howard no início do século XX (HOWARD, 1947), que pouco diferem da definição de agroecologia, quando se apresenta como uma prática agrícola voltada para o mercado de uma forma abrangente, em que agricultor e consumidor deixam de ter um contato próximo, estabelece uma ruptura entre o produto em si e a forma como este é produzido. Isto ocorre à medida que a motivação para o consumo de produtos da agricultura orgânica, conforme observaram Assis et al. (19956) e Cerveira e Castro (1999), é função, basicamente, da possibilidade de benefícios à saúde inerentes ao produto em si, sendo a questão fundamental não conter agrotóxicos associadas à forma de produção, apontadas como motivação secundária para o consumo.

De acordo com Torjusen et al. (2001), a agricultura orgânica tem sido praticada desde a década de 20, inicialmente como uma resposta ao processo de industrialização da agricultura, marcado pela tecnificação. Com relação às metas da agricultura orgânica, as mais relevantes para os consumidores são: a não utilização de pesticidas e fertilizantes químicos sintéticos, de organismos geneticamente modificados, de estimulantes de crescimento sintéticos e de antibióticos, além do uso restrito de aditivos em alimentos processados.

Nas últimas duas décadas, o crescimento da consciência ambiental em combinação com preocupações sobre alimento seguro têm levado as pessoas a questionarem as modernas práticas agrícolas. Isso se refletiu em um aumento na demanda por produtos orgânicos, o que é percebido como menos prejudicial para o ambiente e por ser mais saudável do que alimentos cultivados convencionalmente (SABA; MESSINA, 2003). Enquanto muitos consumidores já ouviram falar sobre o termo e estão conscientes das suas características centrais – ou seja, de que tais alimentos são livres de produtos químicos – a maioria não está

familiarizada com as normas e práticas da agricultura biológica (HUGHNER et al., 2007). Em geral, os consumidores de alimentos orgânicos são do sexo feminino, têm crianças residindo em casa e são mais velhos. Curiosamente, consumidores mais jovens têm apresentado atitudes positivas em relação aos alimentos cultivados organicamente (FOOD MARKETING INSTITUTE, 2001; HUGHNER et al., 2007).

Os sistemas de produção orgânica se baseiam em normas de produção específicas, cuja finalidade é obter ecossistemas ótimos, contemplando os aspectos sociais, ecológicos e econômicos e que sejam sustentáveis (BORGUINI; SILVA, 2005). A fim de regulamentar as atividades desenvolvidas no setor, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabeleceu, pela Lei n 10.831, de 23 de dezembro de 2003, as normas disciplinares para produção, tipificação, processamento, envase, distribuição, identificação e certificação da qualidade de produtos orgânicos, sejam eles de origem animal ou vegetal.

Segundo Fonseca (2000), para os objetivos de mercado, uma restrita definição de agricultura orgânica é utilizada para proteger tanto o agricultor quanto o consumidor, acrescentando que padrões orgânicos estipulam a proibição do uso de alguns insumos e ditam uma gama de práticas a serem seguidas.

De acordo com a já citada Lei Federal nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, considera-se sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que são adotadas técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade ecológica e econômica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2003).

A produção orgânica, de acordo com o NOP (National Organic Program), é um sistema de produção gerido em conformidade com a lei e os regulamentos, no intuito de responder às condições específicas do local através da integração de práticas culturais, biológicas e mecânicas que promovam ciclismo de recursos, equilíbrio ecológico e conservação da biodiversidade (OTA, 2007).

“Orgânico” é um termo de rotulagem que se refere aos produtos agrícolas produzidos em conformidade com a Lei de Produção de Alimentos Orgânicos e Regulamentos do NOP (National Organic Program). As principais diretrizes para a produção orgânica são o uso de materiais e práticas que melhoram o equilíbrio ecológico dos sistemas naturais e que integram as partes do sistema de cultivo em práticas agrícolas. As práticas agrícolas orgânicas não podem garantir que os produtos sejam completamente livres de resíduos. No entanto, métodos são utilizados para minimizar a poluição do ar, solo e água (OTA, 2007). Além disso, os manipuladores de alimentos orgânicos, processadores e varejistas, aderem aos padrões que mantêm a integridade dos produtos agrícolas orgânicos (OTA, 1985).

A agricultura orgânica destaca-se pelo respeito ao meio ambiente e à humanidade, pois é tida como agricultura sustentável. Há considerável redução da dependência do comércio e da indústria. Sendo assim, está inserida no processo de desenvolvimento local, abrindo portas para o pequeno agricultor neste mundo globalizado. (MOMESSO; ROEL; FAVARO, 2009).

Sistemas de cultivo orgânico diferem principalmente de seus homólogos convencionais pela proibição do uso de pesticidas e fertilizantes nitrogenados produzidos

sinteticamente. Ao invés disso, o controle biológico de pragas, seleção de cultivares e diferentes rotações de culturas, incluindo extenso uso de plantas fixadoras de N<sub>2</sub>, são utilizados em conjunto com adubos orgânicos como esterco animal, composto ou adubos verdes (National Organic Program, NOP, USDA, o Regulamento do Conselho Europeu, EC n° 834/2007 e Comissão do Regulamento, EC n° 889/2008) (LAURSEN et al., 2013).

A crescente importância do orgânico no setor alimentar é provavelmente um resultado de maior interesse, tanto na saúde e dieta mais saudável quanto na segurança do meio ambiente (ZANOLI; GAMBELLI; VAIRO, 2012; PUGLIESE et ah, 2013).

“Alimentos saudáveis” e “comida verde” são muitas vezes tratados como diferentes conceitos no mercado. No entanto, fornecer um alimento saudável tem sido um dos objetivos do setor orgânico (IFOAM, 2012). Para os consumidores regulares de alimentos orgânicos, o consumo dos mesmos faz parte de um modo de vida. “É o resultado de uma ideologia, ligada a um sistema de valor particular, que afeta as medidas de personalidade, atitudes e comportamento de consumo” (SCHIFFERSTEIN; OPHUIS, 1998). Cicia et al. (2002), afirma, ainda, que o consumo de alimentos orgânicos é muitas vezes relacionado com uma alternativa de vida que inclui ambientalismo ativo, vegetarianismo, e/ou medicina alternativa.

### **3.1.1. O consumo de alimentos orgânicos**

O mercado de orgânicos está crescendo, e tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, sendo freqüentemente considerado como um dos maiores mercados em crescimento na indústria alimentar (HUGHNER et ah, 2007). Mesmo com uma participação ainda pequena no mercado agropecuário brasileiro, a produção de orgânicos tem evoluído fortemente, de acordo com Flores, 2011. O faturamento dos fornecedores desses alimentos, em 2010, foi de cerca de R\$ 500 milhões de acordo com a estimativa da Associação Brasileira de Orgânicos (BRASILBIO), que engloba os produtores, processadores e certificadores de orgânicos, valor este correspondente a apenas 0,2% dos R\$ 255,3 bilhões registrados pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), como referentes ao valor bruto de toda a produção do setor agropecuário como um todo, em 2009. Em contrapartida, o mercado dos alimentos orgânicos cresce mais que o mercado tradicional (FLORES, 2011).

A demanda em todo o mundo por alimentos orgânicos, cresce acima de 30% ao ano e, no Brasil, cresce até 40%, de acordo com a Associação Brasileira de Orgânicos (FLORES, 2011). Em maio de 2011, existiam cerca de 9,7 mil produtores orgânicos cadastrados no Ministério da Agricultura (BRITO, 2011).

A Alemanha, um dos mercados orgânicos mais importantes na Europa (BRAVO et al., 2013; SAHOTA, 2009), teve um aumento no volume de vendas de 4,60 para 5,80 bilhões de euros entre 2006 e 2009 (BRAVO et al., 2013). O mercado de alimentos orgânicos europeu está emergindo de sua fase de pioneirismo. A demanda por alimentos orgânicos na União Européia e na América do Norte, os dois principais mercados de alimentos orgânicos, quase dobrou na última década (ZANOLI; GAMBELLI; VAIRO, 2012).

A venda de alimentos orgânicos nos Estados Unidos revela aumento de 20% ao ano. A procura de alimentos orgânicos é também expressiva nos países europeus, devido à conscientização da população sobre os riscos da presença de resíduos químicos nos alimentos. A abertura do mercado brasileiro para produtos orgânicos é recente. Apoiado pela mídia e com a ampla aceitação pela população a demanda vem mostrando, desde 1990, crescimento de cerca de 10 a 20% ao ano. Há uma expansão da oferta, antes restrita às feiras

de produtos orgânicos, com o efetivo envolvimento das grandes redes varejistas. O surgimento de associações, cooperativas e empresas distribuidoras de produtos orgânicos, vem permitindo maior oferta desse tipo de alimento, na maioria das cidades do país (BORGUINI; SILVA, 2005).

Têm sido observados sinais que evidenciam uma mudança de hábito alimentar entre os brasileiros, na direção de uma maior demanda por produtos orgânicos. A julgar pela presença dos orgânicos nas gôndolas de supermercados, estima-se que exista um potencial de mercado de expressiva magnitude para estes produtos. Tais observações, por si mesmas, chamam a atenção para o potencial deste novo nicho de consumo e pare a necessidade da implementação de análises sobre o tema (BORGUINI; TORRES, 2006).

### **3.1.2. Razões para o consumo de alimentos orgânicos**

Muitos dos estudos sobre consumo de alimentos orgânicos têm considerado os fatores que motivam a compra dos mesmos e o perfil de seus consumidores. Pesquisas que relacionam atitudes do consumidor para com os alimentos orgânicos indicaram que o consumo dos mesmos está relacionado com a perda da confiança na qualidade dos alimentos convencionais e uma preocupação crescente com a saúde. A preocupação pública sobre saúde parece ser a principal razão para a compra de alimentos orgânicos (ANDERSEN, 2011; MAKATOUNI, 2002; O'DONOVAN; McCARTHY, 2002; SABA; MESSINA, 2003; SOLER et al., 2002). Os consumidores compram alimentos orgânicos devido ao seu desejo de evitar produtos químicos usados na produção de alimentos convencionais (HUGHNER et al., 2007), estando os pesticidas associados com efeitos desconhecidos sobre a saúde a longo prazo (HUGHNER et al., 2007; SABA; MESSINA, 2003).

Alguns estudos reportam que os consumidores acreditam que alimentos orgânicos sejam mais nutritivos (HILL; LYNCHHEAUN, 2002; JOLLY, 1991). De acordo com um estudo realizado por Saba e Messina (2003), os entrevistados concordaram, em média, que frutas e legumes orgânicos eram saudáveis, ambientalmente amigáveis, e mais saborosos e nutritivos do que os alimentos cultivados convencionalmente.

Outra razão para o consumo de orgânicos é o fato de serem considerados mais saborosos (HUANG, 1996; SCHIFFERSTEIN; OPHUIS, 1998). No entanto, este conceito não é válido para todas as categorias de alimentos orgânicos, apesar de os consumidores perceberem melhores características sensoriais dos mesmos em relação às alternativas convencionais (HUGHNER et al., 2007). Resultados obtidos em outro estudo, realizado por Borguini e Silva (2005), demonstraram que existem diferenças relativas à qualidade de tomates produzidos pelos cultivos orgânico e convencional quando são considerados atributos como o sabor e o aspecto geral, sendo os cultivares produzidos pelo cultivo convencional avaliados como superiores com relação ao atributo sabor.

A preocupação ambiental também é um outro fator que direciona a preferência de consumidores por alimentos orgânicos (RODDY et al., 1996.; SOLER et al., 2002), uma vez que produtos químicos e pesticidas utilizados na agricultura convencional são vistos como prejudiciais para o ambiente (HUGHNER et al., 2007).

Segundo HUGHNER et al. (2007), a preocupação com a segurança alimentar também tem sido identificada como um motivo para a compra de alimentos orgânicos. De acordo com estes autores, existe grande preocupação por parte dos consumidores em relação à surtos de BSE (doença da vaca louca), febre aftosa, salmonela, e *Escherichia coli* 0157 (ORGANIC CONSUMERS ASSOCIATION, 2001).

A preocupação com o bem-estar animal em sistemas orgânicos de produção também motiva os compradores de orgânicos, embora em menor grau, quando comparada às questões de saúde e ambientais (HUGHNER et al., 2007; ANDERSEN, 2011).

Os consumidores compram alimentos orgânicos porque acreditam na alta qualidade do produto. Eles estão dispostos a pagar por um plus' esperado em produtos orgânicos e pela qualidade do processo (KAHL et al., 2012). No entanto, a qualidade dos alimentos orgânicos ainda precisa ser mais desenvolvida; conceitos, definições e métodos de avaliação podem mudar durante este desenvolvimento (KAHL et al., 2012).

No Brasil, embora “a agricultura orgânica ainda seja pouco expressiva quando comparada aos países desenvolvidos, sua relevância é crescente, seguindo tendência observada em outros países, em especial na Europa” (MAZZOLENI; NOGUEIRA, 2006, p. 263). De acordo com Blanc (2009), a expansão do setor orgânico no país, é vista como uma alavanca para a emancipação social dos pequenos agricultores familiares, o que depende, em certa medida, do comprometimento de consumidores, pois, à medida que a competição no mercado regional de orgânicos toma-se mais acirrada, o desenvolvimento de cadeias varejistas envolvendo consumidores ‘comprometidos’, junto a uma ampla integração de agricultores regionais em redes de militância orgânica, parece ser crucial.

### **3.2. A cultura da batata-doce**

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é uma das principais culturas de alimentos em países em desenvolvimento, sendo consumida principalmente como raízes cozidas. A batata-doce é também vulgarmente processada em fatias secas e farinha, como forma de preservar as raízes para uso doméstico durante o período de entressafra (BENGSSON et al., 2008).

A batata-doce é uma dicotiledônea pertencente à família Convolvaceae, e originária da América tropical. A batata doce foi trazida da Europa por Colombo, e subsequentemente introduzida na África e Ásia por comerciantes portugueses e espanhóis (ABEGUNDE et al., 2013). Esta hortaliça tem grande importância econômica, podendo adaptar-se com sucesso em uma variedade de habitats, incluindo as regiões marginais. É uma grande e grossa raiz comestível de uma planta tropical de família trepadeira, no qual existem cerca de 50 gêneros e mais de 1000 espécies (AINA et al., 2009).

Segundo o *International Potato Center* (Centro Internacional da Batata – CIP) (2006) a batata-doce está entre as culturas de maior importância do mundo. Com uma produção anual superior a 133 milhões de toneladas, ela ocupa o quinto lugar, depois do arroz, trigo, milho, e mandioca, entre as culturas com maior peso fresco em países em desenvolvimento. A batata-doce é cultivada em mais de 100 países em desenvolvimento, sendo encontrada entre as cinco principais culturas produzidas em mais de 50 destes países.

Em Papua Nova Guiné, e em outras partes da Ásia, muitos tipos de batata-doce são geneticamente distintas dos tipos encontrados em suas áreas de origem. Alguns pesquisadores acreditam que exploradores europeus levaram a cultura da batata-doce para o sudoeste do Pacífico, durante a conquista espanhola da América Latina, enquanto outros consideram que, muito antes disto, o cultivo da batata-doce era deslocado de toda a ilha para a ilha do Pacífico, sendo as raízes levadas em barcos pelos povos indígenas (CIP, 2006).

De acordo com dados da FAO (2010), a batata-doce é considerada uma hortaliça de estimável valor nutritivo, sendo atualmente um alimento consumido em quase todo mundo, cerca de 111 países, sendo que aproximadamente 90% da produção é obtida na Ásia, apenas

5% na África e 5% no restante do mundo. Apenas 2% da produção se concentra em países industrializados como os Estados Unidos e Japão.

A batata-doce é o quarto maior alimento colhido na China, com uma produção anual de 120 milhões de toneladas. A China responde por 90% da produção mundial de batata doce com uma produção de 117 milhões de toneladas (JUNG et al., 2011). Sua produção é de grande importância na economia chinesa, apresentando características tais como grande rendimento e boa adaptação (ABEGUNDE et al., 2013). Além das raízes, populações indígenas na África e no Japão também consomem folhas cozidas de batata doce como fonte de proteínas na dieta (FAILLA; THAKKAR; KIM, 2009).

A maior parte da produção mundial de batata-doce (98,6%) concentra-se em países em desenvolvimento onde, em virtude do nível de tecnologia empregado, a produtividade média está bem abaixo do potencial para a cultura, que pode ser superior a 40 t e, onde níveis de 25 a 30 t. ha<sup>-1</sup> podem ser facilmente obtidos em 4 a 5 meses de cultivo, com tecnologia minimamente apropriada (JUNIOR et al., 2012).

Quase a metade das batatas-doce produzidas na Ásia são utilizadas para a alimentação animal, sendo o restante principalmente utilizado para consumo humano (RUMBAOA; CORNAGO; GERONIMO, 2009). Na África do Sul, a batata-doce é uma segurança alimentar popular das famílias e da cultura tradicional, tendo sido introduzida na época da colonização do Cabo da Boa Esperança por Jan van Riebeeck. A batata de polpa alaranjada contém altos níveis de pró-vitamina A, sendo de grande importância para deficiência de vitamina A, um problema nacional de saúde pública (LAURIE et al., 2013, FAILLA; THAKKAR; KIM, 2009). Além disso, é reportada como sendo importante para a segurança nutricional e economia da Nigéria e outros países Africanos (ODONGO et al., 2002; UKPABI; EKELEDO, 2009).

No Brasil, a batata-doce é a quarta hortaliça mais consumida (FONSECA et al., 2008; IBGE, 2012), onde foram produzidos em 2010, 495,2 mil toneladas em 41.999 ha, com produtividade média de 11,8 t. ha<sup>-1</sup> de raízes (IBGE, 2012). O Rio Grande do Sul é o estado com a maior área plantada (12.600 ha), com uma produção de 154.071 toneladas e rendimento médio de 12,5 t. ha<sup>-1</sup>. No estado de Minas Gerais foram produzidas em 2010, 37.632 t de batata-doce, com área cultivada de 2.330 ha e rendimento médio de 16,2 t. ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2012).

No ano agrícola de 2011, a lavoura temporária de batata-doce movimentou, no Estado do Paraná, R\$ 26.049.000,00 em uma área colhida de 2.546 hectares, o que produziu 45.102 toneladas da raiz tuberosa. Para efeitos de comparação, os dados da produção brasileira no mesmo ano (2011), foram de 544.820 toneladas em uma área colhida de 43.843 hectares, resultando no valor da produção em R\$ 354.375.000,00 (IBGE, 2011).

Além de ser uma cultura rústica, de fácil manejo e adaptada aos sistemas de baixo nível tecnológico de pequenas propriedades de agricultura familiar, de hortas escolares e comunitárias, permite a colheita prolongada (ALVES et al., 2012; K'OSANBO et al., 1998). Quanto ao desenvolvimento da planta, apresenta crescimento e cultivo relativamente fácil, é relativamente livre de pragas e doenças, rusticidade, ampla adaptação a diferentes tipos de solo e clima, alta tolerância à seca e baixo custo de produção tem relativamente alto rendimento, e é sempre uma boa fonte de carboidratos (FONSECA et al., 2008; JUNIOR et al., 2012; OKI et al., 2006). Pode ser empregada na alimentação humana e animal e como matéria-prima nas indústrias de alimentos, produção de amido, tecidos, papel, cosméticos, preparação de adesivos e álcool carburante (JÚNIOR et al., 2012; OKI et al., 2006).

Suas folhas podem ser cordiformes, lanceoladas e recortadas, com pecíolos bastante desenvolvidos. As flores são hermafroditas, de coloração lilás ou arroxeadas, porém, auto estéreis, o que favorece a fecundação cruzada artificial e, portanto, a obtenção de sementes

de interesse dos melhoristas (EDMOND; AMMERMAN, 1971). De acordo com Queiroga et al. (2007), durante o crescimento anual da planta de batata-doce são identificadas três fases fisiológicas: a primeira em que predomina o desenvolvimento da parte aérea, embora aí sejam formadas as raízes absorventes e as aptas à tuberização, a segunda em que ocorre os crescimentos radical (tuberização) e vegetativo e a terceira em que prevalece a tuberização.

A época de colheita é bastante curta, levando cerca de 3 a 5 meses (JANGCHUD; PHIMOLSIRIPOL; HARUTHAITHANASAN, 2003), devendo ser cultivada em locais que apresentem água o suficiente para suportar seu crescimento (ABEGUNDE et al., 2013), sendo uma hortaliça tuberosa cultivada em todo território brasileiro e de natureza bastante rústica, de ampla adaptação, tolerante à seca e de fácil cultivo (QUEIROGA et al., 2007), podendo ser cultivada em solos tropicais e em regiões quentes, onde não há água suficiente para apoiar o seu crescimento. Devido à sua tolerância à seca, a batata doce é chamada de cultura de clima quente (FONSECA et al., 2008).

A batata-doce é uma cultura versátil com múltiplas utilizações. Pode ser utilizada como um substituinte do arroz e do milho, além de ser uma fonte potencial de matéria prima para usos industriais e iguarias (FONSECA et al., 2008). São mais comumente consumidas frescas (assada, cozida, ou cozida no vapor) ou transformadas em uma variedade de sobremesas, lanches e produtos congelados e enlatados. O uso comercial da farinha de batata-doce e amido tem sido limitado, apesar de agregar valor econômico aos mesmos (JANGCHUD; PHIMOLSIRIPOL; HARUTHAITHANASAN, 2003). Além disso, suas raízes e seus derivados têm sido extensivamente utilizados na produção de amido para biscoitos, produtos de panificação e de confeitoria, snacks, álcool e xarope de amido (ABEGUNDE et al., 2013).

Industrialmente, a batata-doce pode ser utilizada na obtenção de farinhas e amidos para mercados locais de exportação. A farinha é utilizada na elaboração de produtos fermentados, tais como molho de soja e álcool (FONSECA et al., 2008) e na formulação de produtos extrudados (IWE et al., 1998), devido ao seu alto valor nutricional. Outras formas de consumo são cozida no vapor, assada, frita, cristalizada, em conserva, congelada, desidratada osmoticamente, entre outros (OSUNDAHUNSI et al., 2003).

A qualidade das raízes de batata-doce é muito afetada por enzimas ativas (polifenol oxidase, por exemplo). Logo, tratamentos químicos (metabisulfito de sódio, hidróxido de sódio, tratamentos com ácido cítrico, por exemplo) e hidrotérmicos (curto branqueamento) são comumente usados durante o processamento para preservar e manter a qualidade das farinhas e amidos (JANGCHUD; PHIMOLSIRIPOL; HARUTHAITHANASAN, 2003).

As hortaliças de pequena escala, como a batata-doce, geralmente são cultivadas com pouco uso de tecnologia e sem orientação profissional, o que acaba gerando um produto de baixa qualidade e produtividade. A batata-doce é um bom exemplo disso, pois é cultivada por famílias rurais, em pequenas propriedades, em conjunto com diversas outras culturas, visando principalmente a subsistência. Como a espécie tem melhor adaptação em áreas tropicais, onde vive a maior parte da população pobre, constitui-se em um alimento de bom conteúdo nutricional para as famílias e de grande importância na alimentação dos animais da propriedade (CAMARGO, 2013).

### 3.2.1. Valor nutricional e funcional da batata-doce

A utilização da batata-doce pelo seu valor nutricional e como uma fonte de antioxidantes naturais, representa uma oportunidade para incentivar o aumento de seu consumo (RUMBAOA; CORNAGO; GERONIMO, 2009).

Em geral, as raízes e rizomas de tubérculos são fontes de amido, contendo de 70 a 80% de água, 16 a 24% de amido, e pouco menos de 4% de proteínas e lipídeos, além de traços de minerais e vitaminas (ABEGUNDE et al., 2013; TEOW et al., 2007), juntamente com outros componentes, tais como fibras, pectina,  $\beta$ -caroteno e vitamina C (SUN et al., 2012).

De acordo com Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011), desenvolvida pela Unicamp, a batata-doce apresenta teores de 69,5% de umidade, 1,3% de proteínas, 0,1% de lipídeos, 28,2% de carboidratos e 0,9% de cinzas.

O alto teor de fibras presente na batata-doce, cerca de 2,5% (IBGE, 2011) a torna um alimento funcional importante na prevenção de doenças cardiovasculares, hiperlipidemias e hipertensão (SHIH; KUO; CHIANG, 2009; TEOW et al., 2007).

De acordo com Luengo et al. (2000), a composição de micronutrientes da batata-doce (em 100 g), constitui teores médios de 295 mg de potássio, 43 mg de sódio, 10 mg de magnésio, 0,35 mg de zinco, 0,28 mg de cobre, 0,2 mg de vitamina A (retinol), 300 mg de vitamina B (tiamina), 55 mg de vitamina C (ácido ascórbico) e 30 mg de vitamina B5 (niacina).

Não somente as raízes tuberosas da batata-doce podem ser aproveitadas na alimentação humana, mas as folhas também. Em países africanos, por exemplo, as folhas são consumidas em grande escala e são fonte de proteínas, glicídios, cálcio, fósforo, ferro e vitaminas A e C (XIAODING, 1995). As folhas de batata-doce superam em teores de proteínas até mesmo o feijão, uma das principais fontes protéicas da população brasileira de baixa renda, e não apresentam compostos tóxicos, como os compostos cianogênicos, por exemplo (GONÇALVES NETO, 2010).

Apesar de ser muito nutritiva, a batata-doce ainda é pouco consumida no Brasil, onde seu consumo per capita é de  $2,75 \text{ kg.ano}^{-1}.\text{habitante}^{-1}$ , se comparado a alguns países da África, como Ruanda e Uganda, que consomem  $160$  e  $95 \text{ kg.ano}^{-1}.\text{habitante}^{-1}$ , respectivamente (CIP, 2006).

Nos últimos anos, diversos trabalhos têm indicado que os fitoquímicos presentes em batata-doce apresentam capacidade antioxidante ou sequestradora de radicais livres (KANO et al., 2000; OKI et al., 2002; RUMBAOA; CORNAGO; GERONIMO, 2009; TEOW et al., 2007), relacionados, principalmente, ao alto conteúdo de compostos fenólicos que apresentam (RUMBAOA; CORNAGO; GERONIMO, 2009; SHIH; KUO; CHIANG, 2009; TEOW et al., 2007), e outros, como  $\alpha$ -tocoferol,  $\beta$ -caroteno e ácido ascórbico (RUMBAOA; CORNAGO; GERONIMO, 2009; TEOW et al., 2007). Estes compostos exercem diversas funções de promoção da saúde em humanos (SUDA et al., 2003; TEOW et al., 2007).

A batata-doce de polpa vermelha (cultivada na região dos Andes), por exemplo, apresenta maior atividade antioxidante e maior conteúdo de compostos fenólicos, comparada à *blueberry*, uma fruta com altos níveis de antioxidantes (CEVALLOS-CASALS; CISNEROS-ZEVALLOS, 2003; TEOW et al., 2007). Um estudo realizado por Rumbaoa, Cornago & Geronimo (2009), concluiu que os extratos de batata-doce apresentaram melhor atividade sequestradora de radicais, e maior inibição da oxidação quando comparados ao  $\alpha$ -tocoferol e melhor capacidade quelante de ferro do que o EDTA, enfatizando esta matriz

alimentícia como uma alternativa viável do uso como fonte de antioxidantes.

Além de atuarem como antioxidantes, os carotenóides e compostos fenólicos (antocianinas) conferem cores diferenciadas às batatas-doce (TEOW et al., 2007). Um estudo realizado por Teow et al. (2007), demonstrou que a intensidade da cor das batatas-doce está associada com elevada atividade antioxidante.

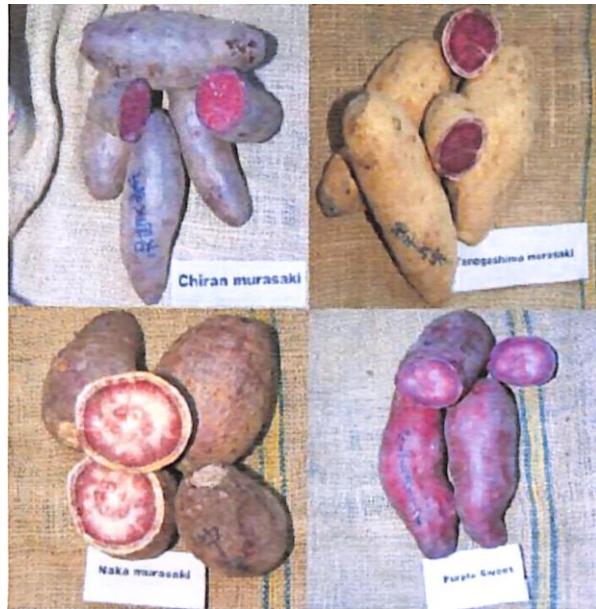
Um estudo realizado por Oki et al. (2002), identificou os ácidos fenólicos clorogênico, isoclorogênico e cinâmico, e as antocianinas cianidina e peonidina agliconas como compostos fenólicos presentes em batata-doce. O ácido hidroxicinâmico é o principal antioxidante fenólico em diversas variedades de batata-doce disponíveis comercialmente (PHILLPOT et al., 2003). Um estudo realizado por Hayase e Kato (1984) demonstrou, a partir de um extrato metanólico a 70% de batata doce, que a mesma apresentou alta atividade antioxidant, e identificou os principais componentes fenólicos do extrato, a saber, o ácido clorogênico e isoclorogênico.

A polpa de batata-doce alaranjada pode apresentar potencial para prevenir e combater a deficiência de vitamina A, assim como reportado por um estudo Sul-Africano com escolares, onde o consumo de polpa de batata doce laranja cozida e seu purê melhoraram o perfil de vitamina A dos consumidores (JAARSVELD et al., 2006).

Algumas variedades de batata-doce, especialmente batata-doce de polpa alaranjada (BDPA), contêm quantidades significativas de  $\beta$ -caroteno, amido, fibras, minerais, vitaminas (especialmente vitaminas C, B6 e folato), bem como antioxidantes, tais como os ácidos fenólicos, antocianinas e tocoferol (WIJ et al., 2008).

### **3.3. Batata-doce de polpa roxa (BDPR)**

A batata-doce de polpa roxa tem sido amplamente cultivada no mundo, atualmente. Assim como outros alimento de origem vegetal, a BDPR (Figura 1) acumula uma grande variedade de metabólitos secundários, incluindo ácidos fenólicos, antocianinas e glicoalcalóides (EICHHORN; WINTERHALTER, 2005; HE et al., 2012), sendo considerada um alimento funcional (HWANG et al., 2011c).



**Figura 1.** Diferentes variedades de batata-doce de polpa roxa (MONTILLA; HILLEBRAND; WINTERHALTER, 2010).

Suas raízes tuberosas amiláceas são alimentos amplamente utilizados. Determinar seus metabólitos secundários é importante, a fim de melhor compreender a ingestão destas substâncias por seres humanos. Entre todos os metabólitos secundários, as antocianinas têm atraído grande atenção devido às suas várias atividades biológicas (HE et al., 2012).

Nas últimas décadas, houve um interesse crescente no potencial farmacológico de produtos naturais, tais como as antocianinas (HWANG et al., 2011a). Recentemente, a coloração da batata-doce de polpa roxa (BDPR), que é promovida pela antocianina (um pigmento natural) e reportada como detentora de uma cor única, tem recebido uma grande atenção devido ao seu exclusivo poder corante e benefícios nutricionais e promotores de saúde (GODA et al., 1997; HWANG et al., 2011c; TERAHARA et al., 2004; TIAN et al., 2005; ZHANG et al., 2012). A cor da batata-doce roxa é mais estável do que muitos outros pigmentos, sendo fisiologicamente conhecida como um fator funcional. A batata-doce roxa apresenta, ainda, uma variedade de propriedades farmacológicas, incluindo fortes efeitos antioxidantes, antiinflamatórios e neuroprotetores, dentre outros (ZHANG et al., 2012; HWANG et al., 2011 a).

As folhas de batata-doce roxa, comumente consumidas em alguns países asiáticos, também são ricas em compostos polifenólicos, como o ácido cafeico, o ácido clorogênico, e antocianinas (CHEN et al., 2011).

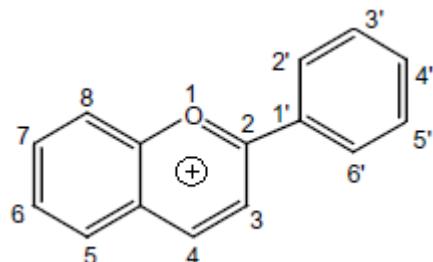
Na década passada, cultivares de BDPR foram produzidos principalmente no Japão, Coréia ou Nova Zelândia, e novas variedades com alto teor de antocianinas tem sido desenvolvidas (MONTILLA; HILLEBRAND; WINTERHALTER, 2010). A batata-doce de polpa roxa com mais altos teores de antocianinas é a de cultivar *Ayamurasaki*, desenvolvida no Japão por seleção de tubérculos (KANO et al., 2005).

Recentemente, a BDPR tem recebido muita atenção por causa de sua cor única, valor nutricional, e seu papel na saúde (CHOI et al., 2011), apresentando diversas variedades comerciais, as quais podem variar com o tamanho da raiz, forma, textura, cor e sabor (MONTILLA; HILLEBRAND; WINTERHALTER, 2010).

A BDPR tem sido matéria-prima para a elaboração de bebidas, como sucos e néctares comercialmente disponíveis para efeitos benéficos à saúde (TRUONG et al., 2012; WANG et al., 2012), e como corante natural (PENG et al., 2013). A coloração própria, sabor e valor nutricional, além da espessura das farinhas elaboradas a partir deste tubérculo, o tornam um aditivo ideal para sopas, molhos, alimentos infantis e produtos de panificação (PENG et al., 2013).

### 3.3.1. Antocianinas

As antocianinas (do grego *anthos* = flores e *kyanos* = azul) são pigmentos responsáveis pelas cores rosa, vermelho, roxo, violeta e azul das flores, hortaliças, frutos e produtos alimentícios derivados dos mesmos, sendo consideradas o maior grupo de pigmentos hidrossolúveis do reino vegetal. Pertencem à classe dos flavonoides, compostos fenólicos cuja unidade estrutural básica é o cátion flavílico (Figura 2), que consiste de dois anéis aromáticos unidos por uma unidade de três carbonos e condensado por um oxigênio (MARKAKIS, 1982).



**Figura 2.** Estrutura do cátion flavílico (MARÇO e POPPI, 2008).

Como exemplos de fontes comestíveis de antocianinas com coloração desejável, destacam-se os rabanetes, batata vermelha, repolho roxo, cenoura preta, milho roxo e batata-doce roxa (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010), sendo amplamente distribuídos nas frutas, feijões, grãos, cereais, vegetais e vinhos (SUDA et al., 2002). Além disto, estes compostos também estão presentes em plantas ornamentais (CHOI et al., 2011; HWANG et al., 2011 a; TIAN et al., 2005; ZHANG et al., 2009).

A BDPR contém um elevado nível de antocianinas, em comparação com as de polpa branca, amarela e laranja, e os conteúdos diferem de acordo com as variedades (FAN et al., 2008). Este alimento é uma boa fonte de antocianinas aciladas com ácidos aromáticos (AHMED et al., 2010), e sua intensa coloração roxa característica é fornecida por um acúmulo de formas mono e diaciladas de antocianidinas peonidina e cianidina (AHMED et al., 2010; PHILLPOT et al., 2003; STEED et al., 2008; STEED & TRUONG, 2008).

As antocianinas fornecem cores que variam do rosa-salmão ao vermelho, e violeta à preto (JIE et al., 2013; TORSKANGEPOL; ANDERSEN, 2005), e são responsáveis pelas cores azul, vermelho e roxo de muitas frutas e vegetais (CHOI et al., 2011; CLIFFORD, 2000; HOSSEINIAN; LI; BETA, 2008; TIAN et al., 2005; ZHANG et al., 2009), tendo sido utilizados para substituir os pigmentos sintéticos devido à sua cor atraente e funcionalidade fisiológica. As antocianinas também possuem propriedades farmacológicas conhecidas e são utilizadas por seres humanos para fins terapêuticos (FAN et al., 2008), além de desempenhar um papel crítico na qualidade da cor de vários frutos frescos e processados. Os interesses e

motivos para o uso frequente desses corantes são os potenciais efeitos benéficos para a saúde (CLIFFORD, 2000). É bem conhecido que as propriedades das antocianinas, incluindo expressão de cor, são altamente influenciadas pela estrutura da antocianina e pH, etc. (TORSKANGEPOLE; ANDERSEN, 2005).

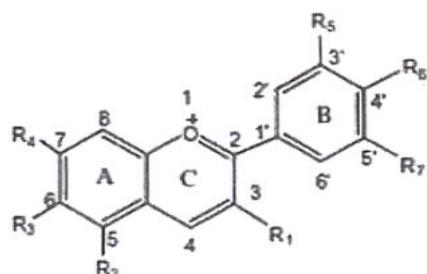
Alguns estudos sugerem que as antocianinas principais da batata-doce roxa por administração por via oral podem ser absorvidos no plasma de ambos os ratos e humanos, e a recuperação de antocianinas na urina é estimada como 0,01-0,03% (HARADA et al., 2004; OKI et al., 2006).

### 3.3.1.1. Estrutura química

Os compostos fenólicos compreendem um grande grupo de substâncias orgânicas, sendo os flavonóides um importante subgrupo. O subgrupo flavonóide contém as antocianinas, um dos grupos de pigmentos de maior distribuição no reino vegetal (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

As antocianinas (Figura 3) pertencem ao grupo dos flavonóides devido à sua estrutura de esqueleto carbônico C<sub>6</sub>C<sub>3</sub>C<sub>6</sub>. Elas diferem no número de grupos hidroxila e/ou nos grupos metoxi presentes, tipos, números, sítios de ligação dos açúcares na molécula e tipos e números de ácidos alifáticos ou aromáticos que estão ligados aos açúcares da molécula (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

A estrutura básica das antocianinas é mostrada na Figura 5, que inclui o C-6 (anel-A), C-3 (anel-C), C-6 (anel-B). Os anéis A e C formam o anel cromano, que é uma contribuição adicional para o aromaticidade do composto (PRIOR; WU, 2006; HOSSEINIAN; LI; BETA, 2006).



**Figura 3.** Estrutura geral das antocianinas (CASTAÑEDA-OVANDO et al., 2009).

Flavonóis, flavonas e flavanonas são algumas classes adicionais de flavonóides que diferem no seu estado de oxidação a partir das antocianinas. Mais de 600 tipos de antocianinas foram isoladas da natureza (ANDERSEN; JORDHEIN, 2006; HOSSEINIAN; LI; BETA, 2008; PASCUAL-TERESA; MORENO; GARCIA-VIGUERA, 2010), sendo cianidina, delfinidina, malvidina, peonidina, pelargonidina, e petunidina antocianinas prevalentes, encontradas em frutas e vegetais. A cianidina é a antocianina mais comum (aglicona), seguida de delfinidina, peonidina, pelargonidina, petunidina e malvidina. A delfinidina é conhecida por ser responsável pela cor azulada, enquanto cianidina e pelargonidina são responsáveis pela coloração roxa e vermelha (HOSSEINIAN; LI; BETA, 2008).

Foi estabelecido experimentalmente que o anel de antocianinas é sintetizado por via

do ácido malônico de condensação de três moléculas de malonil-CoA, enquanto que o anel B é sintetizado por via ácido chiquímico (GARZÓN, 2008). A maior parte da variação estrutural se dá pela substituição glicosídica nas posições 3 e 5 e eventual acilação de resíduos de açúcar com ácidos orgânicos. As antocianinas prestam-se a sistemática identificação, como os componentes antocianidinas, açúcares e ácidos de acilação, os quais podem ser liberados por hidrólise ácida e subsequentemente identificação por meio de procedimentos cromatográficos. A saponificação de antocianinas adiadas irá produzir os glicosídeos de antocianinas e ácidos acilantes para posterior identificação (DANDENA; LEIMANE, 2009).

As antocianinas podem ser separadas da BDPR por várias técnicas de separação, tais como cromatografia em papel, cromatografia em camada fina, e cromatografia de permeação em gel, por exemplo. No entanto, estes métodos são procedimentos mais complexos, de pobre reproduzibilidade, e resultam em adsorção irreversível e desnaturação de compostos alvo, e, assim, não são adequados para preparação do ingrediente natural em grande escala. A cromatografia contra-corrente de alta velocidade (HSCCC) é um método de partição líquido-líquido que não envolve adsorventes sólidos e evita, assim, a adsorção irreversível de amostras. Além disso, é simples e altamente reproduzível, tendo grande capacidade de carregamento da amostra (YING et al., 2011).

Antocianinas aciladas são tipicamente encontradas em alguns alimentos de origem vegetal, como *blueberries*, cebola roxa e batata. Acilação pelo ácido fenólico parece estar relacionada com a estabilização das antocianinas no ambiente ácido da célula seiva (RIIHINEN, 2005).

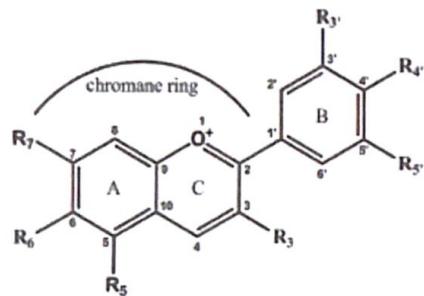
A antocianina é um glicosídeo formado de uma aglicona chamada antocianidina e um resíduo de açúcar (DANDENA; LEIMANE, 2009). A antocianina, após a perda de um açúcar por hidrólise ácida, é chamada de antocianidina ou aglicona (OLIVEIRA, 2001), sendo considerada a estrutura básica das antocianinas, consistindo de um anel aromático [A] ligado a um anel heterocíclico [C], que contém oxigênio, que também é ligado por uma ligação carbono-carbono a um terceiro anel aromático [B] (KONCZAK; ZHANG, 2004). Quando as antocianidinas são encontradas na sua forma de glicosídeo (acopladas a uma porção de açúcar) eles são conhecidos como antocianinas (CASTAÑEDA-OVANDO et al., 2009; DANDENA; LEIMANE, 2009). Os possíveis resíduos de açúcares são D-glucose, D-galactose, L-ramnose, a L-arabinose e D-xilose, os quais estão envolvidos na formação de monoglicosídeos, onde um resíduo de açúcar é quase sempre localizado no grupo hidroxilo C-3. (DANDENA; LEIMANE, 2009; HOSSEINIAN; LI; BETA, 2008; PHILLPOT et al., 2003).

As seis antocianidinas mais comuns são a cianidina, delfnidina, peonidina, pelargonidina, petunidina e malvidina, em ordem decrescente de ocorrência. As antocianidinas ocorrem mais comumente sob forma de O-glicosídeos (DANDENA; LEIMANE, 2009). As antocianinas em BDPR são formas mono ou di aciladas de cianidina e peonidina (FAN et al., 2008).

Um estudo realizado por Fan et al. (2008) analisou antocianinas extraídas de BDPR fermentada, sendo constatado que mais de 80,7% das antocianinas eram aciladas, e que cianidina e peonidina foram as principais antocianidinas presentes.

Como açúcares podem ser acoplados em diferentes locais, e diversos açúcares estão presentes em plantas, uma gama muito grande de antocianinas podem ser formadas (FOOD-INFO, 2011). Embora haja relatos de 23 antocianidinas existentes (ANDERSEN; JORDHEIN, 2006), apenas 6 são comuns em plantas vasculares (CLIFFORD, 2000), a saber, pelargonidina (12%), cianidina (50%), peonidina (12%), delfnidina, petunidina (7%)

e malvidina (7%), diferindo em número e posição de  $\text{CH}_3\text{O}-$ e  $\text{OH}$ -grupos no anel B (Figura 4) (KONG et al., 2003). A presença dos derivados 3-glicosídeo é de 2,5 vezes mais freqüente do que o 3,5-diglucosídeos, e a antocianina mais comum é a Cy-3-glicosídeo (KONG et al., 2003).



- |   |                   |   |
|---|-------------------|---|
| 1 | Pelargonidin (Pg) | $R_3=OH$ ; $R_5=OH$ ; $R_6=H$ ; $R_7=OH$ ; $R_3=H$ ; $R_4=OH$ ; $R_5=H$     |
| 2 | Cyanidin (Cy)     | $R_3=OH$ ; $R_5=OH$ ; $R_6=H$ ; $R_7=OH$ ; $R_3=OH$ ; $R_4=OH$ ; $R_5=H$    |
| 3 | Delphinidin (Dp)  | $R_3=OH$ ; $R_5=OH$ ; $R_6=H$ ; $R_7=OH$ ; $R_3=OH$ ; $R_4=OH$ ; $R_5=OH$   |
| 4 | Peonidin (Pn)     | $R_3=OH$ ; $R_5=OH$ ; $R_6=H$ ; $R_7=OH$ ; $R_3=OMe$ ; $R_4=OH$ ; $R_5=H$   |
| 5 | Petunidin (Pt)    | $R_3=OH$ ; $R_5=OH$ ; $R_6=H$ ; $R_7=OH$ ; $R_3=OMe$ ; $R_4=OH$ ; $R_5=OH$  |
| 6 | Malvidin (Mv)     | $R_3=OH$ ; $R_5=OH$ ; $R_6=H$ ; $R_7=OH$ ; $R_3=OMe$ ; $R_4=OH$ ; $R_5=OMe$ |

**Figura 4.** Estrutura das antocianidinas comuns (ANANGA et al., 2013).

### 3.3.2. Propriedades funcionais

Alguns relatórios sobre questões de saúde implicam que uma dieta rica em frutas e legumes coloridos é o escape nutricional em uma sociedade atormentada por problemas tais como a aterosclerose, obesidade e câncer (HWANG et al., 2011 c). Antocianinas encontradas em várias partes das plantas têm recebido recentemente atenção por suas diferentes funções fisiológicas, dentre as quais destacam-se capacidade antioxidante e anticarcinogênica (YOSHIMOTO et al., 2001).

No passado, os alimentos e preparações ricas em antocianinas atraíram a atenção por promoverem benefícios à saúde, reduzindo o risco de doenças cardiovasculares e prevenindo doenças crônicas (SUDA et al., 2002). Um estudo realizado por TEOW et al. (2007), demonstrou que a intensidade da cor roxa de batatas-doce tende a estar associada com alta capacidade antioxidante, e que este alimento seria uma saudável escolha para os consumidores, por ser uma fonte potencial de corantes alimentares naturais considerados funcionais (TIAN et al., 2005).

Steed e Truong (2008), em seu estudo, demonstraram que as BDPR's apresentam componentes fenólicos em níveis competitivos com outros produtos alimentares conhecidos como boas fontes de antioxidantes. Foi demonstrado, ainda, que BDPR crua e cozida no vapor apresentou alto teor de compostos fenólicos e antocianinas. Pesquisas recentes sobre as propriedades nutracêuticas da BDPR indicam que os extratos de antocianinas exibem forte atividade sequestradora de radicais livres (OKI et al., 2002; STEED; TRUONG, 2008; TRUONG et al., 2012; YING et al., 2011), até mesmo em relação a outros alimentos (repolho vermelho, casca de uva, sabugueiro e milho roxo) e ácido ascórbico (KANO et al., 2005). Apresenta ainda, capacidade antioxidant *in vitro* e *in vivo* (CHOI et al., 2011; HOSSEINIAN; LI; BETA, 2008; KANO et al., 2005; MANO et al., 2007; SUDA et al., 2002; ZHANG et al., 2009; ZHANG et al., 2010; WANG et al., 2012; YING et al., 2011;

YOSHIMOTO et al., 2001), podendo, por estas razões, ser reconhecida como uma candidata adequada para o desenvolvimento de fatores fisiologicamente funcionais (ZHANG et al., 2010).

As antocianinas estão presentes em quase todas as plantas altas e têm sido relatadas por exibirem várias outras funções fisiológicas, tais como, atividade antimutagênica (AHMED et al., 2010; STEED; TRUONG, 2008; SUDA et al., 2002; TRUONG et al., 2012; WANG et al., 2012; YING et al., 2011), antiinflamatórias (CHOI et al., 2011; HOSSEINIAN; LI; BETA, 2008; STEED; TRUONG, 2008; ZHANG et al., 2009), antibacteriana (STEED; TRUONG, 2008; TRUONG et al., 2012; YENG et al., 2011), anti-asmática (PARK et al., 2007) e anti-agregação plaquetária (HOSSEINIAN; LI; BETA, 2008; KANO et al., 2005).

Estes compostos apresentam atividades anticarcinogênicas (AHMED et al., 2010; WANG et al., 2012; ZHANG et al., 2009) e são utilizados, ainda, para combater a doença coronária do coração, sendo um suplemento dietético para a prevenção e tratamento de desordens metabólicas, em especial, obesidade, ganho de peso, as síndromes de resistência à insulina, diabetes, hiperlipidemia de jejum e osteoartrite (HWANG et al., 2011 c; TSUDA et al., 2003). Por estas razões, são consideradas antidiabéticas (YING et al., 2011), hipotensora, hipoglicemiante (MANO et al., 2007), Além disso, as antocianinas têm demonstrado efeitos sobre, detoxificação de enzimas e sistema imune (HOSSEINIAN; LI; BETA, 2008). Outros estudos, demonstram propriedades anti-tumorais, através do bloqueamento do crescimento das células pré-malignas (SHIH et al., 2005).

As antocianinas são capazes de atuar, ainda, em diferentes células envolvidas no desenvolvimento de aterosclerose (GARCIA-ALONSO et al., 2009). Além disso, apresentam efeito sobre a distribuição do colesterol, protegendo as células endoteliais a partir da sinalização CD 40 pró-inflamatórias induzidas (XIA et al., 2007).

Muitos estudos indicam que as antocianinas de BDPR podem exercer efeitos hepatoprotetores em homens saudáveis (KANO et al., 2005). Em estudos anteriores, verificou-se que a BDPR apresentou efeitos hepatoprotetores devido às suas propriedades antioxidantes e antiinflamatórias (OKI et al., 2002; ZHANG et al., 2009). É bem conhecido que o stress oxidativo pode levar à apoptose, e a apoptose contribui para a lesão hepática aguda e até mesmo lesão hepática crônica (GUICCIARDI; GORES, 2005; ZHANG et al., 2010). Apoptose é um fenômeno de morte celular programada, rigidamente controlado por expressões genéticas decorrentes da interação célula e meio externo, levando a célula a alterações morfológicas características desse tipo de morte (ANAZETTI; MELO, 2007; GRIVICICH; REGNER; ROCHA, 2007).

Existe uma evidência crescente de que as antocianinas de BDPR podem proteger o fígado de lesões induzidas por hepatotoxinas (HAN et al., 2007a; ZHANG et al., 2009) e podem contribuir para a recuperação de danos no fígado (YING et al., 2011). Existe também a hipótese de que a BDPR pode desempenhar um papel importante no bloqueio da resistência à insulina hepática (ZHANG et al., 2012). As antocianinas de BDPR também têm se destacado por apresentar funções fisiológicas como redução de injúrias induzidas por tetracloreto de carbono em ratos e em humanos (YOSHIMOTO et al., 2001).

Com relação às antocianinas aciladas, estudos prévios constataram sua maior termoestabilidade e atividade antioxidante e antimutagênica (TIAN et al., 2005).

Futuros estudos devem se concentrar em antocianinas geralmente consumidas, a fim de examinar os efeitos dose-resposta, e avaliar os desfechos clinicamente relevantes (HOOPER et al., 2008). Devido ao fato de as antocianinas exibirem uma gama de atividades biológicas, a contribuição dessas substâncias para a promoção da saúde está sob efeitos de

investigações atuais em muitos estudos. Para esses efeitos, grandes quantidades de antocianinas purificadas estão envolvidas em experimentos *in vivo* e *in vitro* (EICHHORN; WINTERHALTER, 2005).

As antocianinas foram aprovadas para uso em alimentos com base em dados toxicológicos muito limitados. O Comitê Misto da FAO/OMS de peritos em aditivos alimentares (*Joint FAO/OMS Expert Committee of Foods Additives - JECFA*), realizou uma revisão limitada dos dados toxicológicos, incluindo dados sobre mutagenicidade, toxicidade reprodutiva e teratogenicidade, e concluiu que os extratos de antocianinas são de muito baixo nível de toxicidade. Os únicos efeitos negativos observados foram redução do peso de alguns órgãos (fígado, adrenal e tireóide) e redução do peso corporal, associados a consumos energéticos reduzidos (baseados em extrato da casca da uva, que contém 3% antocianinas, incorporados a 15% da dieta). Em 1982, uma ingestão diária aceitável (IDA) de 0-2,5 mg. kg<sup>-1</sup> (para antocianinas presentes em uma preparação com casca de uva, na concentração de 3%) foi calculada, se traduzindo em um consumo de 150-175 mg por dia para um adulto de 60-70 kg (KONG et al., 2003).

Muitas pesquisas sugerem que as principais antocianinas de BDPR, quando administradas via oral, podem ser absorvidas tanto em plasma de ratos quanto de humanos, e a recuperação das antocianinas na urina é estimada em 0,01% -0,03% (HARADA et al., 2004; OKI et al., 2006.). Diversos estudos demonstraram que a BDPR apresenta uma boa biodisponibilidade quando ingerida por animais. Por exemplo, o consumo de BDPR aumenta a atividade antioxidante *in vivo* (CHO et al., 2003; KANO et al., 2005). Estes relatórios indicam que as antocianinas em batata-doce roxa podem ser absorvidas e exercer uma função fisiológica *in vivo*, sendo diretamente absorvidas e distribuídas para o sangue (HARADA et al., 2004; SUDA et al., 2002).

### 3.4. Batata doce de polpa alaranjada (BDPA)

A batata doce de polpa alaranjada (BDPA) (Figura 5) é um alimento altamente promissor (BENGTSSON et al., 2010; HAGENIMANA; LOW, 2000; 2006; LOW et al., 2007; LOW et al., 2001).



**Figura 5.** Batata-doce de polpa alaranjada  
(Fonte: <http://www.nutricaoemfoco.com.br/pt-br/site.php?secao=alimentos>).

Estes cultivares apresentam altos níveis de carotenóides e contém  $\beta$ -caroteno (OIRSCHOT; REES; AKED, 2003; OKI et al., 2006), o carotenóide mais predominante, sendo conhecido por apresentar propriedades antioxidantes, além de sua função biológica como pró-vitamina A (apresenta alto conteúdo de carotenóides pró-vitamina A) (CIP, 2006). Nas últimas décadas, o  $\beta$ -caroteno tem atraído a atenção porque uma alta ingestão de frutas e vegetais tem sido associada com um menor risco de alguns tipos de câncer e doenças cardiovasculares, o que é atribuído às propriedades antioxidantes dos carotenóides (OKI et al., 2006). Os carotenóides pró-vitamina A são precursores de vitamina A, sendo absorvidos e convertidos nesta vitamina no organismo humano. Além disso, o  $\beta$ -caroteno contribui para a coloração alaranjada à amarela das polpas da batata-doce (KIDMOSE et al., 2007).

Em 1999, na Conferência da FAO para África Austral, o Instituto Nacional de Investigação Agronômica (INIA) apresentou o programa da batata-doce alaranjada, rica em pró-vitamina A (FONSECA et al., 2008). Na África, as variedades de polpa branca são muito frequentes (BECHOFF et al., 2009). Como a batata-doce é uma raiz de grande importância econômica e nutricional na Nigéria e em países sub-saharianos, pesquisas têm buscado o desenvolvimento de genótipos de BDPA ricos em l-caroteno e adaptáveis ao agro-ecossistema de tais países (TOMLINS et al., 2012; TOMLINS et al., 2007; UPKABI; EKELEDO, 2009).

Tradicionalmente, as variedades de batata-doce produzidas e vendidas na África do Sul têm uma polpa de cor pálida, mas novas variedades biofortificadas de polpa alaranjada, que apresentam altas concentrações de  $\beta$ -caroteno (provitamina A), foram introduzidas (TOMLINS et al., 2012), visando a melhoria da segurança alimentar da população.

As características sensoriais das variedades de batata-doce de polpa alaranjada e não-alaranjada são associadas com atributos, tais como sabor de abóbora, textura aquosa, e cor laranja, enquanto que as variedades de polpa amarela e branca são associadas a termos descriptivos de coloração creme, textura dura e grossa, cor amarela e sabor doce (TOMLINS et al., 2012), tendo sido relatadas como alimentos de grande aceitabilidade por parte das crianças, devido à sua cor atraente e sabor doce (ODONGO et al., 2002). Essas variedades de batata-doce, não só diferem na cor, mas também tendem a ter menores teores de matéria seca (TOMLINS et al., 2012) e são menos tolerantes à seca do que as variedades de cor branca (LAURIE et al., 2012; TUMWEGAMIRE et al., 2004).

A variedade Resisto foi originalmente desenvolvida nos Estados Unidos por meio de melhoramento convencional, e importada pelo Instituto de Vegetais e Plantas Ornamentais do Conselho Africano de Pesquisas Agrícolas de Roodeplaat (ARCRoodeplaat) em 1995 (JAARSVELD et al., 2006).

No Japão, os cultivares de batata-doce predominantemente cultivados são de polpa alaranjada, sendo utilizados principalmente para fabricação de materiais de uso alimentício, como amidos e álcool (OKI et al., 2006).

Os teores de  $\beta$ -caroteno e de vitamina A presentes nas raízes de batata-doce de polpa alaranjada diferem de acordo com as variedades, e são igualmente afetados por fatores como idade da raiz, clima, práticas de cultivo e armazenamento pós-colheita (KIDMOSE et al., 2007). Uma porção de 100 g (cerca de meia xícara) de raízes cozidas, pode fornecer cerca de 50% da necessidade diária de vitamina A de uma criança (LOW et al., 2001).

### 3.4.1. Vitamina A e o consumo de BDPA

A vitamina A trata-se de um grupo de hidrocarbonetos insaturados com atividade nutricional, incluindo retinol e compostos relacionados, bem como alguns carotenóides. Os carotenóides contribuem significativamente para a atividade de vitamina A em alimentos tanto de origem animal como vegetal. De aproximadamente 600 carotenóides conhecidos, cerca de 50 apresentam alguma atividade de pró-vitamina A. Entre os carotenóides, o jicaroteno exibe a maior atividade pró-vitamínica A (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

A deficiência de vitamina A (DVA) é um sério problema de saúde que afeta a maior parte dos países, principalmente os sub-saharianos (aproximadamente 90 países), considerados pela WHO (*World Health Organization*) como problema de saúde pública em termos de deficiência de vitamina A clínica e sub-clínica (TUMWEGAMIRE et al., 2004). A deficiência de vitamina A é responsável pela morte prematura de crianças, e um fator de risco para gestantes e lactantes (TOMLINS et al., 2012; TOMLINS et al., 2007).

De acordo com uma estimativa da WHO (2009), 33,3% ou 190 milhões de crianças menores de cinco anos são deficientes de vitamina A, globalmente. De acordo com Black et al. (2008), em 2004, 6% (0,6 milhões) de mortes de crianças foram atribuídas à deficiência de vitamina A. No Brasil, não existem dados que permitam estabelecer a prevalência e a gravidade da deficiência de vitamina A em nível nacional. As informações disponíveis provêm de estudos em diversas regiões e grupos populacionais do país. Contudo, os dados das últimas décadas indicam que a DVA é um problema de magnitude para a saúde pública em todo o país, sendo as maiores prevalências da deficiência observadas no estados de São Paulo, Minas Gerais, Pernambuco, Paraíba, Ceará e Amazonas (GERALDO et al., 2003). Particularmente, as regiões do nordeste brasileiro, o Vale do Jequitinhonha (MG) e o Vale da Ribeira (SP) são consideradas áreas prioritárias pelo Ministério da Saúde para a implementação das ações preventivas da DVA, compreendendo a suplementação com megadoses de retinol das crianças de seis a 59 meses e das mulheres no período do pós-parto imediato (BRASIL 2004).

Quanto à prevalência de DVA materna, das 107,4 milhões de gestantes investigadas em um estudo realizado por Coelho (2003), 19,4 milhões (18,4%) apresentam DVA. No Brasil, estima-se que 2,2 milhões de pré-escolares e 167,2 mil mulheres apresentam essa carência nutricional (COELHO, 2003). Essas estimativas foram realizadas através da extrapolação de resultados de estudos realizados com a população no nordeste brasileiro e publicadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS) (WHO, 1996), não refletindo a situação nacional da deficiência.

A deficiência subclínica (marginal ou pré-patológica) de vitamina A é definida como aquela na qual as concentrações de vitamina A nos tecidos são suficientemente baixas para produzir consequências adversas para a saúde, ainda que não estejam presentes sinais de xeroftalmia. Diversas terminologias têm sido empregadas, internacionalmente, para caracterizar o estado nutricional de vitamina A, tais como deficiência de vitamina A (DVA), hipovitaminose A, carência de vitamina A, xeroftalmia e desordens ou transtornos da deficiência de vitamina A (DDA) (SANTOS; VELARDE; FERREIRA, 2010).

Essa carência danifica inúmeras funções e, como resultado, pode ocasionar muitas implicações para a saúde de lactantes, crianças e mulheres grávidas que parecem ser o grupo de maior risco. A xeroftalmia (popularmente conhecida como “secura dos olhos”) é o sintoma mais específico, sendo a principal causa da cegueira evitável em crianças em todo o mundo. A cegueira noturna costuma aparecer durante a gravidez, uma consequência

previsível do estado nutricional marginal em vitamina A preexistente das mães, sobreposta às demandas nutricionais da gravidez e infecções intercorrentes (DANTAS et al., 2011).

Estudos têm indicado que o consumo de BDPA pode contribuir para a atenuação da deficiência de vitamina A, e que a adição da mesma diariamente na dieta pode prevenir esta deficiência em crianças, gestantes e lactantes (TOMLINS et al., 2012). Estudos realizados por Jaarsveld et al. (2006), na África do Sul, e por Low et al. (2007), em Moçambique, demonstraram que o consumo de batata-doce de polpa alaranjada (BDPA) aumentou significativamente o status de vitamina A de crianças, apontando que a mesma poderia, portanto, contribuir para combater a deficiência de vitamina A em países africanos, se as variedades de polpa alaranjada substituíssem as tradicionais (polpa branca) (JAARSVELD et al., 2006; LOW et al., 2007; JAARSVELD et al., 2005). Segundo JAARSVELD et al. (2006) e TOMLINS et al. (2012), a substituição de variedades de polpa branca por cultivares com alto teor de  $\beta$ -caroteno poderia beneficiar um número estimado de 50 milhões de crianças com menos de 6 anos de idade, que estão atualmente em risco de doenças associadas com deficiência de vitamina A.

A vitamina A é consumida diretamente através de produtos cárneos, e produzida no organismo a partir do seu precursor,  $\beta$ -caroteno, quando consumido em proporções suficientes (TUMWEGAMIRE et al., 2004).

A Resolução RDC n° 269, de 22 de setembro de 2005 (BRASIL, 2005), que estabelece o Regulamento Técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteínas, vitaminas e minerais, preconiza um consumo diário de vitamina A para adultos de 600  $\mu\text{g}$  ER (equivalente de retinol). Para crianças entre 1 a 10 anos, a IDR varia entre 400 a 500  $\mu\text{g}$  RE, e para gestantes e lactantes, esta recomendação é de 800 e 850  $\mu\text{g}$  ER, respectivamente.

Ainda de acordo com a Resolução acima citada (BRASIL, 2005), 1 $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno equivale à 0,167  $\mu\text{g}$  ER. Com os novos fatores de conversão utilizados pelo Instituto de Medicina (IOM), o valor provitamínico A de vegetais é a metade dos valores que vinham sendo utilizados até então. A quantidade de vitamina A em  $\mu\text{g}$  EAR (equivalente de atividade de retinol) é a metade da quantidade em  $\mu\text{g}$  ER (IOM, 2001).

### **3.4.2. Carotenóides**

#### **3.4.21. Estrutura química**

Carotenóides são isoprenóides, geralmente constituídos por 8 unidades de isoprenos, formando uma longa cadeia de polieno que pode conter de 2 a 15 duplas ligações conjugadas, o que permite muitas configurações cis e trans. São amplamente distribuídos na natureza, sintetizados exclusivamente em plantas e responsáveis pela coloração de frutas e hortaliças. Dos cerca de 600 carotenóides identificados, somente 20 são encontrados em tecidos humanos e são provenientes da dieta. Entre estes, os principais incluem os hidrocarbonetos licopeno e  $\beta$ -caroteno, e as xantofilas, astaxantina, cantaxantina, luteína e zeaxantina. São compostos lipofílicos encontrados em tecido adiposo, lipoproteínas e membranas celulares (CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007).

Os carotenóides são pigmentos naturais, que proporcionam colorações vivas a plantas e animais. Estes compostos também agem como antioxidantes, sendo que alguns apresentam atividade de vitamina A. Estes compostos são sensíveis à luz, ao calor excessivo e à exposição a ácidos. Esta sensibilidade os torna muito vulneráveis durante seu processamento e armazenamento, o que faz com que vários cuidados devam ser tomados

para minimizar suas perdas (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

O  $\beta$ -caroteno é o carotenóide mais encontrado em alimentos, sendo o mais potente entre os carotenóides de provitamina A. Ele é conhecido por suas várias características benéficas à saúde, como reforço ao sistema imunológico, diminuição do risco de ocorrência de doenças degenerativas como câncer, doenças cardiovasculares, dentre outros. Este composto é mais encontrado em vegetais verdes folhosos, cenoura, batata-doce, abobrinha, manga e mamão (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Um sistema de duplas ligações conjugadas constitui o cromóforo responsável pelo poder corante dos carotenóides e, também pela sua atuação contra doenças degenerativas. No entanto, este mesmo sistema é causa da sua instabilidade, e a preservação de carotenóides durante processamento e estocagem é um desafio e uma grande preocupação na área (MATIOLI; RODRIGUEZ-AMAYA, 2003).

### **3.4.2.2. Poder corante e antioxidante**

O forte poder de coloração dos carotenóides justifica sua ampla utilização na indústria alimentar como corantes. Além disso, os carotenóides têm sido extensivamente investigados devido às suas conhecidas funções biológicas, tais como atividade da vitamina A, protegendo contra efeitos de câncer, proteção contra doenças cardiovasculares e reduzindo riscos de catarata e outros problemas relacionados ao envelhecimento (CARDARELLI; BENASSI; MERCADANTE, 2008; KIOKIAS; OREOPOULOU, 2006; OKI et al., 2006).

Os carotenóides têm atraído o interesse de pesquisadores de diversas áreas, incluindo a química, bioquímica, ciência e tecnologia de alimentos, medicina, farmácia e nutrição durante mais de um século, e estes fascinantes compostos continuam a ser intensamente investigados (DUTTA et al., 2005). Consistem em corantes naturais com estrutura química composta por ligações duplas conjugadas, que são responsáveis por sua cor e por sua função antioxidante. A ação desses fitoquímicos sobre os radicais livres é proporcional ao número de ligações duplas conjugadas, presentes nas suas moléculas. Alguns carotenóides contribuem como vitamina A na dieta. Entre eles, se destaca o  $\beta$ -caroteno que é o mais importante precursor da vitamina A e está amplamente distribuído nos alimentos. Há também carotenóides que não são precursores de vitamina A, como licopeno e luteína (PEREIRA et al., 2009).

Os alimentos processados são frequentemente enriquecidos com carotenóides para aumentar o valor nutritivo e/ou melhorar a atratividade (ISHIDA; BARTLEY, 2009). Os pigmentos podem absorver luz especificamente na região do ultravioleta (UV) e visível do espectro. O restante é transmitido ou refletido, e apresentam cor. A estrutura responsável pela absorção da luz é o grupamento cromóforo, que nos carotenóides se caracteriza pelas duplas ligações conjugadas. Cada carotenóide é caracterizado por um espectro de absorção eletrônica. Assim, a espectroscopia de absorção é uma importante técnica na análise de carotenóides (GROSS, 1991).

Além do poder corante, uma das importantes características dos carotenóides é sua habilidade como antioxidantes, protegendo células e tecidos de efeitos danosos de radicais livres e oxigênio *singlet*. Eles são importantes protetores contra doenças e fenômenos provocados pelo envelhecimento, causados por oxidantes (SOWMYA; SACHINDRA, 2012). Esta ação contra doenças é atribuída à sua atividade antioxidante. Alguns mecanismos têm sido relatados, bem como sinalização retinóide dependente, modulação do metabolismo

carcinogênico, regulação do crescimento celular, inibição da proliferação de células, modulação de mecanismos de reparo de DNA, indução da detoxificação de enzimas, e aprimoramento da diferenciação celular (RODRIGUEZ-AMAYA, 2010).

Existem inúmeros antioxidantes naturais, que apresentam diferentes modos de ação, incluindo quebra de radicais livres, sequestro de oxigênio, supressão de oxigênio *singlet*, quelação de metais e inibição de enzimas oxidativas (RODRIGUEZ-AMAYA, 2010).

O oxigênio molecular ( $O_2$ ) obtido da atmosfera é vital para organismos aeróbios; contudo, espécies reativas formadas intracelularmente a partir do oxigênio ameaçam a integridade celular por meio da oxidação de biomoléculas, e podem comprometer processos biológicos importantes (CERQUEIRA et al., 2007). O oxigênio é indispensável à vida humana, sendo importante no processo respiratório e na produção de adenosina trifosfato (ATP). Entretanto, pode ser perigoso. Como por exemplo, podem-se citar os radicais livres de oxigênio, espécies de oxigênio reativos (EOR), incluindo superóxidos, radicais hidroxila, e oxigênio *singlet*, os quais podem produzir drásticos danos celulares. Alguns estudos demonstram que EOR podem causar câncer, danos no DNA, e doenças cardiovasculares, e podem ser produzidos por processos celulares metabólicos múltiplos, sendo capazes de sequestrar compostos bioativos presentes em frutas e vegetais da dieta (RODRIGUEZ-AMAYA, 2010).

Os carotenóides, pertencentes à classificação química dos terpenóides, são comuns na natureza e têm uma importância tecnológica e nutricional por serem corantes naturais e por atuarem como pró-vitamina A. O  $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno e  $\beta$ -criptoxantina são os mais importantes precursores de vitamina A (na nutrição humana), dentre os carotenóides de origem vegetal encontrados na natureza, sendo o  $\beta$ -caroteno considerado o precursor mais importante (JAARSVELD et al., 2006; UKPABI; EKELEDO, 2009).

A biodisponibilidade de carotenóides a partir de um determinado alimento é dependente de vários fatores que incluem o estado físico do carotenóide no produto, o tipo de cozimento, e outros componentes da alimentação (por exemplo, teor de lipídeos e fibras), bem como o estado nutricional e de saúde do indivíduo (BENGSSON et al., 2010; FAILLA; THAKKAR; KIM, 2009). Estes fatores podem afetar a transferência do carotenóide da matriz alimentar para micelas de sais biliares mistas durante a pequena fase de digestão intestinal, absorção dos carotenóides por absorção intestinal epitelial células, e incorporação de carotenóides e produtos da sua dissociação em quilomicrons de secreção para a linfa para entrega aos tecidos (FAILLA; THAKKAR; KIM, 2009).

Os carotenóides são altamente suscetíveis à degradação mediante exposição à aquecimento, iluminação, íons metálicos, ácidos, e álcalis, devido à estrutura altamente conjugada (K'OSAMBO et al., 1998).

Um estudo realizado por Bengtsson et al. (2008) demonstrou que a retenção de trans- $\beta$ -caroteno em batata doce de polpa alaranjada após fervura, cozimento e fritura é similar aos produtos preparado pronto para consumo, e que métodos de secagem como forno e secagem ao sol, podem ser considerados apropriados, pois resultaram em elevados valores de retenção de carotenóides.

### 3.5. Processamento de farinha a partir de batata-doce

Nos países em desenvolvimento, uma grande quantidade de batata-doce pode sofrer deterioração quando armazenada em condições inadequadas. Para evitar as estas perdas, a batata-doce pode ser cortada e seca ou convertida em farinha antes do armazenamento (PENG et al., 2013). A produção de farinha de batata-doce ajudaria a reduzir as perdas de alimentos, agregar valor e aumentar o ganho nesta safra. A adequação da farinha para exigências específicas e aplicações exige conhecimento de suas propriedades funcionais e físico-químicas (AINA et al., 2009)

O processamento da batata-doce em farinha aumenta a sua capacidade de armazenamento e seu valor. A farinha de batata-doce pode ser utilizada como um espessante em sopas, molhos, snacks e produtos de panificação, e pode substituir parcialmente a farinha de trigo na confecção de bolos, biscoitos e outros produtos utilizados em alimentação escolar e de apoio materno-infantil (AHMED et al., 2010; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2011). O processamento de batata-doce em farinha não só prolonga a vida de prateleira, mas também aumenta a ingestão de muitos nutrientes em pães de especialidade feitos a partir da mesma, que pode agir como um substituto da farinha de trigo (PENG et al., 2013).

A produção de farinhas apresenta grande variabilidade para a indústria de alimentos, principalmente em produtos de panificação, produtos dietéticos e alimentos infantis, por serem rica fonte de amido e sais minerais (CARVALHO et al., 2005).

De acordo com Ahmed et al. (2010), estas farinhas podem ser usadas para melhorar os produtos alimentícios através da cor, sabor, doçura natural e suplementação de nutrientes. Segundo Rodriguez-Amaya et al. (2011), a produção de farinha a partir de batata-doce aumenta a vida útil do produto e facilita sua incorporação em diversos produtos, existindo, no entanto, a necessidade de otimizar as condições de processo e estocagem para reduzir a perda de carotenóides

A farinha de batata-doce, quando elaborada a partir de raízes com alto teor de  $\beta$ -caroteno, é fonte de pró-vitamina A, que apresenta efeitos benéficos na saúde humana, como melhoria da imunidade e diminuição de doenças degenerativas, como câncer, doenças cardiovasculares, catarata e degeneração macular (ALVES et al., 2012; JAARSVELD et al., 2006; RODRIGUEZ-AMAYA, 2001; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008).

A pasta e a farinha de batata-doce de polpa roxa têm sido utilizadas no Japão para a elaboração de macarrão, pães, doces, chips de batata doce, geléias, confeitos, bebidas alcoólicas e corantes alimentares (OKI et al., 2002).

A Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, que aprova o Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos, define farinha como o produto obtido por moagem ou pulverização de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas, por processos tecnológicos considerados seguros na produção de alimentos. Esta Resolução estabelece que a designação das farinhas, deve ser seguida do(s) nome(s) comum(ns) da(s) espécie(s) vegetal(is) utilizada(s) (BRASIL, 2005). O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1995) define farinha como o produto obtido das raízes de tubérculos submetidas a processos tecnológicos adequados de fabricação e beneficiamento, classificando-a em grupo, subgrupo, classe, e tipo, de acordo com o processo tecnológico de fabricação utilizado, sua granulometria, sua coloração e sua qualidade respectivamente.

As farinhas comerciais devem apresentar teor máximo de 15% (g/ 100g) de umidade (BRASIL, 2005). Conforme o Sistema Brasileiro de Respostas Técnicas - SBRT (2006), as farinhas de batata-doce podem ser obtidas de secagem natural ou artificial, através

das cultivares existentes. Quando bem processadas podem ser utilizadas em panificação e alimentos infantis. Sua qualidade depende de vários fatores incluindo matéria-prima, método de secagem, técnicas de procedimentos e forma de armazenamento.

Especificamente para a farinha de batata-doce não existe legislação referente quanto à classificação de acordo ao processo tecnológico de fabricação, granulometria, cor e qualidade. Para a sua produção o roteiro estabelecido é a legislação de fabricação de alimentos estabelecida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) que coordena, supervisiona e controla as atividades de registro, informações, inspeção, controle de riscos e estabelecimento de normas e padrões para a produção de alimentos (VIEIRA & SILVA, 2010).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Material

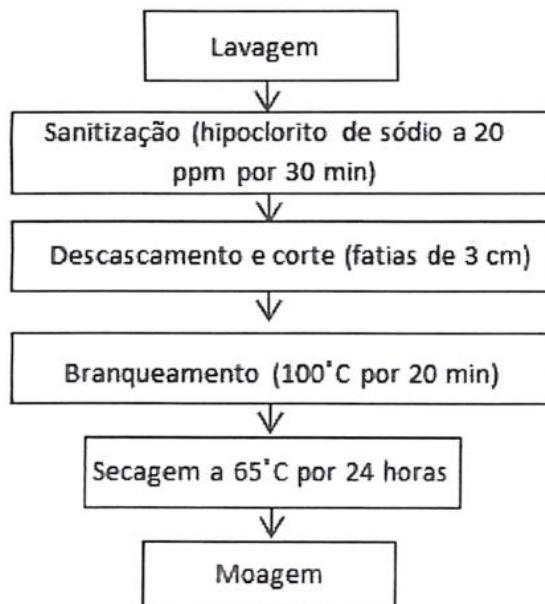
Rizomas de batata-doce roxa orgânica foram obtidos na Fazendinha Agroecológica da Embrapa Agrobiologia, situada em Seropédica/ Rio de Janeiro, e batatas-doce de polpa alaranjada foram obtidas de um agricultor familiar orgânico, também proveniente da região de Seropédica/ Rio de Janeiro. Foram obtidos 2 lotes diferentes de cada variedade, sendo que as batatas-doce de polpa roxa foram colhidas com diferença de 2 semanas, enquanto que as de polpa alaranjada foram colhidas com diferença de 1 mês.

Para a realização das análises das amostras *in natura*, as batatas-doce foram lavadas, higienizadas, descascadas e cominuídas em multiprocessador de uso doméstico, homogeneizadas, peneiradas e armazenadas em embalagens de polietileno, separadas por lote, sendo acondicionadas sob congelamento a -18°C. Para a realização das análises das farinhas, o procedimento de preparo das amostras é descrito adiante.

### 4.2. Métodos

#### 4.2.1. Obtenção das farinhas de batata-doce de polpa alaranjada e roxa

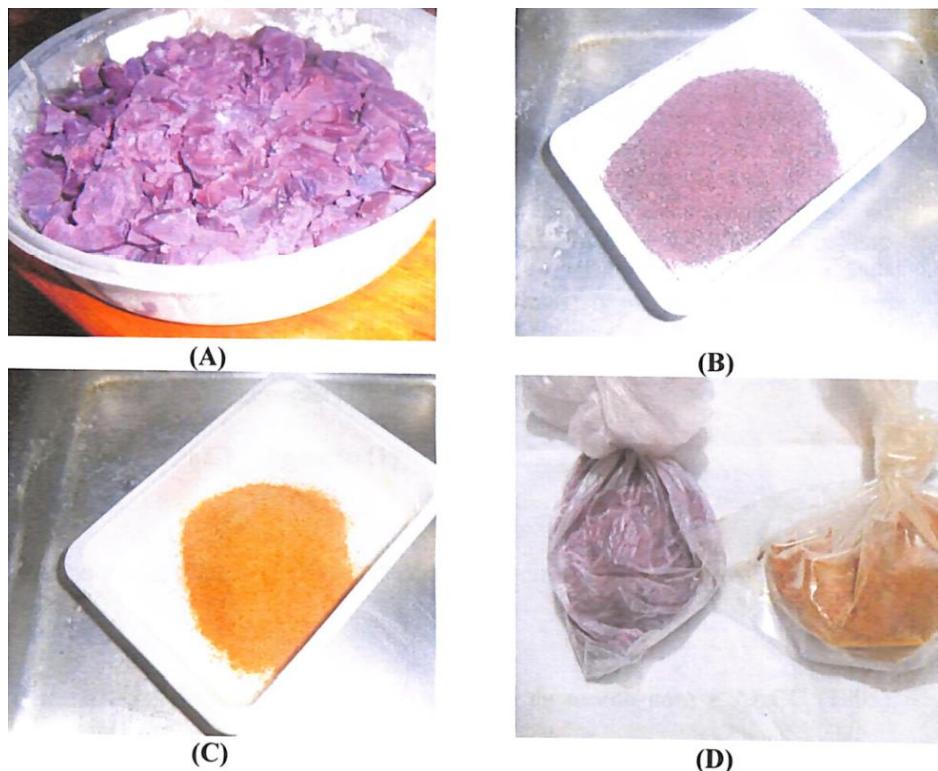
A obtenção das farinhas orgânicas de batata-doce alaranjada e roxa foi realizada conforme o Fluxograma descrito na Figura 6.



**Figura 6.** Fluxograma de elaboração da farinha orgânica de batata-doce (adaptado de VIEIRA e SILVA, 2010).

As batatas foram lavadas em água corrente com o auxílio de uma escova para retirada das sujidades, mergulhadas em solução de hipoclorito de sódio a 20 ppm por 30 minutos e em seguida lavadas em água corrente para retirada do excesso de cloro. O descascamento foi realizado de forma manual com o uso de faca em aço inoxidável, sendo eliminada toda a periderme. Em seguida, foi realizado o corte das batatas em fatias de aproximadamente 3 cm, as quais sofreram o processo de branqueamento (Figura 7A), onde os tubérculos foram imersos em água a 100 ° C durante 20 minutos, a fim de evitar o escurecimento enzimático, de acordo com Vieira e Silva (2010).

Posteriormente, as batatas foram dispostas em tabuleiros previamente higienizados, sendo submetidas ao processo de secagem, a qual foi realizada em estufa com ventilação (SOLAB, Modelo SL 102), na temperatura de 65°C, durante 24 horas. O material desidratado foi, então, triturado em liquidificador doméstico e em seguida peneirado para uniformização do tamanho das partículas (Figura 7).



**Figura 7.** (A) Batatas-doce de polpa roxa após branqueamento; (B) Farinha de batata-doce de polpa roxa (BDPR) orgânica; (C) Farinha de batata-doce de polpa alaranjada (BDPA) orgânica e (D) Farinhas acondicionadas em embalagens plásticas.

As farinhas obtidas (Figuras 7 B e C) foram acondicionadas em embalagens plásticas de polietileno (Figuras 7D) e armazenadas à temperatura ambiente até o momento das análises.

#### **4.2.2. Determinação da composição centesimal e caracterização físico-química dos rizomas de batata-doce orgânica de polpa roxa (BDPR) e alaranjada (BDPA) *in natura* e de suas farinhas.**

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Análise Instrumental da Pós-Graduação, do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)- campas Seropédica, com exceção da análise instrumental de cor, a qual foi realizada no Laboratório de Engenharia e Tecnologia Agroindustrial (LETA), da Universidade Federal Fluminense (UFF), campus Volta Redonda.

##### **4.2.2.1. Determinação da composição centesimal e química das BDPA e BDPR orgânicas *in natura* e de suas farinhas**

As determinações de umidade, proteínas, resíduo mineral fixo e lipídeos foram realizadas conforme IAL (2008). A determinação de umidade foi baseada na dessecação em estufa (SOLAB, Modelo SL 102) a 105°C; as proteínas foram quantificadas através da determinação de nitrogênio total pelo método clássico de *Kjeldahl*, utilizando-se o fator de conversão de 6,25, em destilador de nitrogênio (TECNAL, Modelo TE-0363); o resíduo mineral fixo (cinzas) foi determinado por incineração em mufla (FORNITEC), a 550-570°C; as análises de lipídeos foram realizadas conforme o método de *Soxhlet*, em aparelho extrator de *Soxhlet* (TECNAL, Modelo TE-044).

O teor de carboidratos totais foi determinado por diferença, em base seca, segundo AOAC (1990), utilizando-se a Equação (1):

$$\% CT = 100 - (L + P + F + C) \quad \text{Equação (1)}$$

**Onde:**

$CT$  = carboidratos totais; (%);  $L$  = lipídeos (%);  $P$  = proteínas (%),  $F$  = fibras brutas e  $C$  = cinzas (%).

A determinação do teor de amido foi realizada de acordo com a AACC (1995), utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Teor de amido (%)}: \frac{d * 100 * T}{V * M} d * 100 * T \quad \text{Equação (2)}$$

**Onde:**

$d$  = diluição para o balão volumétrico de 250 mL;

$T$  = Titulação da Solução de Fehling (nº de gramas de glicose);

$V$  = volume em ml de hidróxido de sódio (NaOH);

$M$  = massa da amostra em gramas (g).

A determinação de fibra bruta nas amostras foi realizada através de método gravimétrico após digestão em meio ácido (KAMER; GINKEL, 1952), sendo expressa em %. A acidez total titulável foi determinada por meio de titulação com solução de NaOH

0,01N padronizado e indicador fenolftaleína de acordo com IAL (2009), e expressa em mg NaOH.100 g<sup>-1</sup>. O pH foi determinado em pHmetro devidamente calibrado, modelo portátil *Tecnopon®*, com inserção do eletrodo diretamente na amostra diluída em 100 mL de água destilada (IAL, 2008). Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos em base seca (b.s.).

#### **4.2.2.2. Informações nutricionais das farinhas orgânicas de BDPA e BDPR**

As informações nutricionais das farinhas orgânicas foram determinadas de acordo com a Resolução RDC nº360/2003 (BRASIL, 2003a). O cálculo da porção e medida caseira foi realizado com base na Resolução RDC nº359/2003 (BRASIL, 2003b).

#### **4.2.2.3. Análises Cromatográficas**

##### **4.2.2.3.1. Determinação do perfil de açúcares nos rizomas de batata-doce orgânica de polpa roxa (BDPR) e alaranjada (BDPA) *in natura*.**

A determinação dos açúcares (glicose, frutose, maltose e sacarose) nas amostras de batata-doce *in natura* foi realizada por Cromatografia Gasosa/FIO, utilizando-se o cromatógrafo de fase gasosa (*Shimadzu, CG-2010*, Tóquio, Japão).

###### **4.2.2.3.1.1. Extração**

Foi utilizada metodologia de extração de acordo com Megíaz-Perez et al. (2014) com pequenas modificações. 1 g de amostra foi moída em almofariz e 5 mL de uma solução aquosa de etanol 80% (v/v) foi adicionada. A extração dos carboidratos foi realizada por agitação em vórtex por 30 minutos, seguida de aquecimento em banho-maria a 80C por 15 minutos. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 3500 rpm por 15 minutos. Os precipitados foram reextraídos duas vezes, a fim de obter recuperação próxima a 100 %. Os sobrenadantes obtidos foram colocados em um balão volumétrico de (25 mL), os quais foram avolumados com a solução de etanol a 80% (Figura 8).



**Figura 8.** Extratos obtidos para a realização da análise de açúcares.

Após esta etapa, 500  $\mu\text{L}$  desta solução foram misturadas com 500  $\mu\text{L}$  de uma solução metanólica de metil-a-D-glucopiranosídeo (padrão interno; 2,5 mg.  $\text{mL}^{-1}$ ), em um tubo de ensaio, e o conteúdo foi seco sob vácuo a 50°C.

#### **4.2.2.3.1.2. Identificação e quantificação dos açúcares por Cromatografia gasosa/FID**

O perfil de açúcares foi determinado por CG-FID dos seus resíduos de trimetilsilil (TMS). Uma vez que para a análise de CG, a derivatização é uma etapa necessária a fim de gerar açúcares voláteis, em seguida foram adicionados 325  $\mu\text{L}$  de reagente de silanização HMDS+TMCS+piridina (3:1:9, v/v/v) a cada amostra seca. A mistura foi submetida ao ultrassom (40 Hz) por 5 minutos, e deixada a 40°C durante 2 horas, com o reator selado. Em seguida, os derivados de TMS foram secos com pis nitrogênio e ressuspensos em 1 mL de n-hexano.

As condições cromatográficas foram determinadas no presente estudo. 1  $\mu\text{l}$ ., da solução de TMS foi injetada em cromatógrafo de fase gasosa *Shimadzu* GC-2010 (Tóquio, Japão), equipado com um auto injetor AOC-20i, um injetor split e um detector de ionização de chamas. Foi utilizada uma coluna capilar de sílica fundida (30 m x 0,25 mm de diâmetro; filme de 0,25 $\mu\text{m}$  de espessura), revestida com 65% difenil-polisiloxano-35% dimetil-polisiloxano (Rtx 65 MS, Testek, Bellefonte, PA, EUA). As temperaturas do injetor e detector foram ambas fixadas em 280°C. A temperatura do forno foi programada para 160°C por 3 minutos, aumentada para 200°C, elevando-se 2°C por minuto; de 200 a 280°, elevando-se 5°C por minuto, e mantida por 5 minutos. Gás hidrogênio foi utilizado como carreador em taxa de fluxo de 40 mL/ minuto. A identificação e quantificação dos picos foi dada, comparando-se os tempos de retenção dos picos obtidos pelos padrões comerciais e padrões internos, respectivamente. Os fatores de resposta de cada açúcar (0,1 a 2 mg/ mL) foram avaliados em relação ao metil-a-D-glucopiranosídeo. Todos os dados do CG foram armazenados e processados utilizando o *software* do CG (Ver. 2.41.00 SUI, *Shimadzu*, Tóquio, Japão).

#### **4.2.2.4. Determinação de fitoquímicos e propriedades funcionais das amostras *in natura* e nas farinhas de batata-doce orgânica de polpa alaranjada (BDPA) e roxa (BDPR).**

##### **4.2.2.4.1. Determinação do teor de carotenoides totais nas amostras *in natura* e nas farinhas de BDPA.**

A determinação de carotenóides totais se deu de acordo com metodologia descrita por Rodriguez-Amaya & Kimura (2004), sendo realizada pela pesagem de 1 g de amostra de batata doce *in natura* e farinha, macerados com edite, e os carotenóides extraídos com acetona, e filtrados em funil sinterizado até ausência de cor do resíduo.

Após o ajuste do volume, a absorvância no comprimento de onda de absorção máxima expresso como  $\beta$ -caroteno, foi calculado utilizando valor de absorvidade (A1% 1cm ) de 2592 e a Equação 3:

$$C \left( \frac{\mu g}{g} \right) = \frac{Absorvância*Volume (mL)*10^4}{\left( A \frac{1\%}{1cm} \right)*amostra (g)} \quad \text{Equação (3)}$$

**Onde:**

Absortividade de  $(A1\% 1cm) = 2592$  (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA, 2004).

#### 4.2.2.4.2. Determinação do teor de vitamina A nas amostras *in natura* e nas farinhas de BDPA.

O cálculo do valor da atividade pró-vitamínica A (APVA) foi realizado considerando-se o teor de vitamina A como equivalente de retinol (ER) conforme a Resolução RDC nº269/2005 (BRASIL, 2005) e segundo as novas recomendações do IOM (2010) que utiliza equivalentes de atividade de retinol (EAR). De acordo com a RDC nº269/2005, 1 $\mu$ g de p-caroteno equivale a 0,167  $\mu$ g de retinol (ER), e em concordância com os novos fatores de conversão utilizados pelo IOM, a quantidade de vitamina A em  $\mu$ g. EAR é a metade da quantidade em  $\mu$ g ER. Os resultados foram expressos em  $\mu$ g ER. 100  $g^{-1}$  e  $\mu$ g EAR.100  $g^{-1}$ .

#### 4.2.2.4.3. Determinação dos teores de antocianinas monoméricas totais nas amostras *in natura* e nas farinhas de BDPR.

Os extratos foram obtidos conforme procedimentos descritos por Fuleki e Francis (1968). Foram adicionados a 2 g de amostra, 50 mL de solução alcoólica de HCl 1,5 N (85:15 v/v), os quais foram submetidos à agitação magnética por 5 min e posterior refrigeração por 12 horas. Após esta etapa, as amostras foram filtradas em funil de *buchner* e o filtrado transferido para balão volumétrico de 100 mL, sendo avolumado com a mesma solução, permanecendo por 60 minutos em repouso para estabilização. Em seguida, foi realizada a determinação do conteúdo de antocianinas monoméricas totais, de acordo com Wrolstad (1976), por meio do método de pH diferencial. Os extratos obtidos foram diluídos em soluções-tampão pH 1 e pH 4,5, separadamente, avolumados com a mesma solução e homogeneizados, permanecendo em repouso por 25 minutos. Em seguida, as absorbâncias das soluções obtidas com cada tampão foram lidas em 520 e 700 nm, e a quantificação das antocianinas monoméricas totais foi calculada de acordo com a Equação 4.

$$C (mg.L^{-1}) = (A/\epsilon L) \times (MM) \times 10^3 \times FD \quad \text{Equação (4)}$$

**Onde:**

C = antocianinas monoméricas totais expressas em mg de cianidina-3-glucosídeo, antocianina majoritária, presentes em  $10^3$  mL de extrato;

A = absorbância corrigida da amostra calculada pela diferença entre as absorbâncias

registradas em pH 1 e as registradas em pH 4,5:

$$[(\text{Abs}_{520\text{nm}} \text{ pH 1} - \text{Abs}_{700\text{nm}} \text{ pH 1}) - (\text{Abs}_{520\text{nm}} \text{ pH 4,5} - \text{Abs}_{700\text{nm}} \text{ pH 4,5})]$$

$\varepsilon$  = coeficiente de extinção molar da cianidina-3-glucosídeo ( $26900 \text{ L.cm}^{-1}.\text{mg}^{-1}$ ) (WROLSTAD, 1976);

L = comprimento do caminho ótico (1 cm);

MM = massa molecular da cianidina-3-glucosídeo (449,2 daltons) (WROLSTAD, 1976);

FD = fator de diluição da amostra.

#### 4.2.2.4.4. Determinação da capacidade antioxidante das amostras *in natura* e das farinhas de batata-doce orgânica de polpa alaranjada (BDPA) e roxa (BDPR).

##### 4.2.2.4.4.1. Preparo dos extratos

O procedimento de extração foi realizado de acordo com Rufino et al. (2007a), com pequenas adaptações. 1 g de amostra macerada com gral e pistilo foi introduzida em um erlenmeyer com 25 mL de solvente (acetona:álcool:água, 40:40:20 v/v/v), sendo submetido à agitação a 3500 rpm, em temperatura ambiente durante 1 hora, em ausência de luz. Após a extração, o extrato foi filtrado em funil sinterizado nº3, com auxílio de bomba à vácuo (SOLAB, Modelo SL-60). Em seguida, o resíduo retido no filtro foi reextraído, sendo realizada uma lavagem com 5 mL de solvente, nas mesmas condições. Os filtrados foram levados a um balão volumétrico (100 mi.), em ausência de luz, sendo utilizados para determinar a atividade antioxidante através dos ensaios DPPH, FRAP e teor de compostos fenólicos totais.

##### 4.2.2.4.4.2. Método de DPPH

A capacidade antioxidante foi determinada de acordo com o procedimento descrito por Rufino et al. (2010), com pequenas modificações. Extratos (150  $\mu\text{L}$ ) reagiram com 2,85 mL de solução metanólica de DPPH (0,06mM) por 1 hora, em ausência de luz. Em seguida, foi realizada a leitura das absorbâncias em espectrofotômetro (*Spectrophotometer Model NOVA 2000 UV*), em comprimento de onda de 517nm.

Soluções padrões de Trolox foram analisadas para a construção da curva da calibração, seguindo a metodologia adaptada de Rufino et al. (2007b). As atividades de sequestro do radical de cada amostra foram calculadas de acordo com a porcentagem de sequestro do radical livre DPPH (%SRL), segundo a Equação 5:

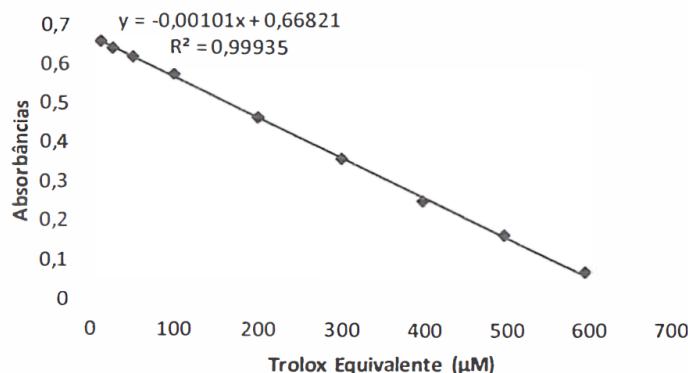
$$\%SRL = \frac{(A_B - A_A) * 100}{A_B} \quad \text{Equação (5)}$$

**Onde:**

AB e AA = valores de absorbância do controle e da amostra, respectivamente, no término da reação.

O valor da capacidade antioxidante foi expresso em  $\mu\text{M}$  equivalente ao Trolox por grama de amostra seca ( $\mu\text{M ET. g}^{-1}$  amostra seca), conforme Rufino et al. (2007b), a partir do coeficiente de regressão calculado da curva de calibração (Figura 9), usando Trolox como

padrão, nas concentrações de 10 a 600  $\mu\text{M}$ .



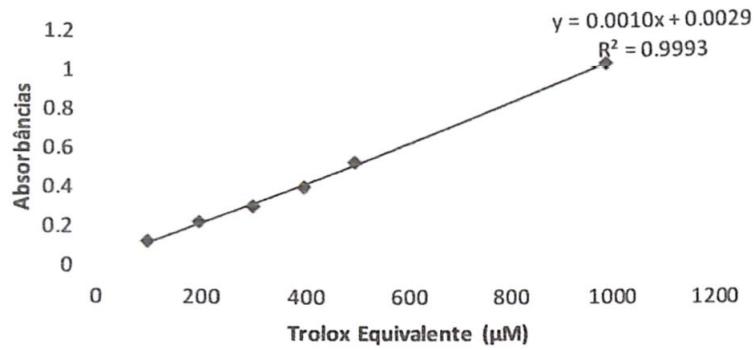
**Figura 9.** Curva de calibração feita com soluções padrão de Trolox para a análise de determinação de capacidade antioxidante pelo método de DPPH.

#### 4.2.2.4.4.3. Método de FRAP

De acordo com Pulido et al. (2000), o método FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*), ou Poder Antioxidante de Redução do Ferro, funciona como uma alternativa desenvolvida para determinar a redução do ferro em fluidos biológicos e soluções aquosas de compostos puros.

A capacidade antioxidante foi determinada, segundo Thaipong et al., (2006), com pequenas modificações, a partir do extrato obtido no item 4.2.1.9.1. Em ambiente escuro, foi transferida uma alíquota de 90  $\mu\text{L}$  de cada extrato para os tubos de ensaio, onde, foram acrescentados 270  $\mu\text{L}$  de água destilada, acrescentados de 2,7 mL de reagente FRAP. Em seguida, foram homogeneizados em agitador de tubos e mantido em banho-maria a 37°C por 30 minutos. Logo após, a leitura foi realizada (595nm). O reagente FRAP foi utilizado como branco para calibrar o espectrofotômetro.

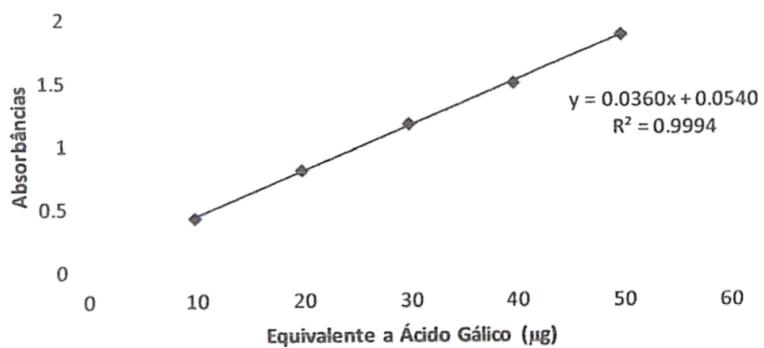
Foi realizada uma curva de calibração externa (Figura 10), utilizando o Trolox como padrão, nas concentrações de 100 a 1000  $\mu\text{M}$ . Os resultados foram expressos em  $\mu\text{M}$  equivalente a Trolox por grama de amostra seca ( $\mu\text{M ET. g}^{-1}$  de amostra seca).



**Figura 10.** Curva padrão de Trolox para a análise de determinação de capacidade antioxidante pelo método de FRAP.

#### 4.2.2.4.4.4. Determinação de compostos fenólicos totais

O conteúdo de compostos fenólicos totais foi obtido de acordo com Swain & Hillis (1959), com modificações. 1 mL de extrato, 10 mL de água destilada e 1 mL de reagente Folin Ciocalteau 0,25 N foram misturados em um tubo e homogeneizados em vórtex. A mistura reagiu por 3 minutos, e 1,5 mL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 10 % foram adicionados, sendo seguido de homogeneização. A solução foi armazenada à temperatura ambiente, no escuro, durante 2 horas, e a absorbância foi medida a 725 nm em espectrofotômetro. Os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico por grama de amostra seca (mg EAG. g<sup>-1</sup> de amostra seca), utilizando uma curva cujo padrão foi o ácido gálico (Figura 11), nas concentrações de 0,01 a 0,05 mg/ mL (ou 10 a 50 µL/ mL).



**Figura 11.** Curva de calibração do padrão ácido gálico.

#### 4.2.2.5. Determinação de cor das amostras *in natura* e nas farinhas de batata-doce orgânica de polpa alaranjada (BDPA) e roxa (BDPR).

A análise de cor foi realizada utilizando-se o sistema proposto pela *Comission International de L'Eclairaige* (CIEL\*a\*b\*), utilizando espectrofotômetro e colorímetro (*Konica Minolta*, Modelo CM-5), com iluminante D<sub>65</sub>, ângulo de observação de 10°, com modo de calibração reflectância incluída. A amostra foi colocada em cubeta de vidro oticamente polida de 10 mm e compactada de forma a obterem-se leituras em triplicatas (Figura 16). O AE, que foi calculado através da Equação 6, indica a variação total da cor. As amostras *in natura* foram escolhidas como padrão, para efeito de comparação com as farinhas.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \text{Equação (6)}$$

##### Onde:

L= luminosidade (representa o quanto a amostra é mais clara ou mais escura em relação ao padrão/ varia do branco ao preto: 100 a 0.

a\* = transição da cor verde (-a\*) para a cor vermelha (+a\*)

b\* = transição da cor azul (-b\*) para a cor amarela (+b\*).



**Figura 12.** Amostra de farinha orgânica de BDPR sendo submetida à determinação de cor em espectrofotômetro.

#### **4.2.2.6. Análises pertinentes às farinhas orgânicas**

##### **4.2.2.6.1. Caracterização físico-química das farinhas de batata-doce roxa e alaranjada orgânicas**

As análises de composição química, compostos funcionais determinação de cor e análises cromatográficas foram realizadas conforme descritas anteriormente no item 4.2.2.2 a 4.2.2.4.

##### **4.2.2.6.2. Rendimento das farinhas**

O rendimento das farinhas foi calculado segundo a Equação 7, de acordo com Vieira e Silva (2010):

$$\%R = (PAP / PIN) \times 100 \quad \text{Equação (7)}$$

**Onde:**

*R* = Rendimento, %;

*PAP* = Peso após processamento, kg;

*PIN* = Peso *in natura*, kg.

##### **4.2.2.6.3. Índice de absorção em água (IAA)**

Os índices de absorção em água foram determinados segundo metodologia descrita por ANDERSON et al. (1969) com modificações, apenas nas amostras de farinhas orgânicas. Em tubo de ensaio, com tampa, pesou-se 1,25 g de amostra, adicionou-se 15 mL de água e, após agitar por 30 segundos em vórtex, transferiu-se essa solução para um tubo de centrífuga (NOVA, Modelo NI 1813, Piracicaba, SP), previamente tarada e centrifugou-se a 3000 rpm durante 10 minutos. O líquido sobrenadante foi recolhido cuidadosamente em placa de Petri e evaporado em banho-maria a 100°C por duas horas, e logo após, em estufa a 105 °C por três horas. O gel remanescente no tubo da centrífuga foi pesado. O índice de absorção em água (IAA) foi determinado a partir do resíduo da evaporação do sobrenadante segundo a fórmula a seguir, e expresso em %:

$$IAA = (PRC / PA - PRE) \times 100 \quad \text{Equação (8)}$$

**Onde:**

*PRC* = Peso do resíduo da centrifugação, g;

*PA* = Peso amostra, g;

*PRE* = Peso do resíduo da evaporação, g.

#### 4.2.2.6.4. Índice de solubilidade em água (ISA)

O índice de solubilidade em água está relacionado à quantidade de sólidos solúveis em uma amostra seca, permitindo verificar o grau de severidade do tratamento, em função da degradação, gelatinização, dextrinização e consequente solubilização do amido (CARVALHO; ASCHERI; CAL-VIDAL, 2002).

O índice de solubilidade cm água foi determinado nas amostras de farinhas orgânicas, segundo a metodologia descrita por ANDERSON et al. (1969). Pela relação entre o peso do resíduo da evaporação e o peso seco da amostra, sendo expresso em %, conforme a fórmula:

$$\%ISA = (PRE / PA) * 100 \quad \text{Equação (9)}$$

**Onde:**

*PRE* = Peso do resíduo da evaporação, g;

*PA* = Peso amostra, g.

#### 4.2.2.6.3 Índice de absorção de gordura (IAG)

Determinou-se o índice de absorção de gordura (IAG) de acordo com o método de DENCH; RIVAS; CAYGILL (1981). Pesou-se 0,5 g de amostra num tubo de centrífuga e adicionou-se 3 mL de óleo dc soja. Os conteúdos foram homogeneizados em vórtex durante 30 segundos e deixados cm repouso por 30 minutos, cm seguida, centrifugou-se amostra a 3.000rpm por 25 min. O excesso de óleo foi drenado e o tubo invertido por 30 min. O IAG foi expresso como g de óleo retido em relação a 100 g de amostra seca (Equação 10).

$$IAG = (PO / PA) * 100 \quad \text{Equação (10)}$$

**Onde:**

*PO* = Peso de óleo retido, g

*PA* = Peso de amostra, g

#### 4.2.2.6.6. Determinação do volume de intumescimento (VI)

Volume de intumescimento (VI) é definido como o volume ocupado por um peso conhecido de amostra e sua capacidade de retenção de água, como a quantidade de água retida cm uma quantidade de amostra conhecida (ROBERTSON et al., 2000). Para determinação do volume de intumescimento (VI), seguiu-se a metodologia reportada por Robertson et al. (2000), onde utilizou-se uma proveta graduada contendo um grama da amostra (em duplicata), a qual foi adicionada água destilada em excesso. A suspensão foi agitada em vórtex por 30 minutos, para atingir uma completa hidratação da amostra, ficando

posteriormente em repouso por 18 horas. O volume ocupado pela amostra na proveta, ao final do intumescimento, foi denominado VI, sendo expresso em mL por grama de amostra seca, que foi calculado pela Equação 11.

$$VI = VF / PI \quad \text{Equação (11)}$$

**Onde:**

*VF* = Volume final ocupado pela amostra, mL.

*PI* = Peso da amostra seca, g.

#### 4.2.3. Análise estatística

Os resultados foram avaliados por análise de variância (ANOVA), utilizando o software *XLSTAT 7.5*, versão 7.5, sendo comparados pelo teste de Tukey com intervalo de confiança de 95 %.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Determinação da composição centesimal e química de BDPA e BDPR orgânicas

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados de composição centesimal e química das batatas-doce orgânicas (*in natura* e suas respectivas farinhas), em base seca (b.s.).

**Tabela 1.** Teores médios de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, libra bruta, amido, acidez e pH das batatas-doces orgânicas de polpa alaranjada (BDPA) e roxa (BDPR) e suas respectivas farinhas, em base seca (b.s.) (continua).

		Batata-doce de polpa alaranjada		Batata-doce de polpa roxa	
		<i>In natura</i>	Farinha	<i>In natura</i>	Farinha
Umidade (%)	<i>Lote 1</i>	69,30±0,23 <sup>a</sup>	10,19±0,17 <sup>a</sup>	74,13±0,33 <sup>a</sup>	7,41±0,22 <sup>a</sup>
	<i>Lote 2</i>	69,53±0,29 <sup>a</sup>	8,52±0,39 <sup>b</sup>	71,88±0,52 <sup>b</sup>	6,40±0,01 <sup>b</sup>
Cinzas (%)	<i>Lote 1</i>	0,64±0,02 <sup>a</sup>	2,86±0,08 <sup>a</sup>	3,45±0,16 <sup>b</sup>	2,59±0,03 <sup>b</sup>
	<i>Lote 2</i>	0,60±0,01 <sup>b</sup>	1,53±0,02 <sup>b</sup>	4,15±0,12 <sup>a</sup>	3,56±0,00 <sup>a</sup>
Proteínas (%)	<i>Lote 1</i>	1,04±0,03 <sup>b</sup>	4,15±0,06 <sup>b</sup>	6,27±0,16 <sup>a</sup>	6,83±0,07 <sup>a</sup>
	<i>Lote 2</i>	1,22±0,02 <sup>a</sup>	4,39±0,08 <sup>a</sup>	5,14±0,04 <sup>b</sup>	4,81±0,30 <sup>b</sup>
Lipídeos (%)	<i>Lote 1</i>	0,39±0,01 <sup>b</sup>	0,37±0,04 <sup>b</sup>	0,39±0,01 <sup>b</sup>	0,37±0,04 <sup>b</sup>
	<i>Lote 2</i>	0,45±0,01 <sup>a</sup>	0,41±0,01 <sup>a</sup>	0,45±0,01 <sup>a</sup>	0,41±0,01 <sup>a</sup>
Fibra Bruta (%)	<i>Lote 1</i>	3,5±0,1 <sup>a</sup>	2,47±0,058 <sup>a</sup>	4,33±0,11 <sup>a</sup>	2,49±0,01 <sup>a</sup>
	<i>Lote 2</i>	3,85±0,13 <sup>a</sup>	2,67±0,038 <sup>a</sup>	4,23±0,11 <sup>a</sup>	2,41±0,07 <sup>a</sup>

**Tabela 1.** Continuação.

		Batata-doce de polpa alaranjada		Batata-doce de polpa roxa	
		<i>In natura</i>	Farinha	<i>In natura</i>	Farinha
Carboidratos Totais (%)	<i>Lote 1</i>	94,43	90,15	85,6	87,72
	<i>Lote 2</i>	93,88	91,00	86,00	88,81
Amido (%)	<i>Lote 1</i>	67,65±0,4 <sup>a</sup>	36,33±0,66 <sup>c</sup>	103,69±1,75 <sup>a</sup>	94,05±2,27 <sup>b</sup>
	<i>Lote 2</i>	63,16±1,84 <sup>b</sup>	26,36±2,72 <sup>d</sup>	89,72±0,84 <sup>d</sup>	91,30±2,54 <sup>c</sup>
Acidez (mL NaOH.100 g <sup>-1</sup> )	<i>Lote 1</i>	1,07±0,01 <sup>a</sup>	0,90±0,2 <sup>a</sup>	0,88±0,03 <sup>a</sup>	0,85±0,03 <sup>a</sup>
	<i>Lote 2</i>	1,08±0,09 <sup>a</sup>	0,91±0,16 <sup>a</sup>	0,92±0,04 <sup>a</sup>	0,90±0,03 <sup>a</sup>
pH	<i>Lote 1</i>	6,55±0,01 <sup>a</sup>	6,55±0,01 <sup>a</sup>	6,55±0,01 <sup>a</sup>	6,60±0,01 <sup>a</sup>
	<i>Lote 2</i>	6,55±0,01 <sup>a</sup>	6,50±0,01 <sup>a</sup>	6,55±0,01 <sup>a</sup>	6,57±0,01 <sup>a</sup>

Os valores se referem à média e desvio-padrão de uma triplicata (exceção para carboidratos, os quais foram obtidos por diferença). Médias na mesma coluna com letras diferentes diferem entre si no teste de Tukey ( $p<0,05$ ), e médias com letras iguais não diferem entre si no teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

O teor de umidade da BDPA *in natura* orgânica variou entre 69,3 e 69,53% (Tabela 1). Estes valores estão de acordo com os resultados encontrados por Aina et al. (2009), os quais analisaram diferentes cultivares de batata-doce obtidas no Caribe (63,1 a 83,8% de umidade), também sendo semelhantes aos valores reportados por Lai et al. (2011), em um estudo comparativo entre batatas-doce frescas e cozidas, onde as amostras frescas apresentaram dc 64,6 a 73,1% de umidade.

O teor de umidade encontrado nas farinhas orgânicas de BDPA variou entre 8,52 a 10,19% (Tabela 1), estando de acordo com um estudo realizado por Fonseca et al. (2008), os quais encontraram 10% de umidade em farinhas de BDPA. Outro estudo, realizado por Osundahunsi et al. (2003), avaliou farinhas de batata-doce de polpa vermelha e branca, obtendo 3,98 e 3,58% de umidade, respectivamente. Abegunde et al. (2013) caracterizaram amidos de diferentes cultivares de batata-doce, encontrando de 3,86 a 6,52% de umidade.

Segundo Cecchi (2003), o teor de cinzas depende da natureza do alimento e do método de determinação empregado. De acordo com Favoretto (2005), a variação do teor de cinzas é influenciada pela cultivar, prática agronômica, clima, local de plantio e maturação dos tubérculos. No presente estudo, foram encontrados de 0,60 a 0,64% de cinzas nas BDPA *in natura* analisadas. Um estudo da composição química de batatas-doce, realizado por Leonel e Cereda (2002), reporta um teor médio dc cinzas de 1,32%, sendo superior ao valor encontrado neste trabalho. No entanto, foram encontrados de 1,53 a 2,86% de cinzas nas farinhas de BDPA, estando de acordo com Jangchud, Phimolsiripol e Haruthaithasan (2003), os quais encontraram 2,7% de cinzas em farinhas de BDPA submetidas à branqueamento. Osundahunsi et al. (2003), reportaram teores de cinzas de 1,7 e 3,1% em farinhas de batata-doce de polpa vermelha e branca, respectivamente. Abegunde et al. (2013), encontraram de 0,10 a 0,47% de cinzas em amidos provenientes de diversos cultivares de batata-doce. Nascimento et al. (2013) obtiveram féculas dc BDPA com conteúdo de cinzas de 2,88%.

De acordo com a Tabela 3, pode-se verificar que cm relação ao teor de umidade, as amostras *in natura* de BDPA orgânicas de diferentes lotes não diferem significativamente, em contraste ao comportamento verificado nas farinhas orgânicas.

Bártova e Bárta (2009) afirmam que a batata, em virtude de seu baixo teor, não é considerada uma fonte rica em proteína, mas, no entanto, apresenta proteínas de alto valor nutritivo e biológico. Para Garcia (2013) o que pode contribuir para um menor conteúdo de proteínas durante a formação dos tubérculos é o aumento da massa média e o acúmulo de amido. O teor de proteínas na BDPA variou entre 1,04 a 1,22%, sendo próximo ao valor encontrado por Aina et al. (2009) (1,9 a 4,4%). As farinhas de BDPA apresentaram teor de proteínas na faixa de 4,15 a 4,39%, sendo diferentes significativamente. Jangchud, Phimolsiripol e Haruthaithasan (2003), observaram teor de 2,6% de proteínas em farinhas de BDPA. Abegunde et al. (2013), em seu estudo, reportaram valores de 0,28 a 0,75% de proteínas em amidos extraídos de batatas-doce.

De acordo com a TACO (2011), a BDPA apresenta teor lipídico superior à outros tubérculos, como batata baroa (0,2%), inhame (0,2%) e mandioca (0,3%).

O teor de lipídeos encontrado nas farinhas orgânicas de BDPA variou de 0,37 a 0,41% (Tabela 1), sendo inferior ao reportado por Jangchud, Phimolsiripol e Haruthaithasan (2003) no mesmo produto (0,6% de lipídeos). Kidane et al. (2013) obtiveram 1,51% de lipídeos em farinhas de BDPA. Ahmed, Akter e Eun (2010) encontraram teor lipídico de 0,59 a 1,27% em farinhas de batata-doce. As farinhas de BDPA apresentam teor lipídico inferior quando comparadas à farinha de milho, a qual apresenta 1,5% (TACO, 2011) e superior, quando comparadas à farinha de mandioca, com 0,17 a 0,20% (CHISTE et al., 2007).

De acordo com a Tabela 1, as amostras de BDPA do lote 2 apresentaram, estatisticamente, maior conteúdo de umidade, cinzas, proteínas e lipídeos.

Steed e Truong (2008), em seu estudo, encontraram 62,3 % e 63,6 % de umidade em polpa de batata-doce roxa crua e cozida, respectivamente, sendo inferior ao encontrado no presente estudo. Os resultados encontrados são, ainda, inferiores ao teor médio de umidade da batata-doce convencional reportado pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011), de 69,5%.

O teor de umidade das farinhas de BDPR orgânicas variou entre 6,40 a 7,41% (Tabela 1), sendo próximo aos resultados demonstrados por Peng et al. (2013), os quais analisaram farinhas dc BDPR obtidas por *spray drying* (7,13 a 7,62% de umidade). Estes resultados foram superiores aos valores reportados por Osundahunsi et al. (2003), os quais encontraram 3,98% de umidade em farinhas de batata-doce vermelha. Ahmed, Akter e Eun (2010), obtiveram teores dc umidade entre 6,18 a 8,76% em farinhas de BDPR obtidas por secagem ao ar quente.

Os teores de umidade das farinhas de BDPA e BDPR orgânicas foram superiores aos teores de umidade de farinhas de mandioca analisadas por Chisté et al (2007) (1,64 a 2.12%).

O teor de cinzas encontrado em BDPR *in natura* foi de 3,45 a 4,15% (Tabela 1), sendo superior aos valores reportados por Rose e Vasanthakaalam (2011), os quais encontraram 0,43% e 0,41%, para batatas-doce de polpa amarela e branca, respectivamente. Amajor et al. (2011), analisaram 5 variedades de batata-doce, encontrando teor de cinzas entre 0,25 a 0,52%. Em um estudo realizado por Fernandes et al. (2010), onde 5 cultivares de batatas foram analisadas, o teor dc cinzas encontrado foi dc 0,76 a 1,02%. O teor de cinzas encontrado nas farinhas de BDPR é próximo ao reportado por Liu et al. (2013) em farinha de BDPR (3,98% de cinzas) e Hsu et al. (2003), os quais analisaram farinhas de inhame, encontrando 4,3 a 4,92% de cinzas.

Com relação ao teor de proteínas, as BDPR *in natura* apresentaram valores entre 5,14 a 6,27%, sendo superiores ao teor médio de proteínas de batatas-doce reportado pela TACO (2011), de 1,3%. De acordo com Van Hal (2000), o teor de proteínas em farinhas de batata-doce geralmente é baixo, variando entre 1 a 8,5%. O teor de proteínas encontrado nas farinhas de BDPR variou de 4,81 a 6,83%. Estes valores são comparáveis aos resultados encontrados por Ahmed, Akter e Eun (2010) em farinhas de BDPR, e por Vieira e Silva (2010) em farinhas de batata-doce (3,14 a 6,62%). Liu et al. (2013) encontraram 8,21% de proteínas em BDPR, sendo superior aos resultados obtidos no presente estudo.

Souza et al. (2005) avaliaram a composição química de cultivares de batata-doce, encontrando teor lipídico de 0,37 a 1,69%. Aziz et al. (2013) encontraram de 1,16 a 1,89% de lipídeos em batatas de diferentes cultivares. Leonel e Cereda (2002) encontraram de 0,5 a 4,8% de lipídeos em diferentes tubérculos. Nascimento et al. (2013) obtiveram 0,6% de lipídeos em féculas de batata-doce orgânica. Ahmed, Akter e Eun (2010) relataram teores de lipídeos em farinhas de BDPR entre 0,59 a 1,29%, sendo um pouco superior ao obtido no presente estudo (0,37 a 0,41%).

De acordo com Camin et al. (2007), Lombardo, Pandino e Mauromicale (2012) e Carillo et al. (2012), tubérculos orgânicos apresentaram maior conteúdo de proteínas e matéria seca, e menor conteúdo de carboidratos totais e lipídeos, quando comparados aos obtidos em sistema de produção convencional. Ainda de acordo com estes autores, o teor de cinzas também é maior em tubérculos orgânicos, sendo inconsistente com resultados de outros estudos (COLLA et al., 2002; REMBIAŁKOWSKA, 2007). No entanto, os resultados demonstrados no presente estudo não apresentaram diferença discrepante de outros relatados

na Literatura, os quais foram obtidos a partir de amostras cultivadas em sistema convencional, sendo comparáveis, muitas vezes, ao trabalho de outros autores.

As fibras alimentares são importantes por complementar a alimentação humana, além de atuarem causando efeitos fisiológicos favoráveis na função gastrointestinal humana, podendo aumentar a massa fecal, reduzir o nível de colesterol do plasma sanguíneo e reduzir a resposta glicêmica (PENTEADO, 1981; IFT, 1979). A alimentação equilibrada tem um papel importante na manutenção da saúde, despertando interesse da comunidade científica, com o intuito de comprovar a atuação de certos nutrientes na prevenção de determinados acometimentos à saúde. Segundo TACO (2011), a cada 100 g de batata-doce (b.s.), 2,6 g é fibra alimentar, valor este inferior às médias de 3,67 e 4,28%, obtidas pelas cultivares de batata-doce de polpa alaranjada e roxa, respectivamente, neste experimento.

Analizando-se os resultados expressos na Tabela 3, pode-se verificar que o teor de fibra bruta encontrado nas amostras de BDPA e BDPR orgânicas *in natura* não diferiram significativamente ( $p>0,05$ ), entre os lotes. Foi encontrado conteúdo de fibras de 3,5 a 3,85% em BDPA e de 4,23 a 4,33% em BDPR (*in natura*), em base seca. Estes resultados são próximos ao encontrado por Fernandes et al. (2010), os quais avaliaram a qualidade físico-química de diferentes variedades de batata, obtendo um teor médio de fibra bruta de 3,36% (b.s.). O conteúdo de fibras das amostras *in natura* deste estudo são superiores aos valores encontrados por Ravindran et al. (1995), os quais determinaram o teor médio de fibra bruta de batatas-doce de 16 cultivares do Sri Lanka (2,36%), e por Aziz et al. (2013), os quais, em seu estudo, analisaram 10 cultivares de batata, reportando teor médio de fibra bruta de 2,40% (b.s.). Outro estudo, realizado por Jin et al. (2012), analisaram diferentes variedades de batata-doce obtidas em diferentes estádios de maturação, constatando que os teores de fibras variaram entre 0,68 a 1,04% (b.s.), também sendo inferior ao encontrado no presente estudo.

Com relação às farinhas orgânicas, também não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre os lotes de BDPA e BDPR. Os teores variaram entre 2,47 a 2,67% (em farinhas de BDPA) e 2,41 a 2,49% (em farinhas de BDPR) (b.s.). Estes resultados são comparáveis aos resultados obtidos por Jangchud, Phimolsiripol e Haruthaithasan (2003). Estes autores analisaram farinhas elaboradas a partir de batatas-doce submetidas a processo de branqueamento térmico, e concluíram que estas farinhas apresentam conteúdo de fibra bruta entre 0,2 a 6,5% (farinha de BDPA), e 0,4 a 4,3% (farinhas de BDPR) (b.s.). No entanto, os resultados do presente estudo foram inferiores aos valores encontrados por Kidane et al. (2013), os quais obtiveram 4,91% (b.s.) de fibra bruta, para farinha de BDPA e Lui et al. (2013), que analisaram farinhas de BDPR obtidas por liofilização, obtendo 4,87% de fibras (b.s.). Ahmed, Akter e Eun (2010) encontraram de 5,26 a 6,97% de fibra bruta (b.s.) em farinhas de BDPA.

Souza e Leonel (2010) encontraram 0,15% de fibras em féculas de mandioca. Amajor et al. (2011), estudaram farinhas obtidas a partir de 5 variedades de batata-doce, obtendo teor médio de fibras de 0,28%. Osundahunsi et al. (2003), encontraram 0,14% de fibras em farinhas de batata-doce de polpa vermelha e 0,13% em farinhas de batata-doce de polpa branca, sendo todos estes resultados expressos em base seca.

Jangchud, Phimolsiripol e Haruthaithasan (2003), afirmam que o conteúdo de fibra bruta aumentou após as amostras sofrerem branqueamento, o que também é relatado por Li et al. (1995), os quais verificaram que o teor de fibras de legumes aumentou após o cozimento dos mesmos. Contudo, este comportamento não foi verificado no presente estudo, apesar de as amostras *in natura* terem sido submetidas à branqueamento seguido de secagem em estufa, para a obtenção das farinhas orgânicas.

Apesar das informações e resultados apresentados, as farinhas de BDPA e BDPR não puderam ser consideradas como produtos cujo teor de fibras apresenta alegação funcional, de acordo com a resolução RDC n°18, de 1999, que estabelece diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e/ ou de saúde alegadas em rótulos de alimentos. De acordo com esta resolução, para que o teor de fibras de uma porção de um alimento (para farinhas de cereais e tubérculos, a porção estabelecida é de 50 g, correspondente à 'A de xícara, dc acordo com BRASIL, 2003b) seja considerado como apresentando propriedades funcionais e benéficas, o mesmo deveria apresentar, no mínimo, 3 g de fibra alimentar.

Com relação ao teor de carboidratos totais, as amostras de BDPA apresentaram uma média de 94,15 e 90,6 % (Tabela 1), para as amostras *in natura* e farinhas, respectivamente, enquanto que as amostras de BDPR apresentaram uma média de 85,8 e 88,26 %, para amostras *in natura* e farinhas, respectivamente. As amostras *in natura* de BDPA e BDPR apresentaram valores superiores ao teor médio de carboidratos descrito pela TACO (2011), de 28,2%. Quanto às farinhas, as mesmas apresentaram conteúdo de carboidratos próximo ao reportado por Leonel, Jackey e Cereda (1998) (90,3%).

Pode-se observar que os teores dc amido foram maiores estatisticamente ( $p<0,05$ ) nas amostras *in natura* de BDPA e BDPR do primeiro lote, o que permite sugerir que um maior tempo de colheita proporcionou redução no conteúdo de amido das mesmas. Tal comportamento também ocorreu em um estudo realizado por Noda et al. (2004), os quais constataram que o tempo de colheita exerceu efeito negativo sobre o teor de amido de diferentes cultivares de batatas, resultado este também obtido por Sriroth et al. (1999).

Segundo Nourian, Ramaswamy e Kushalappa (2003) diversos fatores como cultivar, época do ano e temperatura de armazenamento podem influenciar o teor de amido em tubérculos.

O conteúdo de amido encontrado na BDPA *in natura* foi de 67,65 a 63,16%, e na BDPR *in natura* variou entre 89,72 a 103,69%. Os resultados encontrados para BDPA e BDPR são superiores ao reportado por Junior et al. (2012), os quais encontraram de 16 a 23,9% de amido em diferentes cultivares de batata-doce, sendo todos os resultados expressos em base seca.

Os resultados referentes às amostras de BDPA e BDPR demonstram que o processamento afetou os teores de amido das amostras *in natura* negativamente, provavelmente devido à degradação do amido durante a etapa de secagem, o que proporcionou menor conteúdo deste nas farinhas (Tabela 1). Este comportamento difere do reportado por Leonel, Jackey e Cereda (1998), ao analisarem amostras de batata-doce *in natura*, os quais observaram que houve um incremento no teor de amido das amostras (que inicialmente continham 76,4% de amido) após seu processamento em féculas de batata-doce (96,7% de amido, b.s.), o que pode ser justificado pelo fato de que as condições de processamento de féculas são mais brandas quando comparadas às farinhas.

Abegunde et al. (2013) analisou 11 cultivares de batata-doce, obtendo teor de amido entre 91,9 a 95,6% (b.s.). Fernandes et al. (2010), obtiveram de 72,2 a 84,8 % dc amido em cultivares de batata. Brito et al. (2011), encontraram 29,5% de amido em amostras de inhame. Ravindran et al. (1995) encontraram uma média de 72,09% de amido em 16 cultivares de batata-doce. Garcia (2013) analisou diferentes cultivares de batatas, obtendo teores de amido entre 92,44 e 96,29%. Leonel, Cereda e Sarmento (2002) encontraram 84,3% de amido em amostras de araruta.

As farinhas de BDPA e BDPR orgânicas apresentaram entre 26,36 a 36,33% e 91,3 a 94,05% de amido (b.s.) (Tabela 1), respectivamente. Amajor et al. (2011) avaliaram 5 cultivares de batata-doce (de polpa branca e amarela), obtendo teores de amido entre 30,31

a 36,22% (b.s.) em farinhas. Jangchud, Phimolsiripol e Haruthaithasan (2003) encontraram teores médios de amido de 49,9% e 57,7% (b.s.) em farinhas de BDPA e BDPR, respectivamente. Souza e Leonel (2010) encontraram 88,43% (b.s.) de amido em fécula de mandioca, sendo estes resultados próximos aos obtidos no presente estudo.

Um estudo realizado por Noda et al. (1996), investigou a influência dos níveis de fertilizantes utilizados em batatas-doce de polpa roxa e alaranjada no teor de amido das mesmas, reportando valores mais elevados nas amostras expostas a baixos níveis de fertilizantes (30 a 32% de amido em BDPR e 18,7 a 19,1% em BDPA). Este mesmo comportamento foi verificado por Lombardo, Pandino e Mauromicale (2012), os quais constataram que cultivares de batatas obtidas por sistema de produção orgânica apresentaram maior conteúdo de amido em relação às obtidas por sistema de produção convencional. Observando-se os resultados encontrados no presente estudo, pode-se sugerir que os altos teores de amido encontrados nas amostras de BDPA e BDPR podem ser justificados pela ausência do uso de fertilizantes, uma vez que as amostras utilizadas são oriundas de cultivo orgânico.

Em relação ao teor de acidez, pode-se observar, de acordo com a Tabela 1, que não houve diferença significativa entre as amostras *in natura* e farinhas de diferentes lotes, tanto para BDPA quanto para BDPR. Os resultados obtidos foram semelhantes ao encontrado por Roesler et al. (2008), os quais obtiveram teor de acidez para diferentes cultivares de batata-doce variando entre 0,65 a 2,48 mL NaOH. 100 g<sup>-1</sup> (b.s.). No entanto, estes autores avaliaram a influência da época de colheita, constatando que amostras colhidas com mais tempo, apresentaram uma redução dos teores de acidez, o que não ocorreu no presente estudo (não houve diferença significativa entre os lotes). Estes mesmos autores, correlacionaram os teores de acidez com os valores de pH das amostras, obtendo de 6,04 a 6,65, estando também de acordo com o obtido no presente estudo.

Garcia e Leonel (2005) obtiveram valores de acidez semelhantes aos obtidos neste trabalho para diversos tubérculos, sendo 2,21 mL NaOH. 100 g<sup>-1</sup> para batata-doce, 1,05 mL NaOH. 100 g<sup>-1</sup> para mandioca e 1 mL NaOH. 100 g<sup>-1</sup> para taioba, todos em base seca. Leonel, Jackey e Cereda (1998) obtiveram uma média de 0,93 mL NaOH. 100 g<sup>-1</sup> (b.s.) para féculas de batata-doce, sendo próximo ao teor de acidez das farinhas orgânicas estudadas.

Os resultados encontrados são semelhantes a valores reportados na literatura, para tubérculos cultivados em sistema tradicional, o que sugere, que não existe diferença do teor de acidez relacionada ao tipo de sistema de cultivo. Ferreira et al. (2010), compararam tomates de cultivo orgânico com convencional, constatando que não houve diferença entre os teores de acidez dos mesmos.

O pH é um fator de grande importância na limitação da capacidade de desenvolvimento de microrganismos no alimento. Em função deste parâmetro, de acordo com Soares et al. (1992), os alimentos podem ser classificados em: pouco ácidos (pH > 4,5), ácidos (4,5 a 4,0) e muito ácidos (<4,0). Diante desta classificação, todas as amostras de farinha analisadas foram consideradas pouco ácidas, apresentando superior a 4,5 (Figura 21). De acordo com Garcia (2013), a concentração de ácido necessária para modificar o valor de pH nos alimentos depende dos teores de sólidos solúveis, proteínas, sais e da capacidade tamponante desses componentes, além do grau de ionização do ácido.

De acordo com a Tabela 1, pode-se observar que os valores médios de pH das amostras não apresentaram diferença no teste Tukey a 5%. Todas as amostras *in natura* apresentaram pH de 6,55. Em um estudo realizado por Leonel e Cereda (2002), foi reportado o pH de 6,29, atribuído a amostras de batata-doce. Roesler et al. (2008) obtiveram valores de pH compreendidos entre 6,15 e 6,38 para variedades de batatas-doce de polpa roxa e entre

6,12 e 6,51 para as de polpa rosada. Steed e Truong (2008) analisaram polpas de BDPR, as quais apresentaram pH 6,0, sendo próximo ao encontrado no presente estudo.

Os valores de pH das farinhas orgânicas não diferiram significativamente das amostras *in natura* e são semelhantes aos resultados encontrados na literatura. Leonel, Jackey e Cereda (1998), analisaram féculas de batata-doce, cujo pH reportado foi de 6,37, o que permite sugerir que as féculas de batata-doce apresentam pH semelhante às farinhas. Sugere-se, ainda, que não existe diferença de pH atribuída ao cultivar de batata-doce analisada.

## 5.2. Informações nutricionais das farinhas orgânicas de BDPA e BDPR

Mediante os resultados apresentados na Tabela I, foram calculadas as médias entre os teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos, fibra bruta, e ainda vitamina A (descrita mais adiante) de ambos os lotes das farinhas orgânicas de BDPA e BDPR, com o objetivo de calcular suas informações nutricionais (Quadros 1 e 2).

**Quadro 1.** Informação nutricional da farinha de batata-doce de polpa alaranjada orgânica.

<b>INFORMAÇÃO NUTRICIONAL DE FARINHA DE BATATA-DOCE DE POLPA ALARANJADA ORGÂNICA</b>		
Porção 50 g (1/4 de xícara)		
	Quantidade por porção	% VD*
Valor energético	191 Kcal= 798 KJ	9,5
Carboidratos (g)	45,3	9,1
Proteínas (g)	2,13	0,43
Vitamina A ( $\mu$ g EAR) <sup>1</sup>	768	85,3
Não contém quantidades significativas de gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans, fibra alimentar e sódio.		
(*) % Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000kcal ou 8.400kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.		

<sup>1</sup> Considerando o teor de vitamina A ( $\mu$ g, EAR), ou seja, expresso como equivalente de atividade de retinol (EAR) segundo IOM (2001) e IDR média de vitamina A para adultos de 900  $\mu$ g RAE/dia .

**Quadro 2.** Informação nutricional da farinha de batata-doce de polpa roxa orgânica.

<b>INFORMAÇÃO NUTRICIONAL DE FARINHA DE BATATA-DOCE DE POLPA ROXA ORGÂNICA</b>		
Porção 50 g (1/4 de xícara)		
	Quantidade por porção	% VD*
Valor energético	190 kcal= 794 KJ	9,5
Carboidratos (g)	44,13	8,8
Proteínas (g)	2,91	0,14
Não contém quantidades significativas de gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans, fibras e sódio.		
(*) % Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2.000kcal ou 8.400kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.		

O tamanho da porção para farinhas de cereais e tubérculos é de 50 g, correspondente à 1/4 de xícara (BRASIL, 2003b). No quadro de informações nutricionais foram considerados os teores de carboidratos, proteínas e fibras para o cálculo do valor energético total. Os teores de gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans, fibras e sódio para o alimento em questão não apresentam valores significativos, sendo declarados conforme a legislação como “não significativos”.

O VET (valor energético total) da porção de farinha de BDPA e BDPR foi de 191 e 190 Kcal, valores correspondentes a 9,5 % do valor diário (VI) para uma dieta de 2000 Kcal. Uma dado interessante, é que o consumo de 50 g de farinha de BDPA correspondeu a 85,3% do valor diário recomendado de vitamina A. Mais adiante, esta informação será melhor discutida (item 5.4.1.).

### 5.3. Análises cromatográficas

#### 5.3.1. Determinação do perfil de açúcares

Na Tabela 2, são apresentadas as equações resultantes da aplicação da regressão linear aos resultados experimentais da análise de determinação do perfil de açúcares por CG. É possível observar que os padrões de carboidratos apresentaram excelente linearidade ( $R^2$ ; superiores a 0,995), e alta precisão (P; inferiores a 3,9%), dentro da faixa estudada, o que sugere que as curvas foram consideradas lineares e reproduzíveis para a gama de concentrações de carboidratos estudados (até 2000 µg).

**Tabela 2.** Equações resultantes da aplicação da regressão linear, linearidade e precisão das curvas de calibração dos açúcares obtidos experimentalmente via cromatografia gasosa.

Padrão de Carboidrato	Equação	$R^2$	P (%)
Frutose	$Y = 0,849 X - 0,0351$	0,995	3,9
Glicose	$Y = 1,282 X - 0,0444$	0,998	1,8
Sacarose	$Y = 1,167 X - 0,0213$	0,999	1,4
Maltose	$Y = 0,967 X - 0,0296$	0,999	1,7
Isomaltose	$Y = 1,268 X - 0,0901$	0,990	7,0

Y é a razão de área entre o pico considerado e o padrão interno, e X é a razão entre as massas do analito e do padrão interno. P é o desvio relativo médio.

De acordo com Melo (1999) o teor de açúcares é fortemente determinado pelo grau de maturação do tubérculo na colheita, condições climáticas e nutricionais em que se desenvolveram as plantas, além de condições de armazenamento pós-colheita (KUMAR; SINGH; KUMAR, 2004). O perfil de açúcares encontrados nas amostras *in natura* está apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3.** Conteúdo de açúcares ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ) em BDPA e BDPR orgânicas (*in natura*), em base seca (b.s.).

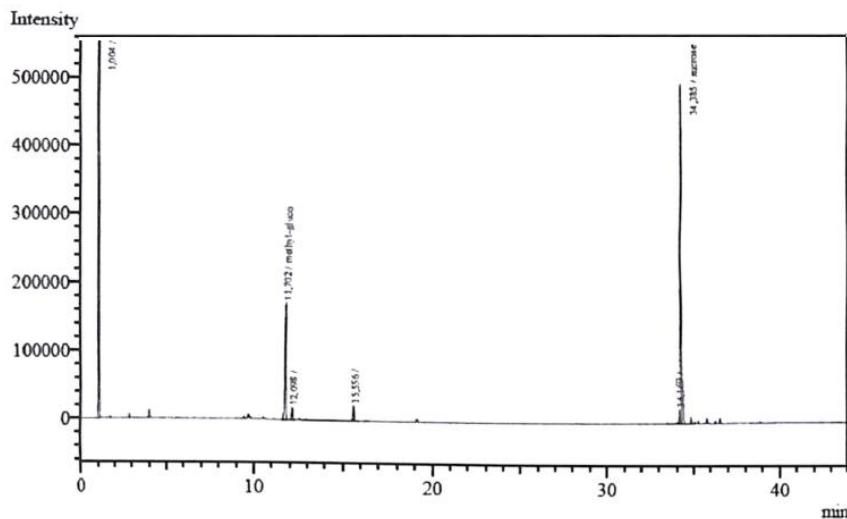
Batata-doce		Sacarose	Glicose	Açúcares Totais
<b>Batata-doce de polpa alaranjada</b>	<i>Lote 1</i>	87+3,33 <sup>b</sup>	8,98+0,45 <sup>b</sup>	95,98±3,8 <sup>b</sup>
	<i>Lote 2</i>	119,4±0,4 <sup>a</sup>	32,82+1,31 <sup>a</sup>	152,23±0,29 <sup>a</sup>
<b>Batata-doce de polpa roxa</b>	<i>Lote 1</i>	58,24+0,89 <sup>a</sup>	6,18±0,02 <sup>a</sup>	64,42±1,05 <sup>a</sup>
	<i>Lote 2</i>	44,9±0,27 <sup>b</sup>	5,60±0,38 <sup>a</sup>	50,5±0,10 <sup>b</sup>

Os valores se referem às médias de 3 amostras. Médias na mesma coluna com letras diferentes diferem entre si no teste de Tukey ( $p<0,05$ ), e letras iguais não diferem significativamente ( $p>0,05$ ).

De forma geral, as amostras *in natura* de BDPA orgânica apresentaram maior conteúdo de açúcares totais, redutores e não redutores, em relação à BDPR. Devido à escassez de estudos de determinação do perfil de açúcares em batatas-doce de polpa de diferentes colorações, como a BDPA e BDPR, os resultados deste trabalho foram comparados aos resultados de trabalhos utilizando batatas e batatas-doce convencionais, em sua maior parte.

Os monossacarídeos glicose e frutose, por apresentarem uma função aldeídica e uma cetônica livre, respectivamente, são capacitados a reduzirem cátions como cobre e prata, transformando-se simultaneamente em produtos oxidados, sendo, portanto, considerados açúcares redutores, diferentemente da sacarose, a qual não apresenta este comportamento, sendo denominada de açúcar não redutor (DEMIATE et al., 2002).

Na Figura 13 é apresentado um dos cromatogramas obtidos para a BDPA *in natura*. Nesta amostra, a sacarose foi o açúcar majoritário, para os lotes 1 e 2 (90,6 e 78,8% dos carboidratos, respectivamente, b.s.), seguido da glicose, a qual foi encontrada na proporção de 9,4% no lote 1 e 21,2% (b.s.) dos carboidratos no lote 2. As amostras *in natura* de BDPA orgânica apresentaram de 95,9 a 152,3  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  de açúcares totais, 8,98 a 32,8  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  de açúcares redutores, (representado pela glicose) e 87 a 119,4  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  de açúcares não redutores (representado pela sacarose), apresentando diferença significativa entre os lotes, sendo estes resultados expressos em base seca. Leonel e Cereda (2002), investigaram a composição química de diversas tuberosas, reportando teor de 69  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  e de açúcares totais e 57,4  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  (b.s.) de açúcares redutores para batata-doce. Ravindran et al. (1995) encontraram uma média de 60  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  de açúcares totais (b.s.) em 16 diferentes cultivares de batata-doce. Os resultados demonstram que a BDPA apresenta teor de açúcares redutores superior ao inhame (1 a 7  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$  b.s.) (LEONEL; CEREDA, 2002), por exemplo. Estes mesmos autores reportam em seu estudo, o teor médio de 57,4 % de açúcares redutores em batata-doce tradicional, sendo inferior à variedade estudada no presente estudo.



**Figura 13.** Cromatograma de uma das amostras *in natura* de batata-doce de polpa alaranjada (BDPA) orgânica, obtido na análise de determinação de açúcares por CG.

As amostras de BDPR orgânica *in natura* apresentaram teores de açúcares totais entre 50,5 a 64,7 mg. g<sup>-1</sup>, açúcares redutores de 5,6 a 6,2 mg. g<sup>-1</sup> e açúcares não redutores entre 44,9 a 58,2 mg. g<sup>-1</sup>, em base seca. Do total de açúcares, tais conteúdos representam, para o lote 1, 90,4% de sacarose e 9,6% de glicose, e para o lote 2, 88,9% de sacarose e 11,1% de glicose. Tais resultados são próximos ao conteúdo de açúcares redutores reportado por Kita et al. (2013), para batatas de polpa roxa (7,7 mg. g<sup>-1</sup>), sendo o teor de açúcares totais, no entanto, superior ao obtido por tais autores (13,6 mg. g<sup>-1</sup>) (b.s.).

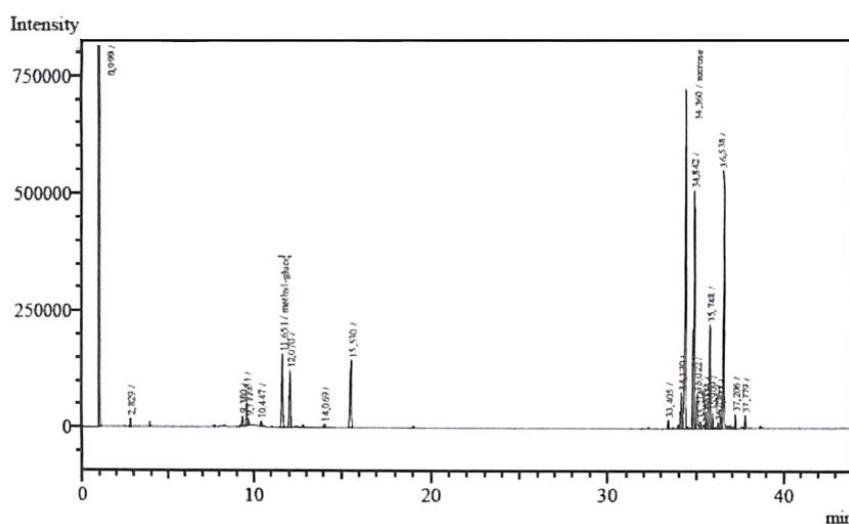
Um estudo realizado por Fernandes et al. (2010), reporta teores de açúcares totais (8,2 a 15 mg. g<sup>-1</sup>) inferiores ao encontrado em ambas as variedades de batata-doce *in natura* analisadas no presente estudo, e teores de açúcares redutores (3 a 10,4 mg. g<sup>-1</sup>) comparáveis ao constatado nas BDPR, todos expressos em base seca. Rose e Vasanthakaalan (2011) encontraram conteúdo de açúcares redutores superior (48,4 a 67,1 mg. g<sup>-1</sup> em BDPA e 51,8 a 57,2 mg. g<sup>-1</sup> em batata-doce de polpa branca, b.s.) ao presente estudo. Lai et al. (2011), obtiveram teores de açúcares totais em diferentes cultivares de batata-doce fresca compreendidos entre 45 e 84,1 mg. g<sup>-1</sup>, e Zhang et al. (2002), investigaram os níveis de açúcares totais de batata-doce, obtendo valores entre 48 e 125 mg. g<sup>-1</sup>, todos em base seca, sendo semelhantes aos valores encontrados nas amostras *in natura* de BDPR analisadas neste trabalho.

Junior et al. (2012) analisaram 12 diferentes cultivares de batata-doce, obtendo teor de açúcares redutores entre 9 a 13 mg. g<sup>-1</sup> (b.s.), valores estes semelhante ao encontrado em BDPA e BDPR *in natura*. Lombardo, Pandino e Mauromicale (2012) analisaram variedades orgânicas e de cultivo convencional de batatas, encontrando maiores resultados de açúcares solúveis para as convencionais (5,9 e 17 mg. g<sup>-1</sup> para glicose, e sacarose, respectivamente), quando comparadas às orgânicas (4,2 e 12,6 mg. g<sup>-1</sup> para glicose, e sacarose, respectivamente), expressos em base seca, sendo os teores de açúcares totais inferiores ao presente estudo.

Pode-se observar que os teores de açúcares foram significativamente maiores em BDPA do lote 2, diferindo do comportamento apresentado pelas BDPR, cuja maior fração de açúcares foi encontrada nas amostras do lote 1. Ravn, Sorensen e Meyer (2013)

constataram que o conteúdo de glicose de polpa de batata não diferiu significativamente em relação ao tempo de colheita.

Na Figura 14, é apresentado um dos cromatogramas obtidos para a análise de açúcares por CG em uma das farinhas de BDPA. Pode-se observar que existe uma sobreposição de diversos picos, o que torna a inviável a identificação dos picos de maltose e isomaltose, não tendo sido, portanto, possível quantificá-los. Este comportamento pode ser justificado por uma maior concentração de açúcares nas farinhas.



**Figura 14.** Cromatograma de uma das amostras de farinha orgânica de batata-doce de polpa alaranjada (BDPA), obtido na análise de determinação de açúcares por CG.

As amostras *in natura* (Figura 13) apresentaram apenas traços de maltose e isomaltose, o que indica que a concentração dos mesmos não é detectável. Contudo, nas farinhas, a concentração dos mesmos aumenta, o que é facilmente percebido na Figura 14, pois ocorre a degradação do amido, durante o processamento das amostras. Devido ao fato deste trabalho não objetivar a quantificação destes compostos por CG, mas sim avaliar os efeitos de processamento, sugere-se que trabalhos futuros busquem realizar a quantificação dos mesmos através de ajustes nas concentrações iniciais das amostras. No entanto, pode-se verificar, com segurança, que o processamento das amostras *in natura* em farinhas, ocasionou degradação do amido presente, o que pode ser corroborado através dos resultados expressos na Tabela 1 (contida no item 5.1.), os quais demonstram que os teores de amido das amostras de BDPA e BDPR *in natura* são significativamente maiores quando comparados às respectivas farinhas.

Mesmo não tendo sido possível a quantificação dos açúcares nas farinhas orgânicas de BDPA e BDPR, serão apresentados a seguir alguns estudos que reportam o teor de açúcares em amostras similares. Afina et al. (2009), analisaram farinhas elaboradas com 21 cultivares de batata-doce, apresentando teor de açúcares totais entre 18 a 47 mg. g<sup>-1</sup>. Em outro estudo, realizado por Jangchud, Phimolsiripol e Haruthaithasan (2003), observaram que as farinhas de BDPA apresentaram em média, 43 mg. g<sup>-1</sup> de açúcares redutores em sua composição.

De acordo com Carillo et al. (2012), amostras submetidas à processamento para obtenção de farinhas, apresentam uma redução no conteúdo de açúcares solúveis, podendo

ser justificado pela etapa de branqueamento, o que inclusive é desejável em alguns casos, partindo do princípio que a redução destes compostos consequentemente reduz a formação de acrilamida (tóxica), em processamentos posteriores. Este comportamento foi verificado por Lai et al. (2011), os quais realizaram uma comparação entre os teores de açúcares solúveis de batatas-doce frescas e processadas, tendo sido relatado, respectivamente, um decréscimo de 742 para 265,3 mg. g<sup>-1</sup> de sacarose e 175,6 para 52,2 mg. g<sup>-1</sup> de glicose.

O mesmo estudo, elaborado por Carillo et al. (2012), constatou que batata orgânica apresentou maiores teores de sacarose e glicose quando comparada à batata adquirida em sistema de cultivo convencional. Em contraste, Lombardo, Pandino e Mauromicale (2012) afirmam, em seu estudo, que tubérculos orgânicos apresentam menores concentrações de açúcares solúveis em comparação aos convencionais.

#### **5.4. Determinação de fitoquímicos e propriedades funcionais das amostras de batata-doce de polpa alaranjada e roxa orgânicas (*in natura* e farinhas)**

##### **5.4.1. Determinação do teor de p-caroteno e atividade pró-vitamínica A**

Os resultados encontrados nas análises de determinação do teor de carotenoides totais e vitamina A estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4.** Teores de carotenóides totais e vitamina A encontrados nas amostras de BDPA orgânica (*in natura* e suas farinhas), em base seca.

Batata-doce de polpa alaranjada	Carotenóides totais (mg.100g <sup>-1</sup> )	Vitamina A (µg ER*.100g <sup>-1</sup> )	Vitamina A (µg EAR**.100g <sup>-1</sup> )
<i>In natura</i>	<i>Lote 1</i> 25,47 ± 0,94 <sup>b</sup>	4253,3	2126,6
	<i>Lote 2</i> 30,97 ± 0,55 <sup>a</sup>	5172,5	2586,2
<b>Farinha</b>	<i>Lote 1</i> 17,13 ± 0,26 <sup>d</sup>	2860	1430
	<i>Lote 2</i> 19,66 ± 0,61 <sup>c</sup>	3283,2	1641,6

Os valores apresentados correspondem à média seguida pelo desvio padrão/ Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem entre si no teste de Tukey (p<0,05).

\*ER = retinol; \*\*EAR = equivalente de atividade de retinol.

BDPA = batata-doce de polpa alaranjada.

O teor de carotenóides verificado nas amostras de BDPA orgânicas *in natura* variou de 25,47 a 30,97 mg. 100g<sup>-1</sup> (25470 a 30970 µg. 100g<sup>-1</sup> ou 254,7 a 309,7 µg. g<sup>-1</sup>) (b.s.). Analisando os teores de carotenóides, Shih, Kuo e Chiang (2009) observaram valores de p-caroteno na faixa de 0,43 a 8,33 mg. 100g<sup>-1</sup> em dois cultivares de BDPA, sendo estes teores inferiores em relação ao presente estudo. Ukpabi e Ekeledo (2009) observaram os conteúdos de β-caroteno de duas variedades de BDPA cultivadas no leste africano, que variaram de 3,87 a 5,97 mg. 100g<sup>-1</sup>. Tomlins et al. (2012) analisaram o teor de carotenóides totais

presentes em onze cultivares de batatas doce biofortificadas de polpa laranja, amarela e branca, cultivadas na África, observando valores entre 0,04 a 7,28 mg. 100g<sup>-1</sup>, sendo todos estes resultados expressos em base seca.

A BDPA pode ser considerada equivalente a alimentos que são reconhecidas fontes de carotenóides, uma vez que, de acordo com diversos estudos, apresenta teores semelhantes deste nutriente. De acordo com Rodriguez-Amaya et al. (2008), as abóboras apresentam teores médios de β-caroteno compreendidos entre 1,4 e 235 µg. g<sup>-1</sup>.

Os teores de carotenóides totais observados nas farinhas elaboradas com BDPA orgânica, no presente estudo, variou de 17,13 a 19,66 mg. 100g<sup>-1</sup> (b.s.) similar ao reportado por Nascimento et al. (2013a), para féculas de batata-doce orgânica, que apresentou teor de carotenóides totais de 18 mg. 100 g<sup>-1</sup> (b.s.).

De acordo com a Tabela 4, pode-se verificar que os teores de carotenóides totais diferem estatisticamente entre as amostras *in natura* e a farinha, sugerindo que o processamento acarretou uma redução média no seu conteúdo de 34,6%. Este comportamento foi semelhante ao observado por Fonseca et al. (2008), que reportaram teor de carotenóides totais de 29,397 µg. 100g<sup>-1</sup> (b.s.) em BDPA e perda de 38% no teor destes pigmentos após o processo de secagem para obtenção de farinha. Segundo estes autores, a exposição ao oxigênio e a temperatura do processo foram fatores decisivos durante o processamento, capazes de desencadear a perda de carotenóides.

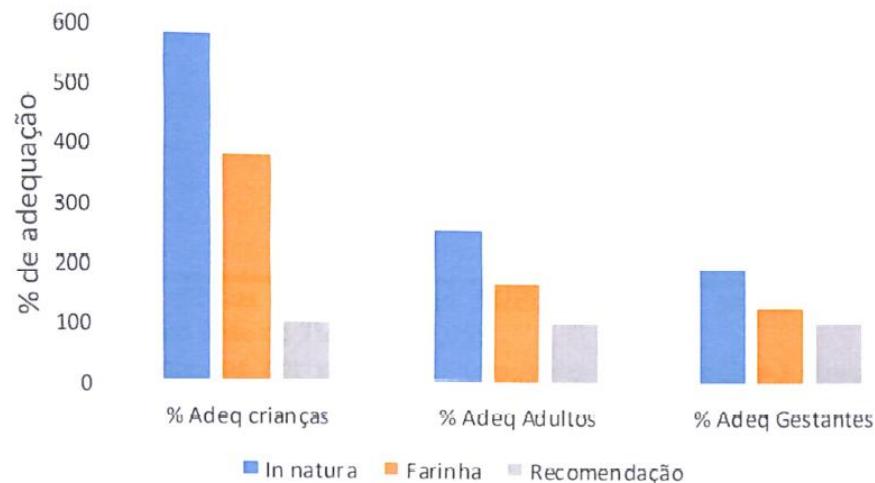
De acordo com Jaarsveld et al. (2006), os carotenóides pró-vitamina A são susceptíveis à degradação por tratamento térmico e exposição à luz durante o processamento e armazenamento prolongado. Bengtsson et al. (2008), em seu estudo, constataram que a retenção de trans-β-caroteno em BDPA após fervura, cozimento e fritura, é similar aos produtos preparados prontos para consumo, e que métodos de secagem como forno e secagem ao sol podem ser considerados apropriados, pois resultaram em elevados valores de retenção de carotenóides. Em outro estudo, realizado por Bechoff et al. (2010), demonstrou-se que o efeito do armazenamento de chips de batata doce de polpa alaranjada promoveu maiores perdas no conteúdo de carotenóides do que o processo de secagem.

A farinha orgânica de BDPA apresentou menor teor de vitamina A, comparada à amostra *in natura* (Tabela 4). Laurie et al. (2012), observaram em seu estudo, teores de vitamina A em amostras de BDPA cultivadas na África do Sul, entre 1102 a 1983 µg EAR. 100 g<sup>-1</sup>. Outro estudo realizado por Bengtsson et al. (2008) avaliaram 7 cultivares de BDPA, onde foram constatados teores de vitamina A na faixa de 311 a 755 µg EAR.100 g<sup>-1</sup> (amostra *in natura*), sendo inferior ao conteúdo observado em amostras *in natura* no presente estudo (2272 µg EAR.100 g<sup>-1</sup>). Bechoff et al. (2009) obtiveram teor de 1500 µg EAR. 100 g<sup>-1</sup> de vitamina A em farinha de BDPA, sendo próximo ao conteúdo encontrado neste trabalho, sendo todos os resultados aqui apresentados, expressos em base seca. Estes autores constataram, ainda, que a farinha é uma importante fonte de pró-vitamina A.

Pode-se observar que as amostras *in natura* do lote 2 apresentaram conteúdo de carotenóides totais maior, significativamente. Este comportamento é semelhante ao obtido por Liu, Lin e Yang (2009), os quais determinaram os teores de carotenóides em batatas-doce colhidas em diferentes tempos, constatando que o conteúdo destes compostos aumentou com o aumento do tempo de colheita. No entanto, há quem afirme que o teor de carotenóides totais é superior em tubérculos imaturos (KOTIKOVA et al, 2007; MORRIS et al., 2004).

Pode-se verificar que 100 g de BDPA orgânica *in natura* apresenta um teor médio de vitamina A superior à Ingestão Diária Recomendável (IDR) estabelecida pelo IOM (2001), que é de 400 µg RAE/dia para crianças, 900 µg RAE/dia para adultos (do sexo

masculino com idade entre 19 a 50 anos), e 1200 µg RAE/dia para gestantes. Também é observado que a mesma porção de farinha, corresponde aproximadamente à recomendação diária para gestantes, e ultrapassa em aproximadamente 4 vezes a IDR para crianças e 2 vezes a recomendação para adultos (Figura 15).



**Figura 15.** Percentuais de adequação diária de vitamina A para crianças, adultos e gestantes em relação ao consumo de uma porção de 100 g de BDPA (batata-doce de polpa alaranjada) orgânica *in natura* e suas farinhas, com base na média dos teores de vitamina A entre os lotes 1 e 2.

Com base nestes resultados, sugere-se que este alimento pode ser incrementado na alimentação sob diversas formas de preparação, e que suas farinhas podem ser veiculadas na elaboração de produtos de panificação, dentre outros, pois podem contribuir com a adequação diária de vitamina A para indivíduos de diferentes faixas etárias, apesar da porção reduzida.

#### 5.4.2. Determinação do teor de antocianinas monoméricas totais

Na Tabela 5 são apresentados os teores de antocianinas monoméricas totais (AMT) das amostras de BDPR *in natura* e farinha.

**Tabela 5.** Conteúdo de antocianinas monoméricas totais das amostras de BDPR orgânica (*in natura* e farinha), cm base seca (b.s.).

<b>Batata-doce de polpa roxa (BDPR)</b>		<b>Antocianinas monoméricas totais (mg.100g<sup>-1</sup>)*</b>
<b><i>In natura</i></b>	<i>Lote 1</i>	54,26 ± 0,53 <sup>a</sup>
	<i>Lote 2</i>	48,75 ± 1,43 <sup>b</sup>
<b>Farinha</b>	<i>Lote 1</i>	4,54 ± 0,12 <sup>c</sup>
	<i>Lote 2</i>	2,19 ± 0,03 <sup>d</sup>

Os valores se referem às médias de 3 amostras. Médias na mesma coluna com letras diferentes diferem entre si no teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

\* Os resultados foram expressos em mg EC3G (equivalente a cianidina-3-glucosídeo, antocianina majoritária da BDPR) por 100 g de amostra seca (segundo Liu et al., 2013).

BDPR = batata-doce de polpa roxa.

De acordo com os resultados apresentados, pode-se observar que o conteúdo de antocianinas totais foi maior significativamente nas amostras *in natura* do lote 1. O mesmo comportamento foi verificado por Reyes, Miller e Cisneros-Zevallos (2004), os quais constataram que o teor de antocianinas em tubérculos decresce com o amadurecimento.

Os resultados expressos na Tabela 5 indicam que os teores de AT das farinhas de BDPR (2,19 a 4,54 mg. 100 g<sup>-1</sup>) foram inferiores quando comparados às amostras *in natura* (48,75 a 54,26 mg. 100 g<sup>-1</sup>) (b.s.), indicando que estes compostos foram perdidos devido à alta temperatura a que as amostras foram submetidas durante o branqueamento e secagem para obtenção das farinhas.

Estes resultados são comparáveis aos encontrados por Brown et al. (2003), os quais relataram concentrações de antocianinas em tubérculos de polpa roxa de 6,0 a 12,0 mg. 100 g<sup>-1</sup> e nos tubérculos de polpa vermelha, de 12 a 35 mg. 100 g<sup>-1</sup> (b.u.). Albishi et al. (2013) encontraram 6,84 e 0,64 mg. 100 g<sup>-1</sup> em casca e polpa de BDPR, respectivamente, em base seca. Reyes et al. (2005) estimaram as concentrações de antocianinas de diferentes genótipos de batata roxa e vermelha em um intervalo de 11 a 174 mg. 100 g<sup>-1</sup> (b.s.). O conteúdo de AMT de 4 variedades biofortificadas de BDPR, criadas no Japão, foi analisado por HPLC e determinado como equivalente a cianidina-3-glucosídeo, descrito por Hillebrand et al. (2010). Os valores variaram entre 6,5 e 29,1 mg.100<sup>-1</sup>, e são comparáveis aos valores encontrados em batatas pigmentadas, previamente descritos por Rodrigues-Saona et al. (1998), todos em base seca.

Brown et al. (2008), reportaram a concentração de antocianinas em cultivares de batatas roxas e vermelhas (50 a 180 mg. 100 g<sup>-1</sup>) (b.s.), e Fan et al. (2008), realizaram uma otimização do processo de extração das antocianinas de BDPR, utilizando metodologia de superfície de resposta, obtendo rendimentos que variaram entre 101 e 152 mg. 100 g<sup>-1</sup> (b.s.).

Rodrigues et al. (2011), determinaram o teor de AT de mirtilo (*blueberries*), os quais apresentam alta atividade antioxidante e alto conteúdo de fenólicos entre muitas frutas e vegetais previamente testados (PRIOR et al., 1998; CAO; SOFIC; PRIOR, 1996). Neste estudo, o teor de AT encontrado foi de 40,62 mg. 100 g<sup>-1</sup> (b.s.). Koca e Karadeniz (2009) encontraram de 12 a 326 mg. 100 g<sup>-1</sup> (b.s.) de antocianinas em diferentes variedades de

mirtilo. Outro estudo, realizado por Galarça et al. (2012), encontrou 18,05 mg. 100 g<sup>-1</sup> (b.s.) de AT em mirtilo. Estes resultados permitem sugerir que a BDPR pode ser considerada como uma rica fonte de compostos fenólicos comparável ao mirtilo, com 48,75 a 54,26 mg. 100 g<sup>-1</sup> de AT (b.s.), com a vantagem adicional de promover maiores rendimentos por hectare e menor custo de produção (CEVALLOS-CASALS; CISNEROS-ZEVALLOS, 2004).

Truong et al. (2012), ao analisarem 23 genótipos de BDPR, obtiveram teor de antocianinas totais de 5 a 663 mg. 100 g<sup>-1</sup>. Steed et al. (2008), encontraram teores de 253,3 a 317,7 mg. 100 g<sup>-1</sup> de antocianinas totais em amostras cozidas e em purês de BDPR. Teow et al. (2007) encontraram de 23,2 a 160,4 mg. 100 g<sup>-1</sup> de AT em diferentes acessos de BDPR, 4,87 a 13,9 mg. 100 g<sup>-1</sup> em BDPA, e não detectaram antocianinas em batatas-doce de polpa amarela. Shih, Kuo e Chiang (2009) reportam teores de antocianinas totais de 0,2 a 0,36 mg. 100 g<sup>-1</sup> em batatas-doce de polpa amarela, e 0,4 a 0,85 mg. 100 g<sup>-1</sup> em batatas-doce de polpa alaranjada. Steed e Truong (2008), em seu estudo envolvendo casca e polpa de BDPR's, obtiveram teor de antocianinas totais de 292,2 a 606,6 mg. 100 g<sup>-1</sup> para amostras cruas e 220 a 457,5 mg. 100 g<sup>-1</sup> para amostras submetidas ao cozimento em vapor. Hosseinian, Li e Beta (2008) analisaram os teores de antocianinas de trigo roxo por HPLC e pelo método de pH diferencial, encontrando 49,1 e 50,06 mg. 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente, não havendo diferença significativa ( $p>0.05$ ). Todos os valores foram expressos em base seca.

Em relação às farinhas, pode-se observar, a partir da Tabela 5, que o teor de AT encontrado nas farinhas foi de 2,19 a 4,54 mg. 100<sup>-1</sup> (b.s.) sendo inferior aos valores obtidos por Peng et al. (2013), os quais encontraram de 22,76 a 31,99 mg. 100 g<sup>-1</sup> (b.s.) de AT em farinhas de BDPR obtidas por microencapsulação, o que pode ser justificado pelo fato de que a microencapsulação é capaz de preservar os compostos bioativos e pigmentos da matriz alimentícia, em detrimento do processamento tradicional da farinha, onde a matéria-prima inicial é submetida à branqueamento térmico e secagem ao ar quente. Este mesmo comportamento foi verificado por Kita et al. (2013), os quais avaliaram os efeitos do processamento de batatas de polpa vermelha e roxa sobre o conteúdo de antocianinas, tendo sido analisados 3 genótipos de cada tipo de batata. Os resultados demonstraram que o processo de fritura para a obtenção de batatas fritas, levou à decréscimo dos teores de antocianinas. As batatas de polpa vermelha frescas apresentaram 22,6 a 171,1 mg. 100 g<sup>-1</sup> e após a fritura, estes valores diminuíram para 13,55 a 68,77 mg. 100 g<sup>-1</sup>. As batatas de polpa roxa, inicialmente apresentaram 40,22 a 185,75 mg. 100 g<sup>-1</sup>, e após o processamento, estes teores decresceram para 8,83 a 94,11 mg. 100 g<sup>-1</sup>. Um outro estudo, realizado por Fang et al. (2011) avaliou os efeitos de processamento térmico sobre o conteúdo de AT de inhame roxo, verificando que na amostra fresca (31 mg. 100 g<sup>-1</sup>) o teor de AT foi mais elevado quando comparado à amostra submetida a branqueamento (12,6 mg. 100 g<sup>-1</sup>) e congelamento (mg. 100 g<sup>-1</sup>). Kim et al. (2012) verificaram uma perda do conteúdo de AT de BDPR (amostra fresca: 1342 mg. 100 g<sup>-1</sup>) de quase 50 % quando submetida à cozimento por vapor (amostra cozida: 751 mg. 100 g<sup>-1</sup>). Os resultados do presente estudo foram comparados à valores também expressos em base seca.

O tratamento térmico é relatado como responsável pela degradação de antocianinas. Além disso, as antocianinas e outros compostos fenólicos são facilmente oxidados, e portanto, susceptíveis à degradação oxidativa durante várias etapas de processamento (PATRAS et al., 2010).

A degradação de compostos como AT devido ao processamento, difere do comportamento verificado por Lachman et al. (2012), os quais analisaram os efeitos de cozimento sobre o conteúdo de AT de batatas-doce de polpa vermelha e roxa, as quais foram cozidas em água, cozidas em vapor, cozidas em micro-ondas e assadas em forno. Os

resultados sugerem que houve um incremento no teor de AT nas amostras cozidas (217,4 a 587,9 mg. 100 g<sup>-1</sup>) em relação às frescas (130,4 mg. 100 g<sup>-1</sup>), em base seca. Um outro estudo, realizado por Lachman et al. (2013), objetivou analisar os efeitos de processamento sobre o teor de fitoquímicos de batatas de polpa vermelha e roxa, concluindo de houve um aumento nos teores de AT de ambas as amostras após o processamento. As batatas de polpa roxa frescas, por exemplo, apresentaram conteúdo de AT de 85 mg. 100 g<sup>-1</sup> e quando cozidas e assadas, estes valores aumentaram para 345,6 e 268,7 mg. 100 g- (b.s.) respectivamente. Mulinacci et al. (2008) constataram que apesar de o cozimento em ebulição e em micro-ondas proporcionaram a perda de 16 a 30% no teor de antocianinas em batatas, sendo bastante inferior ao obtido no presente estudo, onde o processamento das amostras *in natura* em farinhas ocasionou a perda de 91,6 a 95,5% do conteúdo destes fitoquímicos.

Todos os estudos citados anteriormente apresentaram resultados para antocianinas totais expressas em mg EC3G. 100 g<sup>-1</sup>, tais como os resultados do presente estudo.

Os resultados já reportados indicam que o conteúdo de antocianinas varia largamente entre batatas-doce de coloração roxa (MONTILLA; HILLEBRAND; WINTERHALTER, 2011).

#### **5.4.3. Determinação da capacidade antioxidante das amostras *in natura* e das farinhas de batata-doce orgânica de polpa alaranjada (BDPA) e roxa (BDPR)**

Na Tabela 6 são apresentados os resultados de capacidade antioxidante pelos métodos de DPPH e FRAP e o conteúdo de fenólicos totais (FT) de BDPA e BDPR (*in natura* e farinhas).

**Tabela 6.** Capacidade antioxidante pelos métodos de DPPH e FRAP, teor de compostos fenólicos totais e % SRL<sup>1</sup> de BDPA e BDPR orgânica, *in natura* e farinha (b.s.).

			SRL (%)	DPPH <sup>2</sup>	FRAP <sup>3</sup>	FT
<b>Batata-doce de polpa alaranjada (BDPA)</b>	<i>In natura</i>	<i>Lote 1</i>	1,00±0,09 <sup>c</sup>	109,62±0,15 <sup>b</sup>	15,43±1,24 <sup>d</sup>	7,61±0,09 <sup>a</sup>
		<i>Lote 2</i>	1,22±0,09 <sup>c</sup>	160,9±0,22 <sup>a</sup>	16,78±0,97 <sup>c</sup>	7,31±0,05 <sup>b</sup>
	<i>Farinha</i>	<i>Lote 1</i>	54,7±0,56 <sup>a</sup>	13,2±0,61 <sup>d</sup>	61,6±0,39 <sup>b</sup>	4,75±0,07 <sup>c</sup>
		<i>Lote 2</i>	30,26 ±2,47 <sup>b</sup>	38,21±2,59 <sup>c</sup>	66,2±0,92 <sup>a</sup>	4,53±0,03 <sup>d</sup>
<b>Batata-doce de polpa roxa (BDPR)</b>	<i>In natura</i>	<i>Lote 1</i>	4,5±0,09 <sup>c</sup>	395±1,71 <sup>a</sup>	100,4±0,33 <sup>c</sup>	9,86±0,08 <sup>a</sup>
		<i>Lote 2</i>	4,19±0,09 <sup>c</sup>	336,96±0,96 <sup>c</sup>	87,1±0,24 <sup>d</sup>	9,06±0,14 <sup>b</sup>
	<i>Farinha</i>	<i>Lote 1</i>	50,74±029 <sup>b</sup>	350,6±0,49 <sup>b</sup>	162,7±1,36 <sup>a</sup>	8,82±0,03 <sup>b</sup>
		<i>Lote 2</i>	68,11±0,52 <sup>a</sup>	255,45±0,36 <sup>d</sup>	133,3±1,76 <sup>b</sup>	7,45±0,23 <sup>c</sup>

Os valores se referem às médias de 3 amostras. Médias na mesma coluna com letras diferentes diferem entre si no teste dc *Tukey* ( $p<0,05$ ), e letras iguais não diferem significativamente ( $p>0,05$ ).

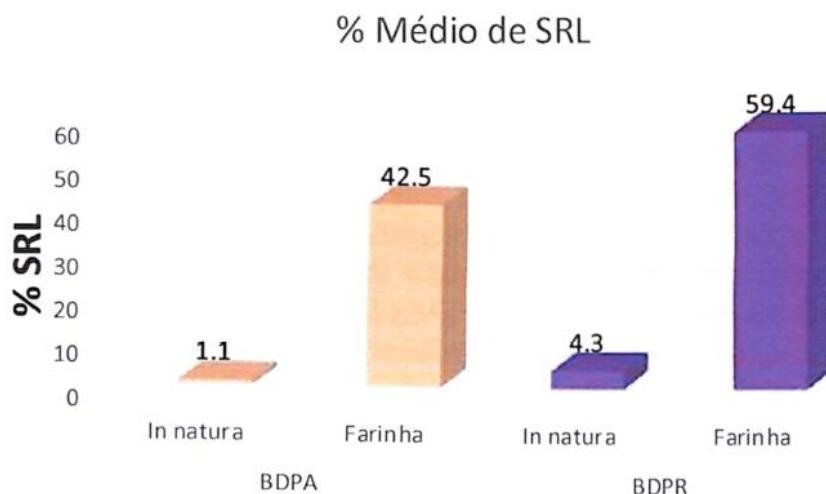
<sup>1</sup> SRL = sequestro de radicais livres

<sup>2</sup> Micromolar equivalente a Trolox por grama de amostra seca.

<sup>3</sup> FT = fenólicos totais (mg equivalente a ácido gálico por grama dc amostra seca).

De acordo com a Tabela 6, pode-se observar que, dentre as amostras *in natura* analisadas, a maior capacidade antioxidante foi apresentada pela BDPR, tanto pelo método de DPPH (336,96 a 395  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$ ) quanto pelo método de FRAP (87,1 a 100,4  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$ ), e ainda, quando os resultados foram expressos em % SRL (4,19 a 4,5%). Este comportamento também foi observado nas farinhas de BDPR, as quais apresentaram maior capacidade antioxidante quando comparadas às farinhas de BDPA.

Pode-se verificar, tanto para as batatas-doce de polpa alaranjada quanto roxa, que as farinhas apresentaram maior sequestro de radicais livres em relação às amostras *in natura* (Figura 16), provavelmente pelo fato de estarem mais concentradas, e que houve diferença estatística ( $p<0,05$ ) entre os lotes de cada variedade. Ahmed et al. (2010) encontraram atividade antioxidant expressa em % SRL de 29,75 a 88% em farinhas de BDPR, encapsuladas e não encapsuladas. Rocha (2012) analisaram farinha obtida da polpa de batata da serra (*Ipomoea convolvulácea* L.), obtendo 22,87% de SRL. Al-Saikhan, Howard e Miller (1995) obtiveram 65,2 e 68,6% de SRL em batatas de polpa branca e amarela, respectivamente.



**Figura 16.** % médio de SRL (sequestro de radicais livres) das amostras *in natura* e farinha de BDPA (batata-doce de polpa alaranjada) e BDPR (batata-doce de polpa roxa) orgânicas.

Pode-se verificar que a capacidade antioxidante das amostras *in natura* de BDPA foi significativamente maior para o lote 2, e nas amostras de BDPR, no lote 1. De acordo com Ghasemnezhad, Sherafati e Payvast (2011) e Deepa et al. (2007), frutos em maior estádio de maturação apresentam maior atividade antioxidante.

A capacidade antioxidante também foi determinada com base na capacidade dos antioxidantes atuarem como sequestradores de radicais em relação ao radical livre estável, DPPH (LUE et al., 2010). A molécula de 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) caracteriza-se como um radical livre estável por virtude da deslocalização do elétron livre sobre a molécula como um todo (MOLYNEUX, 2004). A solução metanólica de DPPH apresenta aspecto roxo escuro com um pico de absorção a 517 nm, que desaparece com a presença do captador de radicais do sistema reativo. A taxa reativa e a capacidade do captor de radicais dependerá da taxa e o valor de pico do desaparecimento do DPPH (DENG; CHENG; YANG, 2011). Este ensaio baseia-se na redução de DPPH à DPPH2, as mudanças da cor púrpura para amarelo, sendo monitoradas por espectrofotometria e utilizado para a determinação de parâmetros de propriedades antioxidantes (MISHRA; OJHA; CHAUDHURY, 2012).

Grace et al. (2014) avaliaram 3 cultivares de batata-doce, encontrando, capacidade antioxidante pelo método de DPPH, de 7,43 a 8,47  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$  (polpa roxa), 0,35 a 0,51  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$  (polpa alaranjada) e 0,35 a 0,56  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$  (polpa amarela), todas em base seca.

De acordo com Teow et al. (2007), as variedades de batata-doce com polpa roxa estão relacionadas à maior capacidade antioxidante. Segundo Liao et al. (2013), entre todas as variedades de batata-doce, a de polpa roxa apresenta maior capacidade antioxidante. Um estudo realizado por Cevallos-Casals e Cisneros-Zevallos (2004), comparou a capacidade antioxidante de batata-doce de polpa vermelha com mirtilo (também conhecido como blueberry), sendo considerada a fruta fresca dentro do grupo de pequenas frutas (que abrange morango, framboesa, mirtilo e amora) mais rica em antioxidantes e com elevado teor de compostos fenólicos. Os resultados do estudo revelam que a batata-doce de polpa vermelha apresentou maior capacidade antioxidante ( $42,3 \mu\text{M TE. g}^{-1}$ ) que o mirtilo ( $35,23 \mu\text{M TE. g}^{-1}$ ), em base seca. Contudo, sabe-se que é necessário considerar os efeitos de

processamento (cozimento ou elaboração de farinhas) e forma de consumo sobre estes parâmetros. Segundo Veliogiu et al. (1998), apesar de batatas conterem relativamente baixa quantidade de ácidos fenólicos totais, exceto as biofortificadas, apresentam alta atividade antioxidante em comparação com outras frutas e legumes.

Steed e Truong (2008) encontraram 200,26  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$  (b.s.) em BDPR. Steed et al. (2008) obtiveram 259,7 a 283,6  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$  (b.s.) em purês obtidos de BDPR cozida no vapor e em microondas, respectivamente. Burgos et al. (2013) avaliaram os efeitos do cozimento sobre a capacidade antioxidante de 4 acessos de BDPR nativa da região andina, obtendo para amostras cruas, de 35,85 a 5933  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$  e para amostras cozidas, de 42,22 a 9292  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$  (b.s.). Xu et al. (2009) analisaram 8 diferentes variedades de batatas cruas, reportando capacidade antioxidante entre 13,9 e 28,3  $\mu\text{M TE. g}^{-1}$  (b.s.). Outro estudo, realizado por Albishi et al. (2013), envolvendo 4 variedades de batatas, revelou atividade antioxidante de 52,66 a 183,88  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$  (b.s.).

Pode-se observar que houve uma grande redução da capacidade antioxidante da BDPA devido ao seu processamento em farinhas. O mesmo não aconteceu com tanta intensidade para as amostras de BDPR, onde a redução da capacidade antioxidante foi menos expressiva. Nascimento et al. (2013b) encontraram 7,53  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$  em féculas de BDPA, sendo inferior ao encontrado em farinhas de BDPA no presente estudo (13,2 a 38,21  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$ ).

Com relação à análise de capacidade antioxidante pelo método de FRAP, foram encontrados poucos trabalhos relacionados à vegetais e tubérculos para comparar com os resultados deste trabalho. As amostras *in natura* e farinha de BDPA apresentaram de 15,43 a 16,78  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$  e de 61,6 a 66,2  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$ , respectivamente, e as BDPR's *in natura* e farinha, apresentaram de 87,1 a 100,4  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$  e 133,3 a 162,7  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$ , respectivamente. Para o método de FRAP, pode-se verificar que houve diferença estatística entre os lotes (nas amostras de polpa alaranjada, o lote 2 apresentou maior atividade antioxidante, e dentre as amostras de polpa roxa, o lote 1 destacou-se com maior atividade antioxidante). Bontempo et al. (2013) encontraram 42,5  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$  em extrato de batata. Peñarrieta et al. (2011) encontraram de 1,9 a 8  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$  em variedades de batatas submetidas à congelação e secagem ao sol. Ou et al. (2002) reportaram capacidade antioxidante pelo método de FRAP de 5 a 183  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$  em vegetais.

Outro comportamento relevante a ser considerado é o aumento significativo da atividade antioxidante, pelo método de FRAP, após o processamento, onde pode-se verificar que as farinhas de BDPA e BDPR orgânicas apresentaram maiores resultados quando comparadas às amostras *in natura*. O mesmo não ocorreu em um estudo realizado por Kita et al. (2013), os quais observaram que houve uma redução da capacidade antioxidante, pelo método de FRAP, das amostras analisadas após as mesmas serem submetidas à fritura. Diferentes variedades de batatas-doce de polpa vermelha e roxa *in natura* apresentaram de 16,7 a 35,7  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$ , e após o processo de fritura, entre 7,6 a 24,1  $\mu\text{M ET. g}^{-1}$ .

Com relação ao teor de compostos fenólicos totais, pode-se verificar, através da Tabela 6, que estes compostos sofreram pouca influência do processamento para obtenção de farinha, pois as amostras *in natura* apresentaram maior teor dos mesmos quando comparadas às farinhas. Reyes, Miller e Cisneros-Zevallos (2005) observaram uma alta correlação positiva entre capacidade antioxidante e teores de antocianinas e compostos fenólicos, concluindo que estes compostos são os principais responsáveis pela capacidade antioxidante.

As amostras *in natura* do lote 2, tanto de BDPA quanto BDPR, apresentaram menor teor de fenólicos totais, quando comparadas ao lote 1. Este comportamento também foi

verificado por Conforti, Statti e Menichini (2007) e Ghasemnezhad, Sherafati e Payvast (2011), os quais constataram que com o aumento do tempo de colheita, o conteúdo de compostos fenólicos decresce.

Teow et al. (2007) encontraram 0,35 a 0,80 mg EAG. g<sup>-1</sup> (b.s.) em cultivares de batata-doce de polpa de diversas colorações. Grace et al. (2014) encontraram conteúdo de fenólicos totais de 15,22 a 17,84 mg EAG. g<sup>-1</sup> em batatas-doce de polpa roxa, 1,10 a 1,26

mg EAG. g<sup>-1</sup> em amostras de polpa laranja e 1,12 a 1,26 mg EAG. g<sup>-1</sup> em amostras de polpa amarela, todos em base seca. Steed et al. (2008), em seu estudo envolvendo purês de BDPR, constataram conteúdo de 0,07 a 0,08 mg EAG. g (b.s.). Batatas-doce de polpa vermelha, analisadas por Cevallos-Casais e Cisneros-Zevallos (2004), apresentaram teor de 14,33 mg EAG. g<sup>-1</sup> (b.s.) de fenólicos totais. Rumbaoa et al. (2009) analisaram 5 diferentes variedades de batatas-doce obtidas nas Filipinas, reportando teor de fenólicos compreendido entre 1,93 a 11,6 mg EAG. g<sup>-1</sup> e Xu et al. (2009) analisaram 8 diferentes variedades de batatas, obtendo 0,92 a 3,04 mg EAG. g<sup>-1</sup> (b.s.).

Nascimento et al. (2013) encontraram 1,46 mg EAG. g<sup>-1</sup> (b.s.) de fenólicos totais em féculas obtidas a partir de BDPA. Peng et al. (2013) analisaram farinhas de BDPR obtidas por microencapsulação com diferentes materiais de parede, encontrando valores entre 1,11 e 1,39 mg EAG. G<sup>-1</sup> (b.s.). Ahmed et al. (2010) analisaram farinhas de BDPR não encapsuladas e encapsuladas com diferentes proporções de maltodextrina e ácido ascórbico, reportando conteúdo de 13,78 a 57,23 mg EAG. g<sup>-1</sup> (b.s.). Burgos et al. (2013) avaliaram os efeitos do cozimento sobre o conteúdo de fenólicos e capacidade antioxidante de 4 acessos de BDPR nativa da região andina. Neste estudo, foi constatado que o teor de fenólicos totais foi maior nas amostras cozidas (4,07 a 20,14 mg EAG. g<sup>-1</sup>), em comparação às cruas (2,65 a 18,67 mg EAG. g<sup>-1</sup>), comportamento este que difere do obtido no presente estudo, onde as amostras submetidas à processamento para obtenção de farinhas sofreram redução significativa destes compostos.

Mattila e Hellstron (2007) constataram que o efeito do cozimento em batatas provocou um decréscimo no teor de fenólicos totais. A mudança no teor de compostos fenólicos durante o processamento é atribuída à combinação de perdas causadas por lixiviação em água (branqueamento), pela degradação devido aos efeitos de calor, por oxidação da polifénol oxidase, e isomerização (TAKENAKA et al., 2006).

De acordo com os resultados encontrados, pode-se sugerir que, mesmo havendo perda do conteúdo de fenólicos após o processamento das amostras, as farinhas ainda assim apresentam um teor interessante de compostos fenólicos, os quais foram superiores à quantidade de fenólicos de uvas submetidas à secagem, por exemplo, analisadas por Panceri et al. (2013), os quais obtiveram 0,59 a 1,19 mg EAG. g<sup>-1</sup> de fenólicos totais.

Analizando-se os resultados obtidos para BDPR, pode-se afirmar, que de forma geral, as amostras do lote 1 apresentaram maior capacidade antioxidante, o que permite sugerir que o conteúdo de antocianinas tem relação com a capacidade antioxidante, pois as amostras do lote 1 apresentaram maior teor deste composto (Tabela 5). Este comportamento também é relatado por Reyes, Miller e Cisneros- Zevallos (2005), os quais constataram que, o teor de antocianinas totais e compostos fenólicos, são os principais responsáveis pela capacidade antioxidante, pois apresentam uma alta correlação positiva com a mesma. A mesma correlação entre fitoquímicos e capacidade antioxidante ocorre com as amostras de BDPA, onde pode-se verificar que as amostras do lote 2 apresentam maior conteúdo de carotenóides totais e são responsáveis por maior atividade antioxidante (com exceção dos compostos fenólicos e % SRL em farinhas).

Os resultados discutidos anteriormente permitem sugerir que não houve diferença discrepante entre os dados obtidos para capacidade antioxidante e conteúdo de compostos fenólicos no presente estudo, onde foram avaliadas batatas-doce oriundas do cultivo orgânico com resultados reportados por outros autores, dentre os quais, muitos de cultivo convencional. Faller e Fialho (2009) compararam batatas cultivadas em sistema orgânico com sistema convencional, constatando que não houve diferença significativa no conteúdo de polifenóis. Rosenthal e Jansky (2008) também não constataram efeito consistente do sistema de produção (orgânico e convencional) na capacidade antioxidante em tubérculos. Em contrapartida, em um estudo realizado por Lombardo, Pandino & Mauromicale (2012), o teor de fenólicos totais foi um pouco maior em batatas cultivadas em sistema orgânico, conforme observado também por Chassy et al. (2006) e Del Amor et al. (2008), para tomates e pimentas. Alguns autores afirmam que os maiores conteúdos de compostos fenólicos em produtos de agricultura orgânica podem ser justificados pela maior “pressão patogênica” experimentada por alguma plantas orgânicas, que podem levar a aumento destes compostos devido às suas funções de defesa. Contudo, estes resultados ainda são controversos, não havendo uma tendência clara observada (MOSCHELLA et al. , 2005; LOMBARDO; PANDINO; MAUROMICALE, 2012).

### **5.5. Análise instrumental de cor das batatas-doce *in natura* e de suas farinhas**

Os resultados obtidos na análise de colorimetria são apresentados na Tabela 7.

**Tabela 7.** Resultados de L\*, a\*, b\* e ΔE das amostras *in natura* e processadas de BDPA e BDPR orgânicas.

			<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	<i>ΔE</i>
<b>Batata-doce de polpa alaranjada (BDPA)</b>	<i>In natura</i>	<i>Lote 1</i>	88,99±0,06 <sup>a</sup>	2,36±0,11 <sup>a</sup>	1,98±0,08 <sup>d</sup>	--
		<i>Lote 2</i>	88,85±0,12 <sup>a</sup>	1,92±0,06 <sup>b</sup>	2,06±0,09 <sup>c</sup>	--
	Farinha	<i>Lote 1</i>	89,09±0,04 <sup>a</sup>	1,30±0,01 <sup>c</sup>	2,18±0,04 <sup>a</sup>	0,79±0,005 <sup>a</sup>
		<i>Lote 2</i>	88,84±0,21 <sup>a</sup>	1,34±0,01 <sup>c</sup>	2,17±0,04 <sup>b</sup>	0,35±0,01 <sup>b</sup>
<b>Batata-doce de polpa roxa (BDPR)</b>	<i>In natura</i>	<i>Lote 1</i>	85±0,07 <sup>d</sup>	0,29±0,01 <sup>c</sup>	0,12±0,004 <sup>a</sup>	--
		<i>Lote 2</i>	87±0,03 <sup>c</sup>	0,21±0,01 <sup>d</sup>	0,12±0,001 <sup>a</sup>	--
	Farinha	<i>Lote 1</i>	88,09±0,02 <sup>b</sup>	0,87±0,01 <sup>a</sup>	-0,21±0,008 <sup>b</sup>	3,82±0,02 <sup>a</sup>
		<i>Lote 2</i>	88,83±0,03 <sup>a</sup>	0,74±0,01 <sup>b</sup>	-0,23±0,01 <sup>b</sup>	3,41±0,03 <sup>b</sup>

Os valores se referem às médias de 3 amostras. Médias na mesma linha com letras diferentes diferem entre si no teste de Tukey ( $p<0,05$ ), e letras iguais não diferem significativamente ( $p>0,05$ ).

BDPA = batata-doce de polpa alaranjada;

BDPR = batata-doce de polpa roxa.

De acordo com a Tabela 7, pode-se verificar que as amostras-padrão (*in natura*) de BDPA orgânica apresentaram valor de L igual às farinhas (não houve diferença significativa), o que permite sugerir que o processamento não afetou o parâmetro luminosidade destas amostras. Este comportamento diferiu das amostras de BDPR, onde as farinhas apresentaram valor de L superior (883 a 88,69) aos padrões (amostras *in natura*) (85 a 87), o que indicia que o processamento as tornou mais claras quando comparadas às amostras *in natura*, devido à degradação das antocianinas durante o processamento.

As farinhas orgânicas de batata-doce de polpa alaranjada apresentaram valor de a\* significativamente inferior, o que permite sugerir que as amostras *in natura* apresentaram maior aproximação à coloração vermelha. Entretanto, os valores de b\* aumentaram significativamente após o processamento, indicando maior intensidade de coloração amarela nas farinhas.

Aina et al. (2009) analisaram cultivares de batata-doce de diversas colorações, constatando que os a\* variaram de -2,4 a 27,8 e de b\* variaram de 9 a 28,8. Bengtsson et al. (2008) analisaram farinhas de BDPA, obtendo variação na cor das amostras, de amarelo ou laranja claro a laranja escuro, sendo o valor de a\* encontrado na faixa de 6,41 a 13,74.

As diferentes cores da polpa de batata-doce têm sido relacionadas a propriedades nutricionais, sensoriais e de textura. As batatas-doce são mais secas, quanto mais clara for a cor de sua polpa (WOOLFE, 1992). Segundo Woolfe (1992), as cultivares com coloração amarela uniformemente espalhada em toda extensão da polpa geralmente são consideradas mais adocicadas, enquanto que a batata-doce de polpa branca ou amarela com coloração irregular e tons de laranja-avermelhado são consideradas mais cremosas, e a intensidade do amarelo é dependente da concentração do pigmento  $\beta$ -caroteno. Bengtsson et al. (2008) relataram uma correlação positiva entre o conteúdo de all-*trans*- $\beta$ -caroteno e o valor de a\* de amostras de 7 cultivares de BDPA. K'osambo et al. (1998), também relataram que cultivares de batata-doce de polpa alaranjada e amarela registraram maior conteúdo de carotenóides totais,  $\beta$ -caroteno e  $\beta$ -caroteno-5,6-monoepóxido quando comparadas aos cultivares de polpa branca e creme.

Jangchud, Phimolsiripol e Haruthaithasan (2003) demonstraram que os valores de L, a\* e b\* de farinhas de batata-doce de BDPA e BDPR foram influenciados pelo branqueamento, uma vez que os valores de L e b\* reduziram após o tratamento térmico. Para ambas as variedades, a luminosidade da cor (L) das farinhas de batata-doce foi significativamente menor após o branqueamento, e a intensidade da cor (chroma) de farinhas branqueadas mostrou-se maior do que a de farinhas não branqueadas.

Shih, Kuo e Chiang (2009) analisaram os parâmetros de cor cm batatas-doce de polpa amarela e alaranjada submetidas à liofilização e secagem em ar quente. Os resultados mostraram que a mudança de cor foi maior entre os dois métodos de secagem para a batata-doce de polpa amarela. Para as amostras de polpa amarela, os valores dc a\* e b\* foram significativamente diferentes entre os 2 métodos de secagem, e para as de polpa laranja, somente o valor de L foi significativamente diferente entre os dois métodos de secagem, sendo as amostras secas em ar quente mais escuras do que as liofilizadas.

Ahmed, Sorifa e Eun (2.010) justificaram a perda de coloração amarelada de batata-doce (representada pelo valor b\*) devido à perda de pigmentos pela secagem em ar quente, o que não ocorreu com as farinhas obtidas por liofilização.

Estudos com outros vegetais também reportam que o processamento pode afetar os parâmetros de cor das amostras submetidas à alta ou baixa temperatura, devido à perda de pigmentos como carotenóides. Rawson et al. (2012) avaliaram os impactos da condições de armazenamento sobre a qualidade de cenouras, constatando que a coloração do pigmento

que, neste caso é constituída principalmente de carotenóides, pode ser afetada também pelo congelamento, onde as amostras frescas apresentaram valores de L, a\* e b\* significativamente maiores do que as congeladas. Um resultado semelhante avaliando o efeito das condições de armazenamento sobre o teor de carotenóides foi relatado por Kidmose et al. (2004). Rawson et al. (2012) encontraram em cenouras, valores de L, e b\* de 42,4; 15,4 e 18,1, respectivamente. Estes resultados diferem dos valores encontrados no presente estudo, apresentando menor luminosidade, e maior intensidade de coloração vermelha e amarela (os parâmetros expostos pelo autor citado apresentam menor valor de L, e maior valor de a\* e b\* em comparação ao presente estudo). Outro estudo, realizado por Norfezah, Hardacre e Brennan (2011), ao avaliarem os efeitos de temperatura de extrusão em amostras de abóbora, constataram que seu processamento em farinhas provocou redução significativa dos parâmetros a\* e b\*, devido à destruição de pigmentos termossensíveis.

Os resultados expressos por este estudo diferem dos estudos de outros autores citados, pois houve aumento dos valores de b\* após o processamento das amostras em farinha. Aluned, Sorifa e Eun (2010), em seu estudo, atribuíram maiores valores de b\* à maior quantidade de  $\beta$ -caroteno em farinhas de batata-doce. De acordo com a Tabela 4 (contida no tópico 5.4.1.), pode-se verificar que as amostras do lote 2 apresentaram maior teor de carotenóides totais quando comparadas às do lote 1. Contudo, o parâmetro b\* não apresentou diferença significativa entre os lotes de farinhas de BDPA, o que indica que não houve diferença de coloração amarela, apesar de as amostras in nativa do lote 2 terem apresentado maior teor de carotenóides e maior valor de b\*.

Segundo a Tabela 7, os valores de L e a\* das amostras de BDPR *in natura* de ambos os lotes aumentaram mediante seu processamento em farinha, e o valor de b\* diminuiu. Com base nestes resultados, pode-se inferir que as farinhas apresentam maiores valores de luminosidade (L), o que significa que são mais claras do que as amostras *in natura*, e ainda, apresentaram maior tendência à coloração vermelha (devido ao aumento nos valores do parâmetro a\*). Contudo, como o processamento proporcionou uma redução significativa do parâmetro b\*, pode-se afirmar que as farinhas de BDPR apresentam menor tendência à coloração amarelada e maior tendência à coloração azul.

As BDPR analisadas neste trabalho, apresentaram valor de L comparável ao obtido por Truong et al. (2011), os quais encontraram valores de L entre 36,31 a 77,64, para BDPR e por Cevallos-Casals e Cisneros-Zevallos (2004) (L=67 a 80), para batatas-doce de polpa vermelha Steed et al. (2008) analisaram purês de BDPR, obtendo valor de L, a\* e b\* de 20,3, 26,2 e -13,3, respectivamente. Steed e Truong (2008), concluíram, em seu estudo, que BDPR's cozidas em vapor apresentaram valores de L, a\* e b\* de 26, 17,7 e -10,4, respectivamente.

Oki et al. (2002) analisaram BDPR em pó, obtida por liofilização, contendo valores de L, a\* e b\* de 44 a 59,2; 13,1 a 21,6 e -3,9 a 6,7, respectivamente. Com exceção dos valores de a\*, estes resultados foram próximos ao presente estudo.

De acordo com Khandare et al. (2011), a cor de determinadas matrizes alimentícias está relacionada ao conteúdo de antocianinas totais presente na amostra. Ahmed et al. (2010) estudaram o efeito da microencapsulação sobre os compostos bioativos de farinha de BDPR, comparando farinhas encapsuladas e não-encapsuladas. Foi constatado que não houve diferença significativa para o valor L entre farinhas encapsuladas e não-encapsuladas, e que por outro lado, os valores de a\* e b\* foram maiores em farinhas encapsuladas.

Peng et al. (2013) analisaram farinhas de BDPR obtidas por microencapsulação, concluindo que a adição de carreadores aumentou significativamente o valor de L e b\*, e reduziu o valor de a\*. Estes autores associam às mudanças nos parâmetros de cor à variações

em fenólicos e antocianinas, sugerindo que a formação de antocianinas poliméricas é em parte, responsável pelas mudanças de coloração. Kita et al. (2013), em seu estudo, concluíram que a fritura de batatas de polpa vermelha e roxa de diversos cultivares promove a perda do conteúdo de antocianinas e consequentemente leva à redução dos parâmetros de cor das amostras.

Estabelecendo uma relação com os resultados demonstrados na Tabela 5 (tópico 5.4.2.), pode-se verificar que as amostras *in natura* e farinha do lote 1, apresentam teor de antocianinas totais maior significativamente quando comparadas às do lote 2. Como a coloração destes pigmentos tende a ser mais escura, pode-se por esta razão, justificar os menores valores de L encontrados nas amostras do lote 1 (tanto *in natura* quanto farinha), pois indica que existe uma tendência à coloração mais escura. Isto também pode ser verificado nos resultados encontrados para o valor de b\*, os quais foram maiores nas amostras *in natura*, indicando que estas apresentam maior tendência à coloração vermelha.

Este comportamento também é verificado ao constatarmos que o conteúdo de antocianinas totais das farinhas é menor, devido à termossensibilidade destes compostos durante o processamento, condizendo com o maior valor de L destas amostras, o que indica que as mesmas são mais claras em relação à amostra fresca.

O  $\Delta E$  representa o quanto a cor das farinhas distancia-se da cor dos padrões (amostras *in natura*). De acordo com a Tabela 8, pode-se verificar que as farinhas de BDPA e BDPR apresentaram  $\Delta E$  entre 0,35 e 0,79, e 3,41 e 3,82, respectivamente. Para ambas as variedades de batatas-doce, o lote 1 sofreu maior perda de cor (significativa) em relação ao lote 2, durante o processamento. Estes resultados são inferiores aos obtidos por Peng et al. (2013), os quais encontraram  $\Delta E$  de 44,67 a 46,82 em farinhas de BDPR e por Shih, Kuo e Chiang (2009), em seu estudo com BDPA submetida à secagem por ar quente, onde o valor de  $\Delta E$  encontrado foi de 6,72 a 7,8.

## 5.6. Análises pertinentes às farinhas orgânicas (rendimento, índice de solubilidade em água, índice de absorção de água, índice de absorção de gordura, e volume de intumescimento).

Na Tabela 8 são expressos os valores de rendimento, índice de solubilidade em água (ISA), índice de absorção de água (IAA), índice de absorção de gordura (IAG), e volume de intumescimento (VI) das farinhas orgânicas.

**Tabela 8.** Rendimento, ISA, IAA, IAG e VI das farinhas orgânicas de BDPA e BDPR em base seca (b.s.).

		Rendimento (%)	ISA (%)	IAA (%)	IAG (%)	VI (mL. g <sup>-1</sup> )
<b>BDPA</b>	<i>Lote 1</i>	24,4	38,87±0,31 <sup>a</sup>	5,76±0,10 <sup>a</sup>	69,04±0,51 <sup>a</sup>	17,15±0,11 <sup>a</sup>
	<i>Lote 2</i>	23,53	38,90±0,65 <sup>a</sup>	5,54±0,13 <sup>a</sup>	69,75±0,54 <sup>a</sup>	16,1±0,20 <sup>a</sup>
<b>BDPR</b>	<i>Lote 1</i>	24	22,07±0,25 <sup>a</sup>	4,70±0,08 <sup>b</sup>	49,33±0,28 <sup>a</sup>	16,61±0,11 <sup>a</sup>
	<i>Lote 2</i>	24,5	21,66±0,34 <sup>a</sup>	4,94±0,03 <sup>a</sup>	49,77±0,11 <sup>a</sup>	13,42±0,06 <sup>b</sup>

Os valores se referem às médias de 3 amostras, com exceção do rendimento. Médias na mesma coluna com letras diferentes diferem entre si no teste de Tukey ( $p<0,05$ ), e letras iguais não diferem significativamente ( $p>0,05$ ).

ISA= índice de solubilidade em água; IAA= índice de absorção de água; IAG= índice de absorção de gordura; VI= volume de intumescimento; BDPA= batata-doce de polpa alaranjada; BDPR= batata-doce de polpa roxa.

As farinhas de batata-doce apresentam valores de rendimento aproximados, o que demonstra que o processo de obtenção seguiu os mesmos procedimentos para todas as amostras. O rendimento das farinhas analisadas foi próximo ao obtido por Vieira & Silva (2010) (26,3 e 24%) os quais obtiveram farinhas a partir de batatas-doce a partir dos cultivares brazlândia branca e brazlândia rosa, respectivamente.

O índice de solubilidade em água (ISA) está relacionado à quantidade de sólidos solúveis em uma amostra seca, permitindo verificar o grau de severidade do tratamento, em função da degradação, gelatinização, dextrinização e consequente solubilização do amido. Quanto maior a degradação das moléculas de amido em moléculas menores, maior o ISA, e consequentemente, um baixo ISA indica menor degradação do amido por ruptura da molécula e, assim, maior absorção de água, o que refletirá positivamente no índice de absorção de água (IAA) (CARVALHO; ASCHERI; CAL-VIDAL, 2002). Estes mesmos autores, ao avaliarem o efeito de parâmetros de extrusão, em misturas de farinhas de trigo, de arroz e de banana, concluíram que, nas condições de alta temperatura o ISA foi maior, indicando maior degradação dos grânulos de amido.

Os índices de solubilidade em água (ISA) das farinhas não apresentaram diferença estatística quando em relação aos lotes de uma mesma amostra. No entanto, estes índices foram maiores para as farinhas de BDPA (38,87 a 38,90%), em comparação às farinhas de BDPR. Yadav et al. (2006) encontraram índice de solubilidade de 20 a 30% em farinhas de batata-doce elaboradas por diferentes métodos de obtenção. Jangchud, Phimolsiripol e Haruthaithasan (2003) encontraram ISA de 21,4 a 51,3% em farinhas obtidas de batatas-doce de polpa alaranjada e roxa, não branqueadas e branqueadas a diferentes temperaturas. Shih, Kuo e Chiang (2009), obtiveram ISA de batatas-doce de polpa alaranjada e amarela submetidas à extrusão compreendido entre 18,2 e 52%. Ahmed et al. (2010 b) obtiveram ISA de 22,40 a 27,23% em farinhas de batata-doce obtidas por secagem a diferentes temperaturas, valores próximos aos encontrados no presente estudo. Abegunde et al. (2013) encontrou ISA de 8,56 a 19,97% em amidos extraídos de diversas variedades de batata-doce. Ahmed, Akter e Eun (2010 a), ao analisarem farinhas de BDPR obtidas por spray drying, por diferentes concentrações de material encapsulaste, obtiveram ISA entre 44,97 e 82,19%, sendo superior ao encontrado no presente estudo (21,66 a 22,07% de ISA em BDPR), o que pode ser justificado pela diferença no método de obtenção, e até mesmo pela presença dos materiais de parede envolvidos no processo.

Segundo Faubion e Hoseney (1982), o IAA representa um indicativo da disponibilidade das moléculas de grupamentos hidrofílicos (como as hidroxilas), para interagirem com moléculas de água. Os índices de absorção de água estão relacionados com o grau de degradação das macromoléculas, o que interfere na capacidade das mesmas em absorver água (GUHA; ALI; BHATTACHARYA, 1997). Este índice, também está relacionado com a viscosidade da pasta, a frio, pois somente os grânulos de amido, danificados, absorvem água a temperatura ambiente, e incham, resultando cai incremento da viscosidade (GUHA; ALI; BHATTACHARYA., 1998). Depois de os grânulos de amido alcançarem um máximo de absorção, o IAA decresce com o começo da dextrinização (LINKO et al., 1980).

O IAA das farinhas de BDPA não diferiram estatisticamente, em contraste das farinhas de BDPR. Apesar de os valores entre os lotes e entre as farinhas serem aproximados, os maiores IAA foram encontrados nas farinhas de BDPA (5,54 a 5,76%). Valores semelhantes foram obtidos por Singh et al. (2003), ao analisarem farinhas de batata obtidas por secagem (5,6 a 5,82%). Ahmed et al. (2010) encontraram IAA de 0,86 a 1,48% para farinhas encapsuladas, e 1,14% para farinhas não encapsuladas, obtidas a partir de BDPR

obtida por atomização, sendo inferior aos valores encontrados no presente trabalho. Ahmed, Akter & Eun (2010a), reportaram IAA de 2,27% em farinhas de batata-doce submetidas à secagem a 65°C. Osundahunsi et al. (2003) encontraram valores superiores ao analisarem farinhas de batata-doce de polpa vermelha e branca (24 a 45%), conforme comportamento de outros autores, relatados anteriormente.

Altos valores de IAG são desejáveis em produtos como extensores de carne, produtos viscosos, como sopas, queijos processados e massas, pois melhoram a sensação na boca (CHEFTEL; CUL; LORIENT, 1989). Estes autores afirmam, ainda, que o mecanismo de AG é atribuído principalmente à retenção física dos lipídeos pela proteína, e a modificação dela pode aumentar ou diminuir a AG. Wall (1979) constatou que uma proteína pode servir como agente hidratante e como emulsificante de gordura, ou seja, uma proteína pode conter grupos que formam associações com substâncias polares e não polares.

As farinhas de BDPA e BDPR apresentaram índice de absorção de óleo (IAG) médio de 69,4% e 49,55%, respectivamente. Estes resultados diferem dos valores encontrados por Osundahunsi et al. (2003) para farinhas de batata-doce de polpa vermelha (9 a 12%) e de polpa branca (10%), as quais apresentam capacidade de absorção de gordura inferior às farinhas estudadas no presente estudo. Segundo Ayadi et al., (2009), as fibras podem ser responsáveis pelo aumento da capacidade de absorção de água, e consequentemente, de gordura. Este comportamento foi observado no presente estudo, pois as farinhas de BDPA apresentaram maiores IAG, comparadas às farinhas de BDPR, o que pode ser justificado pelo fato de apresentarem maior conteúdo de fibra bruta (Tabela 1, item 5.1.).

Jangchud, Phimolsiripol e Haruthaithasan (2003) analisando farinhas de batata-doce, encontraram VI de 7,4 a 29,2 mL. g<sup>-1</sup> em farinhas de BDPA e 7 a 24,3 mL. g<sup>-1</sup> em farinhas de BDPR. Abegunde et al. (2013), reporta volume de intumescimento de amidos obtidos a partir de 11 diferentes cultivares de batata-doce compreendidos entre 13,46 a 26,13 mL. g<sup>-1</sup>. Ahmed et al. (2010), encontraram VI entre 1,92 a 2,56 mL. g<sup>-1</sup>. Outro estudo, realizado por Adeleke e Odedeji (2010), avaliou a influência da mistura de farinha de trigo na qualidade de farinhas mistas de batata-doce, obtendo VI de 8,63 mL. g<sup>-1</sup> para farinhas de trigo, 6,01 mL/g para farinhas de batata-doce e valores entre 6,35 a 6,85 mL. g<sup>-1</sup> para farinhas mistas. Estes valores são inferiores aos resultados encontrados para farinhas de BDPA e BDPR biofortificadas orgânicas. No entanto, um estudo realizado por Afina et al. (2009), reporta valores de VI compreendidos entre 6,7 a 23,5 mL. g<sup>-1</sup>, para farinhas de diferentes variedades de batata-doce, estando na faixa encontrada no presente estudo.

## 6. CONCLUSÕES

Por meio do estudo dos efeitos do processamento de batatas-doces orgânicas (de polpa alaranjada e roxa) em farinhas, conclui-se que:

- Os resultados encontrados demonstram que a composição química das batatas-doce orgânicas *in natura* e farinha analisadas estão de acordo com o reportado na Literatura, e apresentam um perfil nutricional excelente.
- Para determinados parâmetros analisados, houve diferenças significativas entre os cultivares e entre os lotes, o que pode ser justificado pela diferença do tempo de colheita o qual foram submetidas (1 mês para BDPA e 2 semanas para BDPR).
- Mediante os resultados observados no presente estudo, pode-se concluir que o processamento pelo qual as amostras foram submetidas para a elaboração de farinhas orgânicas, promoveu impacto negativo no teor de fitoquímicos, tais como carotenóides totais, fenólicos totais e antocianinas totais, além de vitamina A. No entanto, mesmo havendo perdas após o processamento, as farinhas podem ser consideradas fontes destes compostos, apresentando conteúdo semelhante ao reportado na literatura, sugerindo que é viável sua incorporação na biofortificação de diversos alimentos, podendo ser utilizados no combate à deficiência de vitamina A, e para fornecer um incremento nos teores de carotenóides e antocianinas, além de poderem ser utilizados como corantes naturais devido à sua capacidade de pigmentação.
- O processamento das amostras em farinhas orgânicas promoveu o aumento da atividade antioxidante detectada através da % de sequestro de radicais livres, mas sofreu um pequeno decréscimo quando obtida pelos métodos de DPPH e FRAP, sugerindo que, apesar disto, as farinhas ainda assim apresentaram alta capacidade antioxidante, tendo sido compatíveis com dados obtidos na literatura.
- Os rendimentos das batatas-doce de polpa alaranjada e roxa orgânicas, embora baixos, ainda assim se apresentaram viáveis para a produção da farinha e seu futuro aproveitamento na confecção de produtos, principalmente para panificação.
- As farinhas orgânicas produzidas apresentaram valores interessantes de índices de solubilidade e absorção em água, índices de absorção de gordura e volume de intumescimento, o que sugere uma ótima qualidade tecnológica e viabilidade da sua incorporação em diversos produtos alimentícios.
- Este estudo permitiu avaliar a possibilidade de novas aplicações e tecnologias para a indústria alimentícia, por meio da análise da composição química e valor funcional de uma matriz alimentícia muito propensa à deteriorações por armazenamento inadequado, o que gera grandes perdas. Este trabalho demonstrou que devido ao perfil de aplicação tecnológica apresentado, as farinhas obtidas podem ser uma alternativa de agregação de valor, redução de perdas, aumento do tempo de vida útil, aumento de ganho na safra, aumento da capacidade de armazenamento. Do ponto de vista nutricional, estas farinhas podem contribuir para melhoria sensorial de produtos através da coloração, podem garantir a ingestão de nutrientes como vitamina A e fibras, por exemplo, e por serem biofortificadas podem garantir maior aporte de fitoquímicos como carotenóides e antocianinas.

- As amostras orgânicas (*in natura* e farinhas) apresentaram um importante perfil nutricional. No entanto este fator não está diretamente atribuído ao sistema de produção orgânica, pois muitos dos resultados foram semelhantes ou próximos à dados reportados em pesquisas com a mesma matriz alimentícia oriunda de sistema de produção convencional. Além disso, ainda não existe na comunidade científica um consenso a respeito do suposto conceito de que o alimento orgânico é nutricionalmente melhor, apesar de se conhecer os efeitos deletérios ocasionados pelo uso de defensivos agrícolas.
- A elaboração de farinhas a partir de alimentos obtidos do sistema de produção orgânica e a tentativa de sua incorporação como ingredientes em produtos alimentícios pode contribuir para a consolidação da agricultura familiar orgânica, que vem ganhando cada vez mais espaço nas últimas décadas, sendo propício ao incentivo ao consumo de alimentos com ausência ou níveis reduzidos de defensivos agrícolas, e ainda contribuindo para o desenvolvimento econômico através de pequenos produtores rurais.

## **SUGESTÕES PARA FUTUROS ESTUDOS**

- Seria interessante a realização de estudos os quais avaliassem os efeitos da elaboração de produtos alimentícios com as farinhas orgânicas estudadas, principalmente no que se refere ao conteúdo de fitoquímicos e capacidade antioxidante.
- Sugere-se que futuros estudos busquem adequar as concentrações de açúcares das farinhas para a análise de determinação do perfil de açúcares por CG, com o objetivo de possibilitar a quantificação dos mesmos, o que não foi possível no presente estudo.
- É necessária a busca de outros processos de obtenção das farinhas em questão, processos estes que não utilizem alta temperatura e que não façam uso de etapas prévias de branqueamento, como é o caso da obtenção de farinhas por liofilização, por exemplo, objetivando preservar ao máximo, o conteúdo de fitoquímicos termossensíveis e garantindo as propriedades funcionais da matriz alimentícia estudada.
- Seria interessante que fosse investigada a possibilidade de substituição parcial e/ou total das farinhas estudadas pela farinha de trigo, com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento de produtos alimentícios destinados a pacientes celíacos, além de todas as outras alegações funcionais já apresentadas no presente trabalho.
- Recomenda-se que haja estudos mais conclusivos a respeito do suposto perfil nutricional superior de alimentos orgânicos em relação à alimentos cultivados em sistemas convencionais.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEGUNDE, O.K.; MU, T.H.; CHEN, J.W.; DENG, F.M. Physicochemical characterization of sweet potato starches popularly used in Chinese starch industry. **Food Hydrocolloids** 33 (2013), p. 169-177.
- ADELEKE, K.O.; ODEDEJI, J.O. Functional Properties of Wheat and Sweet Potato Flour Blends. **Pakistan Journal of Nutrition** (2010) 9 (6), p. 535-538.
- AHMED, M.; AKTER, M.S.; EUN, J.B. Impact of  $\alpha$ -amylase and maltodextrin on physicochemical, functional and antioxidant capacity of spray-dried purple sweet potato flour. **Journal Science of Food Agriculture** (2010 a) 90: p. 494-502.
- AHMED, M.; AKTER, M.S.; EUN, J.B. Peeling, drying temperatures, and sulphite-treatment affect physicochemical properties and nutritional quality of sweet potato flour. **Food Chemistry** 121 (2010 b) p. 112-118.
- AHMED, M.; AKTER, M.S.; LEE, J.C.; EUN, J.B. Encapsulation by spray drying of bioactive components, physicochemical and morphological properties from purple sweet potato. **LWT- Food Science and Technology** 43 (2010) p. 1307-1312.
- AHMED, M.; SORIFA, A.; EUN, J. Effect of pretreatments and drying temperatures on sweet potato flour. **International Journal of Food Science and Technology** (2010), 45, p. 726-732.
- AINA, A.J.; FALADE, K.O.; AKINGBALA, J.O.; TITUS, P. Physicochemical properties of twenty-one Caribbean sweet potato cultivars. **International Journal of Food Science and Technology** (2009), 44, p. 1696-1704.
- ALBISHI, T.; JOHN, J.; KHALIFA, A.A.; SHAHIDI, F. Phenolic content and antioxidant activities of selected potato varieties and their processing by-products. **Journal of Functional Foods** (2013) p. 590-600.
- ALVES, R.M.V. Estabilidade de farinha de batata-doce biofortificada. **Brazilian Journal of Food and Technology** (2012), v. 15, n. 1, p. 59-71.
- AL-SAIKHAN, M.S.; HOWARD, L.R.; MILLER, J.C. Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato (*Solanum tuberosum* L.). **Journal of Food Science** (1995), 60, p. 341-343.
- AMAJOR, J.U.; ELEAZU, E.; OTI, A.I.; IKPEAMA, A.L; UDOH, E.F. Effect of variety on the physico-chemical, carotenoid and microbial loads of flours of five new varieties of sweet potato. **Biotechnology** (2011) 10 (3), p. 286-291.
- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS – AACC. **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9.ed. St Paul: AACC, 2 v, 1995.

ANANGA, A.; GEOGIEV, V.; OCHIENG, J.; PHILLS, B.; TSOLOVA, V. (2013). Production of anthocyanins in grape cell cultures: a potential source of raw material for pharmaceutical, food, and cosmetic industries. In: **Poljuha D, Sladonja B., eds. The Mediterranean genetic code-grapevine and olive.** InTech.

ANDERSEN, A.H. Organic food and the plural moralities of food provisioning. **Journal of Rural Studies** 27 (2011), 440-450.

ANDERSON, R. A.; CONWAY, V. F. P.; GRIFFIN, E. L. Gelatinization of corn grits by roll-and extrusion-cooking. **Cereal Science Today** 14 (1969), n. 1, p. 4-7.

ANDERSEN, O. M.; JORDHEIM, M. (2006). **The anthocyanins.** In O. M. Andersen & K. R. Markham (Eds.), Flavonoids (2nd ed. Chemistry, biochemistry and applications, pp. 452-471). Boca Raton, FL: CRC Press.

ARCHANJO, L.R.; BRITO, K.F.; SAUERBECK, S. Alimentos Organicos em Curitiba: consumo e significado. **Cadernos de Debate** (2001), Campinas, v. 8, p. 1-6.

ASCHEMANN-WITZEL, J.; MAROSCHECK, N.; HAMM, U. Are organic consumers preferring or avoiding foods with nutrition and health claims? **Food Quality and Preference** 30 (2013), p. 68-76.

ASSIS, R.L.; AREZZO, D.C.; DE-POLLI, H. Consumo de produtos da agricultura orgânica no estado do Rio de Janeiro. **Revista de Administração** (1995 b), v. 30, n. 1, p. 84-89.

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

AZIZ, A.; YASIN, M.; RANDHAWA, M.A.; YASMIN, A.; JAHANGIRL, M.A.; SOHAIL, M. Nutritional and antioxidant profile of some selected Pakistani potato cultivars. **Pakistan Journal of Food Sciences** (2013), v. 23 (2), p. 87-93.

BÁRTOVA, V.; BÁRTA, J. Chemical composition and nutritional value of protein concentrates isolated from potato (*Solanum tuberosum* L.) fruit juice by precipitation with ethanol or ferric chloride. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** (2009), v. 57, n. 19, p. 9028-9034.

BECHOFF, A.; ANDREW, W.; OWORI, C.; MENYA, G. MAYER, C.D.; DUFOUR, D.; TOMLINS, K. Effect of drying and storage on the degradation of total carotenoids in orange-fleshed sweetpotato cultivars. **Journal of Science and Food Agriculture** 90 (2010), p. 622-629.

BECHOFF, A.; DUFOUR, D.; DHUIQUE-MAYER, C.; MAROUZÉ, C.; REYNES, M.; WESTBY, A. Effect of hot air, solar and sun drying treatments on provitamin A retention in orange-fleshed sweet potato. **Journal of Food Engineering** 92 (2009), p. 164-171.

BENGTSSON, A.; BRACKMANN, C.; ENEJDER, A.; ALMINGER, M.L.; SVANBERG, U. Effects of Thermal Processing on the in Vitro Bioaccessibility and Microstructure of *β*-Carotene in Orange-Fleshed Sweet Potato. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 58 (2010), p. 11090-11096.

BENGTSSON, A.; NAMUTEBI, A.; ALMINGER, M.L.; SVANBERG, U. Effects of various traditional processing methods on the all-trans-β-carotene content of orange-fleshed sweet potato. **Journal of Food Composition and Analysis** 21 (2008), p. 134-143.

BLACK, R.E.; ALLEN, L.H.; BHUTTA, L.A.; CAULFIELD, L.E.; ONIS, M.; EZZATI, M.; MATHERS, C.; RIVERA, J. Maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences. **Lancet** 371 (2008), p. 243-260.

BLANC, J. Family farmers and major retail chains in the Brazilian organic sector: Assessing new development pathways. A case study in a peri-urban district of São Paulo. **Journal of Rural Studies** (2009), n. 25.

BONTEMPO, P.; CARAFA, V.; GRASSI, R.; BASILE, A.; TENORE, G.; FORMISANO, C.; RIGANO, D.; ALTUCCI, L. Antioxidant, antimicrobial and anti-proliferative activities of *Solanum tuberosum* L. var. Vitelotte. **Food and Chemical Toxicology** 55 (2013), p. 304-312.

BORGUINI, R.G.; SILVA, M.V. Características físico-químicas e sensoriais do tomate (*Lycopersicon esculentum*) produzido por cultivo orgânico em comparação ao convencional. **Alimentos e Nutrição Araraquara** 16 (2005), n.4, p. 355-361.

BORGUINI, R. G.; TORRES, E. A. F. S. Alimentos orgânicos: qualidade nutritiva e segurança do alimento. **Segurança Alimentar e Nutricional** 13 (2006), n. 2, p. 64-75.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada RDC 263, de 22 de setembro de 2005. Disponível em: <[www.anvisa.gov.br](http://www.anvisa.gov.br)>. Acesso em 5 out. de 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Lei 10.831, de 23 de dezembro de 2003. Inclui a produção, o armazenamento, a rotulagem, o transporte, a certificação, a comercialização e a fiscalização dos produtos orgânicos, **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Portaria nº 554 de 30 de agosto de 1995. Aprova a Norma de Identidade, Qualidade, Acondicionamento, Armazenamento e Transporte da farinha de Mandioca. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1 de set. 1995, seção 1, p. 13515.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agencia Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada RDC 18, de 30 de abril de 1999. Regulamento técnico para orientação para utilização, em rótulos de alimentos, de alegações de propriedades funcionais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada RDC 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 de setembro de 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada RDC 359, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 de dezembro de 2003b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução de Diretoria Colegiada RDC 360, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 de dezembro de 2003a.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Vitamina A Mais: Programa Nacional de Suplementação de Vitamina A: Condutas Gerais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF: Ministério da Saúde; 2004.

BRAVO, C.P.; CORDTS, A.; SCHULZE, B.; SPILLER, A. Assessing determinants of organic food consumption using data from the German National Nutrition Survey II. **Food Quality and Preference** 28 (2013), p. 60-70.

BRITO, T.T.; SOARES, L.S.; FURTADO, M.C.; CASTRO, A.A.; CARMELOSSI, M.A.G. Composição centesimal de inhame (*Dioscorea sp.*) *in natura* e minimamente processado. **Scientia Plena** 7 (2011), p. 61501-61507.

BRITO, V. Semana de orgânicos foca a identificação dos produtos. **Agência Sebrae de Notícias**. 05/11. Disponível em: <<http://www.agenciasebrae.com.br/noticia/11941390/agronegocios/semana-de-organicos-foca-a-identificacao-dos-produtos/>>. Acesso em: 02 set. 2013.

BROWN, C.; DURST, R.; WROLSTAD, R.; JONG, W. Variability of phytonutrient content of potato in relation to growing location and cooking method. **Potato Research** 51(2008), p. 259-270.

BROWN, C.; WROLSTAD, R.; DURST, R. YANG, C.P.; CLEVIDENCE, B. Breeding studies in potatoes containing high concentrations of anthocyanins. **American Journal of Potato Research** 80 (2003), p. 241-249.

BURGOS, G.; AMOROS, W.; MOROA, L.; SOSA, P.; CAYHUALLA, E.; SANCHEZ, C.; DÍAZ, C.; BONIERBALE, M. Total phenolic, total anthocyanin and phenolic acid concentrations and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes as affected by boiling. **Journal of Food Composition and Analysis** 30 (2013), p. 6-12.

CAMARGO, L.K.P. **Caracterização de acessos de batata-doce do banco de germoplasma da UNICENTRO, PR**. 2013. 141 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Instituto de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Universidade Federal do Paraná, Paraná. 2013.

CAMIN, F.; MOSCHELLA, A.; MESELLI, F.; PARISI, B.; VERSINI, G.; RANALLI, P.; BAGNARESI, P. Evaluation of markers for the traceability of potato tubers grown in an organic versus conventional regime. **Journal of Science and Food Agriculture** 87 (2007), p.1330-1336.

CAO, G.H.; SOFIC, E.; PRIOR, R.L. Antioxidant capacity of tea and common vegetables. **Journal of Agricultural Food Chemistry** 44 (1996), p. 3426-3431.

CARDARELLI, C.R.; BENASSI, M.T.; MERCADANTE, A.Z. Characterization of different annatto extracts based on antioxidant and colour properties. **LWT - Food Science and Technology** 41 (2008), p. 1689-1693.

CARILLO, P.; CACACE, D.; PASCALE, S.; RAPACCIUOLO, M.; FUGGI, A. Organic vs. traditional potato powder. **Food Chemistry** 133 (2012), p. 1264-1273.

CARVALHO, F. M.; SANTOS, A.; VIANA, A. E. S.; LOPES, S.C.; EGLER, P.G. Avaliação da atividade poluidora da manipueira na bacia do Rio Santa Rita em Vitória da Conquista, Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 11, 2005. Campo Grande, MS. **Resumos**. Campo Grande: 2005a. 1 CD ROM.

CARVALHO, R.V.; ASCHERI, J.L.R.; CAL-VIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de extrusados (3G) de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. **Ciência e Agrotecnologia** 26 (2002), n. 5, p. 1006-1018.

CASTAÑEDA-OVANDO, A.; PACHECO-HERNÁNDEZ, M.L.; PAEZ-HERNÁNDEZ, M.E.; RODRIGUEZ, J.A.; GALAN-VIDAL, C.A. Chemical studies of anthocyanins: A review. **Food Chemistry** 113 (2009), p. 859-871.

CERQUEIRA, F.M.; MEDEIROS, M.H.; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova** 30 (2007), n. 2, p. 441-449.

CERVEIRA., R; CASTRO, M. C. Perfil socioeconômico dos consumidores de produtos orgânicos da cidade de São Paulo. **Boletim Agroecológico** 3 (1999), n. 11, p. 7.

CEVALLOS-CASALS, B.A.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Stoichiometric and Kinetic Studies of Phenolic Antioxidants from Andean purple corn and red-fleshed sweetpotato. **Journal of Agricultural Food Chemistry** 51 (2003), p. 3313-3319.

CHASSY, A.W.; BUI, L.; RENAUD, E.N.C.; HORN, M.; MITCHELL, A.E. A three-year comparison of the content of antioxidant micronutrients and several quality characteristics in organic and conventionally managed tomatoes and bell peppers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 54(21) (2006), p. 8244-8252.

CHEFTEL, J.C.; CUQ, J.L.; LORIENT, D. **Proteínas alimentarias**. Zaragoza: Acribia, 1989.346 p.

CHEN, C.M.; LI, S.C.; CHEN, C.Y.O.; AU, H.K.; SHIH, C.K.; HSU, C.Y.; LIU, J.F. Constituents in purple sweet potato leaves inhibit in vitro angiogenesis with opposite effects ex vivo. **Nutrition** 27 (2011), p. 1177-1182.

CHISTÉ, R.C.; COHEN, K.O.; MATHIAS, E.A.; JUNIOR, A.G. Estudo das propriedades físico-químicas e microbiológicas no processamento da farinha de mandioca do grupo d'agua. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** 27:2 (2007), p. 265-269.

CHOI, J.H.; HWANG, Y.P.; PARK, B.H.; CHOI, C.Y.; CHUNG, Y.C.; JEONG, H.G. Anthocyanins isolated from the purple-fleshed sweet potato attenuate the proliferation of hepatic stellate cells by blocking the PDGF receptor. **Environmental toxicology and pharmacology** 31 (2011 ), p. 212-219.

CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. **CIP sweetpotato facts**. Socioeconomic indicators. 2006. Disponível em: <<http://www.cipotato.org/market/sweetpfacts/swtpind.htm>>. Acesso em 23 abr. 2013.

CERVEIRA, R.; CASTRO, M. C. Perfil socioeconômico dos consumidores de produtos orgânicos da cidade de São Paulo. **Boletim Agroecológico** 3 (1999), n. 11, p. 7.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Editora da UNICAMP: 2<sup>a</sup> ed. rev. Campinas, SP, editora da UNICAMP, 2003. 207p.

CICIA. G.: DEL GIUDICE. T.: SCARPA. R. Consumer's perception of quality in organic food: a random utility model under preference heterogeneity and choice correlation from rank-orderings. **British Food Journal** 104 (2002) (3/4/5), p. 200-213.

CLIFFORD, M. N. Anthocyanins – nature, occurrence and dietary burden. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 80(7) (2000), p. 1063-1072.

COELHO, C.S.P. **Deficiência de vitamina A no binômio mãe-filho e distribuição intra placentária de retinol**. 2003. Tese (Doutorado). Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. Rio de Janeiro. 2003.

COLLA, G.; MITCHELL, J.P.; POUDEL, D.D.; TEMPLE, S.R. Changes of tomato yield and fruit elemental composition in conventional, low input and organic systems. **Journal of Sustainable Agriculture**, 20(2) (2002), p. 53-67.

CONFORTI, F.; STATTI, G.A.; MENICHINI, F. (2007). Chemical and biological variability of hot pepper fruits (*Capsicum annuum* var *acuminatum* L.) in relation to maturity stage. **Food Chemistry** 102 (2007), p. 1096-1104.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.I.; FENNEMA, O.R. **Química de alimentos de Fennema**. 4.ed. Porto Alegre: Artimed, 2010.

DANDENA, A.; LEIMANE, I. Validation of monomeric anthocyanin determination method for bilberry juice and mare extracts, **Foodbalt** (2011), p. 93-97.

DANTAS, J.C.O.; MEDEIROS, A.C.P.; RODRIGUES, K.D.S.; DIMENSTEIN, R. Concentração sérica de retinol a prevalência de vitamina A em puérperas. **RBPS** 24:1 (2011), p. 40-45.

DEEPA, N.; KAUR, C.; GEORGE, B.; SINGH, B.; KAPOOR, H.C. Antioxidant constituents in some sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes during maturity. **Lebensmittel-Wissenschaft Technologie**, 40 (2007), p. 121-129.

DEL AMOR, F.M.; SERRANO-MARTINEZ, A.; FORTEA, I.; NIAEZ-DELICADO, E. Differential effect of organic cultivation on the levels of phenolics, peroxidase and capsidiol in sweet peppers. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 88 (2008), p. 770-777.

DEMIATE, I.M.; WOSIACKI, G.; CZELUSNIAK, C.; NOGUEIRA, A. Determinação de açúcares redutores e totais em alimentos. Comparação entre método colorimétrico e titulométrico. **UEPG, Ciências Exatas e da Terra, C. Agrárias e Engenharias**, 8(1) (2002), p. 65-78.

DENCH, J.E.; RIVAS, N.; CAYGILL, J.C. Selected Functional Properties of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Flour and Two Protein Isolates. **Journal of Science and Food Agriculture**, 32 (1981), p. 557-564.

DENG, J.; CHENG, W.; YANG, G. A novel antioxidant activity index (AAU) for natural products using the DPPH assay. **Food Chemistry** 125 (2011), p. 1430-1435.

DUTTA, D.; CHAUDHURI, U.R.; CHAKRABORTY, R. Structure, health benefits, antioxidant property and processing and storage of carotenoids. **African Journal of Biotechnology** 4 (2005), n.13, p. 1510-1520.

EDMOND, J.B.; AMMERMAN, G.R. **Sweet Potatoes – Production Processing**. Marketing. 8 The air Publishing Company, INC, 1971.58 p.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável: Origens e perspectivas de um novo paradigma**. São Paulo: Livros da Terra, 1996.178 p.

EICHHORN, S.; WINTERHALTER, P. Anthocyanins from pigmented potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties. **Food Research International** 38 (2005), p. 943-948.

FAILLA, M.L.; THAKKAR, S.K.; KIM, J.Y. In Vitro Bioaccessibility of  $\beta$ -Carotene in Orange Fleshed Sweet Potato (*Ipomoea batatas*, Lam.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 57 (2009), p. 10922-10927.

FALLER, A.L.K.; FIALHO, E. The antioxidant capacity and polyphenol content of organic and conventional retail vegetables after domestic cooking. **Food Research International** 42 (2009), p. 210-215.

FAN, G.; HAN, Y.; GU, Z.; GU, F. Composition and colour stability of anthocyanins extracted from fermented purple sweet potato culture. **LWT-Food Science and Technology** 41 (2008), p. 1412-1416.

FANG, Z.; WU, D.; YU, D.; YE, X.; LIU, D.; CHEN, J. Phenolic compounds in Chinese purple yam and changes during vacuum frying. **Food Chemistry** 128 (2011), p. 943-948.

FAO. 2006. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical Databases**. Disponível em: <<http://www.fao.org/>>. Acesso em: 3 ago. 2013.

- FAO. 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**, 2010.
- FAUBION, J.M.; HOSENEY, R.C. High temperature and short time: extrusion-cooking of wheat starch and flour: I., effect of moisture and flour type on extrudate properties. **Cereal Chemistry** 59 (1982), p.529-533.
- FAVORETTO, P. **Parâmetros de crescimento e marcha de absorção de nutrientes na produção de minitubérculos de batata cv. 2005.** 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.
- FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P.; EVANGELISTA, RM.; NARDIM, I. Qualidade físico-química e de fritura de tubérculos de cultivares de batata na safra de inverno. **Horticultura Brasileira** 28 (2010), n. 3, p. 299-304.
- ITZPATRICK, M. Food scares drive organic sales in Japan. **Food Traceability Report** 2 (2002), n.3: 11.
- FLORES, M. Produção de orgânicos deve crescer 40% em 2011. **Agência Sebrae de Notícias** 06/11. Disponível em: <<http://www.agenciasebrae.com.br/noticia/11962062/agronegocios/producaode-organicos-deve-crescer-40-em-2011/>>. Acesso em: 02 ago. 2013.
- FONSECA, M.P.A. **Construção social do mercado de alimentos orgânicos: estratégias dos diferentes atores da rede de produção e comercialização de frutas, legumes e verduras (FLV) in natura no estado do Rio de Janeiro.** 2000. 235 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2000.
- FONSECA, M.J.O.; SOARES, A.G.; JUNIOR, M.F.; ALMEIRA, D.L.; ASCHERI, J.L.R. Effect of extrusion-cooking in total carotenoids content in cream and orange flesh sweet potato cultivars. **Revista Horticultura Brasileira** 26 (2008), p. 112-115.
- FOOD-INFO, Wageningen University, The Netherlands // Anthocyanins and anthocyanidins. Disponível em: <<http://www.food-info.net/uk/colour/anthocyanin.htm>>. Acesso em: 06 out. 2013.
- FOOD MARKETING INSTITUTE. 2001. **Organic shoppers may not be who you think they are.** Washington, DC: The Food Marketing Institute Report.
- FULEKI, T.; FRANCIS, F.J. Quantitative methods for anthocyanins 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries, **Journal of Food Science** 33 (1968), p. 72-77.
- GALARÇA, S.P.; CANTILLANO, R.F.; SCHUNEMAMN, A.P.; LIMA, C.S. Efeito do armazenamento em atmosfera controlada na qualidade pós-colheita de mirtilos “bluegem” produzidos no Brasil. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha** 13 (2012), p. 165-170.
- GARCIA, A.C.; LEONEL, M. Efeito da concentração de ácido láctico sobre a propriedade de expansão em amidos modificados fotoquimicamente. **Ciência e Agrotecnologia** 29 (2005). n. 3, p. 629-634.

GARCIA-ALONSO, M.; MINIHANE, A.M.; RIMBACH, G.; RIVAS-GONZALO, J.C.; PASCUAL-TERESA, S. Red wine anthocyanins are rapidly absorbed in humans and affect monocyte chemoattractant protein 1 levels and antioxidant capacity of plasma. **Journal of Nutrition and Biochemistry** 20 (2009), p. 521-529.

GARCIA, E.L. **Composição de tubérculos, extração e caracterização de amidos de diferentes cultivares de batata.** 2013. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2013.

GARZON, G.A. Las antocianinas como colorants naturales y compuestos bioactivos: revision. **Acta Biologica Colombiana** 13 (2008), n. 3, p. 27-36.

OFRALDO. R.R.C.; PAIVA. S.A.R.; PITAS. A.M.C.S.: GODOY, I.; CAMPANA, A.O. Distribuição da hipovitaminose A no Brasil nas últimas quatro décadas: ingestão alimentar. sinais clínicos e dados bioquímicos. **Revista de Nutrição** 16 (2003), n.4, p. 443-460.

GHASEMNEZHAD, M.; SHERAFATI, M.; PAYVAST, G.A. Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annum*) fruits at two different harvest times. **Journal of Functional Foods** 3 (2011), p. 44-49.

GODA, I.; SHIMIZU, T.; KATO, Y.; NAKAMURA, M.; MAITANI, T.; YAMADA, T.; TERAHARA, N.; YAMAGUCHI, M. Two acylated anthocyanins from purple sweet potato. **Phytochemistry** 44 (1997), n.1, p. 183-186.

GONCALVES NETO, A.C. **Aptidões para consumo humano, produção de etanol e alimentação animal em clones de batata-doce.** 2010. 77 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Lavras. 2010.

GRACE, M.H.; YOUSEF, G.G.; GUSTAFSON, S.J.; TRUONG, V.D.; YENCHO, G.C.; LILA, M.A. Phytochemical changes in phenolics, anthocyanins, ascorbic acid, and carotenoids associated with sweet potato storage and impacts on bioactives properties. **Food Chemistry** 145 (2014), p. 717-724.

GROSS, J. **Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids,** Van Nostrand Reinhold: New York, 1991.

GUHA, M.; ALI, S. Z.; BHATTACHARYA, S. Effect of barrel temperature and screw speed on rapid viscoanalyser pasting behavior of rice extruded. **International Journal of Food Science and Technology** 33 (1998), p.259-266.

GUHA, M.; ALI, S.Z.; BHATTACHARYA, S. Twin-screw extrusion of rice flour without a die: effect of barrel temperature and screw speed on extrusion and extrudate characteristics. **Journal of Food Engineering** 32 (1997), p. 251-267.

GUICCIARDI, M.E.; GORES, G.J. Apoptosis: a mechanism of acute and chronic liver injury. **Gut** 54 (2005), p. 1024-1033.

HAGENIMANA, V.; LOW, J. Potential of orange-fleshed sweet potatoes for raising vitamin A intake in Africa. **Food and Nutrition Bulletin** 21 (2000), n. 4.

HAN, K.H.; SHIMADA, K.; SEKIKAWA, M.; FUKUSHIMA, M. Anthocyanin -rich red potato flakes affect serum lipid peroxidation and hepatic SOD mRNA level in rats. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry** 71 (2007), p. 1356-1359.

HARADA, K.; KANO, M.; TAKAYANAGI, T.; YAMAKAWA, O.; ISHIKAWA, F. Absorption of Acylated Anthocyanins in Rats and Humans after Ingesting an Extract of *Ipomoea batatas* Purple Sweet Potato Tuber. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry** 68 (2004), n.7, p. 1500-1507.

HAYASE, F.; KATO, H. Antioxidative components of sweet potato. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology** 30 (1984), p. 37-46.

HE, K.; YE, X.; LI, X.; CHEN, H.; YUAN, L.; DENG, Y.; CHEN, X.; LI, X. Separation of two constituents from purple sweet potato by combination of silica gel column and high-speed counter-current chromatography. **Journal of Chromatography** (2012), p. 881- 882.

HILLEBRAND, S.; HUSING, B.; STORCK, H.; TIEMANN, I.; SCHLIEPHAKE, U.; GROMES, R.; TRAUTZ, D.; HERRMANN, M.E.; WINTERHALTER, P. Bestimmung phenolischer Inhaltsstoffe in pigmentierten Kartoffelsorten (*Solanum tuberosum* L.). **Deutsche Lebensmittelrundschau** 106 (2010), p. 85-92.

HILL, H.; LYNCHEHAUN, F. Organic milk: attitudes and consumption patterns. **British Food Journal** 104 (2002), v.7, p. 526-542.

HOOPER, L.; KROON, P.A.; RIMM, E.B.; COHN, J.S.; HARVEY, I.; LE COMU, K.A., RYDER, J.J.; HALL, W.L.; CASSIDY, A. Flavonoids, flavonoid-rich foods, and cardiovascular risk: A meta-analysis of randomized controlled trials. **American Journal of Clinical Nutrition** 88 (2008), p. 38-50.

HOSSEINIAN, F.S.; LI, W.; BETA, T. Measurement of anthocyanins and other phytochemicals in purple wheat. **Food Chemistry** 109 (2008), p. 916-924.

HOWARD, A. **Un testamento agrícola**. Santiago de Chile: Imprenta Universitaria, 1947. 237 p.

HSUA, C.L.; CHEN, W.; WENGA, Y.M.; TSENG, C.Y. Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. **Food Chemistry** 83 (2003), p. 85-92.

HUGHNER, R.S.; McDONAGH. P.: PROTHERO, A.; SHULTZ. C.J.; STANTON. J. Who are organic food consumers? A compilation and review of why people purchase organic food. **Journal of Consumer Behaviour** 6 (2007), p. 94-110.

HWANG, Y.P.; CHOI, J.H.; HAN, E.H.; KIM, H.G.; WEE, J.H.; JUNG, K.O.; JUNG, K.H.; KWON. K.; JEONG, T.C.; CHUNG, Y.C.; JEONG, H.G. Purple sweet potato anthocyanins attenuate hepatic lipid accumulation through activating adenosine monophosphate—activated protein kinase in human HepG2 cells and obese mice. **Nutrition Research** 31 (2011a), p. 896-906.

HWANG, Y.P.; CHOI, J.H.; CHOI, J.M.; CHUNG, Y.C.; JEONG, H.G. Protective mechanisms of anthocyanins from purple sweet potato against tert-butyl hydroperoxide-induced hepatotoxicity. **Food and Chemical Toxicology** 49 (2011 c), p. 2081-2089.

IFOAM. 2012. Disponível em: <[http://www.ifoam.org/IFOAM\\_Biofach2012\\_WOA\\_PressRelease\\_en.pdf](http://www.ifoam.org/IFOAM_Biofach2012_WOA_PressRelease_en.pdf)>. Acesso em: 14. Out. 2013.

INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS- IFT. **Dietary fiber**. Food Technology, Van Buren, v. 33, n.1, p. 35-39, 1979.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4<sup>a</sup> edição, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola Municipal – culturas temporárias e permanentes**. v. 38, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Agrícola Municipal – culturas temporárias e permanentes**, 2012.

INSTITUTE OF MEDICINE - IOM. National Academy of Sciences. Vitamin A. In: **Dietary reference intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc**. Washington, DC: National Academy Press; 2001: 65-126.

INTERNATIONAL POTATO CENTER. **CIP sweetpotato facts**. Disponível em: <[www.cipotato.org](http://www.cipotato.org)>. Acesso em: 28 abr. 2013.

ISHIDA, B.K.; BARTLEY, G.E. Carotenoids: chemistry, sources, and physiology. In **Encyclopedia of Human Nutrition**, 2nd ed.; CABALLERO, B.; ALLEN, L.; PRENTICE, A., Eds.; Elsevier: Oxford, U.K., 2005; pp 330-338.

IWE, M.O.; WOLTERS, I.; GORT, G.; STOLP, W.; VAN ZUILICHEM, D.J. Behavior of gelatinization and viscosity in soy-sweet potato mixtures by single screw extrusion: a response surface analysis. **Journal of Food Engineering** 38 (1998), p. 369-379.

JAARSVELD, P.J.; MARAIS, D.W.; HARMSE, E.; NESTEL, P.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Retention of β-carotene in boiled, mashed orange-fleshed sweet potato. **Journal of Food Composition and Analysis** 19 (2006), p. 321-329.

JANGCHUD, K.; PHIMOLSIRIPOL, Y.; HARUTHAITHANASAN, V. Physicochemical Properties of Sweet Potato Flour and Starch as Affected by Blanching and Processing. **Starch/Stärke** 55 (2003), p. 258-264.

JIE, L.; XIAO-DING, L.; TUN, Z.; ZHEND-DONG, Z.; ZHI-YA, Q.; MENG, L.; SHAO-HUA, Z.; SHUO, L.; MENG, W.; LU, Q. Identification and thermal stability of purple-fleshed sweet potato anthocyanins in aqueous solutions with various pH values and fruit juices. **Food Chemistry** 136 (2013), p. 1429-1434.

JIN, Y.; FANG, Y.; ZHANG, G.; ZHOU, L.; ZHAO, H. Comparison of ethanol production performance in 10 varieties of sweet potato at different growth stages. **Acta Oecologica** 44 (2012), p. 33-37.

JOLLY, D.A. Determinants of organic horticultural products consumption based on a sample of California consumers. **Acta Horticulture** 295 (1991), p. 41-148.

JUNG, J.K.; LEE, S.U.; KOZUKUE, N.; LEVIN, C.E.; FRIEDMAN, M. Distribution of phenolic compounds and antioxidative activities in parts of sweet potato (*Ipomoea batata* L.) plants and in home processed roots. **Journal of Food Composition and Analysis** 24 (2011), p. 29-37.

JUNIOR, V.C.A.; VIANA, D.J.S.; PINTO, N.A.D.V.; RIBEIRO, K.G.; PEREIRA, R.C.; NEIVA, I.P.; AZEVEDO, A.M.; ANDRADE, P.C. Características produtivas e qualitativas de ramas e raízes de batata-doce. **Horticultura Brasileira** 30 (2012), n. 4, p. 584-589.

KAHI, J.; BAARS, T.; BUGEL, S.; BUSSCHER, N.; HUBER, M.; KUSCHE, D.; REMBIAŁKOWSKA, E.; SCHMID, O.; SEIDEL, K.; LETAGE, B.; VELIMIROV, A.; ZALECKA, A. Organic food quality: a framework for concept, definition and evaluation from the European perspective. **Journal Science of Food Agriculture** 92 (2012), p. 2760-2765.

KAMER, J.H.; GINKEL, L.V. Rapid determination of crude fiber in cereals. **Cereal Chemistry** 29 (1952), p. 239-251.

KANO, M.; TAKAYANAGI, T.; HARADA, K.; MAKINO, K.; ISHIKAWA, F. Antioxidative activity of anthocyanins from purple sweet potato, *Ipomoema batatas* Cultivar Ayamurasaki. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry** 69 (2005), n.5, p. 979-988.

KHANDARE, V.; WALIA, S.; SINGH, M.; KAUR, C. Black carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus*) juice: Processing effects on antioxidant composition and color. **Food and Bioproducts Processing** 89 (2011), p. 482-486.

KIDANE, G.; ABEGAZ, K.; MULUGETA, A.; SINGH, P. Nutritional Analysis of Vitamin A Enriched Bread from Orange Flesh Sweet Potato and Locally Available Wheat Flours at Samre Woreda, Northern Ethiopia. **Curr Res Nutr Food Sci. Jour.** 1 (2013), n.1, p. 49-57.

KIDMOSE, U. et al. Effect of home preparation practices on the content of provitamin A carotenoids in coloured sweet potato varieties (*Ipomoea batatas* Lam.) from Kenya. **Innovative Food Science and Emerging Technology** 8 (2007), p. 399-406.

KIM, H.W.; KIM, J.B.; CHO, S.M.; CHUNG, M.N.; LEE, Y.M.; CHU, S.M.; CHE, J.H.; KIM, S.N.; KIM, S.Y.; CHO, Y.S.; KIM, J.H.; PARK, H.J. Anthocyanin changes in the Korean purple-fleshed sweet potato, Shinzami, as affected by steaming and baking. **Food Chemistry** 130 (2012), p. 966-972.

KIOKIAS, S.; OREOPOULOU, V. Antioxidant properties of natural carotenoid extracts against the AAPH-initiated oxidation of food emulsions. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 7 (2006), p. 132-139.

KITA, A.; BARCZAK, A.B.; HAMOUZ, K.; KULAKOWSKA, K.; LISINSKA, G. The effect of frying on anthocyanin stability and antioxidant activity of crisps from red- and purple-fleshed potatoes (*Solanum tuberosum* L.). **Journal of Food Composition and Analysis** 32 (2013), p. 169-175.

KOCA, I.; KARADENIZ, B. (2009) Antioxidant properties of blackberry and blueberry fruits grown in the Black Sea Region of Turkey. **Scientia Horticulturae** 121 (2009), n.4, p. 447-450.

KONCZAK, T.N.; ONO, H.; YOSHIMOTO, M.; YAMAKAWA, O. Characterization of acylated anthocyanins in callus induced from storage root of purple-fleshed sweet potato, *Ipomoea batatas* L. **Journal of Biomedicine and Biotechnology** 5 (2004), p. 279-286.

KONG. J. M.; CHIA, L. S., GOH, N. K.; CHIA, T. F.; BROUILLARD, R. Analysis and biological activities of anthocyanins. **Phytochemistry**, 64(5) (2003), p. 923-933.

K'OSAMBO, L. M.; CAREY, E. E.; MISRA, A. K.; WILKES, J.; HAGENIMANA, V. Influence of age, farming site, and boiling on pro-vitamin A content in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) storage roots. **Journal of Food Composition and Analysis** 11 (1998), p.305-321.

KOTIKOVA, Z.; HEJTMANKOVA, A.; LACHMAN, J.; HAMOUZ, K.; TRNKOVA, E.; DVORAK, P. Effect of selected factors on total carotenoid content in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). **Plant Soil Environment** 53 (2007), p. 355-360.

KUMAR, D.; SINGH, B.P.; KUMAR, P. An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. **Annals of Applied Biology** 145 (2004), n.3, p.247-256.

LACHMAN, J.; HAMOIJZ, K.; MUSILOVA, J.; HEJTMANKOVA, K.; KOTIKOVA, Z.; PAZDERU, K.; DOMKAROVA, J.; PIVEC, V.; CIMR, J. Effect of peeling and three cooking methods on the content of selected phytochemicals in potato tubers with various colour of flesh. **Food Chemistry** 138 (2013), p. 1189-1197.

LACHMAN, J.; HAMOUZ, K.; SULC, M.; ORSAK, M.; PIVEC, V.; HEJTMANKOVA, A.; DVORAK, P.; CEPL, J. Cultivar differences of total anthocyanins and anthocyanidins in red and purple-fleshed potatoes and their relation to antioxidant activity. **Food Chemistry** 114 (2009), p. 836-843.

LACHMAN, J.; HAMOUZ, K.; ORSAK, M.; PTVEC, V.; HEJTMANKOVA, K.; PAZDERU, K.; DVORAK, P.; CEPL, J. Impact of selected factors – Cultivar, storage, cooking and baking on the content of anthocyanins in coloured-flesh potatoes. **Food Chemistry** 133 (2012), p. 1107-1116.

LAI, Y.C.; HUANG, C.L.; CHAN, C.F.; LIEN, C.Y.; LIAO, W. Studies of sugar composition and starch morphology of baked sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). **Journal Food Science and Technology**, DOI 10.1007/s13197-011-0453-6.

LAURIE, S.M.; CALITZ, F.J.; ADEBOLA, P.O.; LEZAR, A. Characterization and evaluation of South African sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) LAM) land races. **South African Journal of Botany** 85 (2013), p. 10-16.

LAURIE, S.M.; FABER, M.; JAARSVELD, P.J.; LAURIE, R.N.; PLOOY, C.P.; MODISANE, P.C.  $\beta$ -Carotene yield and productivity of orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam.) as influenced by irrigation and fertilizer application treatments. **Scientia Horticulturae** 142 (2012), p. 180-184.

LAURSEN, K.H.; MIHAILOVA, A.; KELLY, S.D.; EPOV, V.N.; BÉRAIL, S.; SCHJOERRING, J.K.; DONARD, O.F.X. LARSEN, E.H.; PEDENTCHOUK, N.; MARCA-BELL, A.D.; HALEKOH, U.; OLESEN, J.E.; HUSTED, S. Is it really organic? – Multi-isotopic analysis as a tool to discriminate between organic and conventional plants. **Food Chemistry** 141 (2013), p. 2812-2820.

LEONEL, M.; CEREDA, M.P. Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** 22(1) (2002), p. 65-69.

LEONEL, M., JACKY, S.; CEREDA, M.P. Processamento industrial de fécula de mandioca e batata-doce – um estudo de caso. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** 18 (1998), n.3, p.343-345.

LIAO, C.C.; CHEN, Y.W.; JENG, T.L.; LI, C.R.; KUO, C.F. Consumption of Purple Sweet Potato Affects Post-Translational Modification of Plasma Proteins in Hamsters. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 61 (2013), p. 12450-12458.

LI, B.W. Comparison of three methods and two cooking times in the determination of total dietary fiber content of dried legumes. **Journal of Food Composition and Analysis** 8 (1995), p. 27-31.

LINKO, Y.Y.; VUORIEN, H.; OLKKU, J.; LINKO, P. The effect of HTST on retention of cereal alfa-amylase activity and on enzymatic hydrolysis of barley starch. In: LINKO, P.; LARINKARI, **Jounal of Food Processing Engineering** 2 (1980), p.210-223.

LIU, S.; LIN, J.; YANG, D. Determination of cis- and trans-a- and b-carotenoids in Taiwanese sweet potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) harvested at various times. **Food Chemistry** 116 (2009), p. 605-610.

LIU, X.; MU, T.; SUN, H.; ZHANG, M.; CHEN, J. Optimisation of aqueous two-phase extraction of anthocyanins from purple sweet potatoes by response surface methodology. **Food Chemistry** 141 (2013), p. 3034-3041.

LOMBARDO, S.; PANDINO, G.; MAUROMICALE, G. Nutritional and sensory characteristics of “early” potato cultivars under organic and conventional cultivation systems. **Food Chemistry** 133 (2012), p. 1249-1254.

LOW, J.W.; ARIMOND, M.; OSMAN, N.; CUNGUARA, B.; ZANO, F.; TSCHIRLEY, D. Ensuring the supply of and creating demand for a biofortified crop with a visible trait: Lessons learned from the introduction of orange-fleshed sweet potato in drought-prone areas of Mozambique. **Food and Nutrition Bulletin** 28 (2007), n. 2, p. 258-270.

LOW, J.; WALKER, T.; HUMANS, R. **The potential impact of orange-fleshed sweetpotatoes on vitamin A intake in Sub-Saharan Africa.** Lima, Peru: International Potato Center, 2001.

LUE B.M.; NIELSEN, N.S.; JACOBSEN, C.; HELLGREN, L.; GIJO, Z.; XU, X. Antioxidant properties of modified rutin esters by DPPH, reducing power, iron chelation and human low density lipoprotein assays. **Food Chemistry** 123 (2010), p. 221-230.

LUENGO, R. de F.A.; PARMAGNANI, R.M.; PARENTE, M.R.; LIMA, M.F.B.F. **Tabela de composição nutricional de hortaliças**. Brasilia: Embrapa Hortaliças, 2000.

MAKATOUNI, A. What motivates consumers to buy organic food in the UK? Results from a qualitative study. **British Food Journal** 104 (2002). p. 345-352.

MANO, H.; OGASAWARA, F.; SATO, K.; HIGO, H.; MINOBE, Y. Isolation of a Regulatory Gene of Anthocyanin Biosynthesis in Tuberous Roots of Purple-Fleshed Sweet Potato. **Plant Physiology** 143 (2007), p. 1252-1268.

MAOKA, T.; AKIMOTO, N.; ISHIGIJIRO, K.; YOSHTNAGA, M.; YOSHIMOTO, M. Carotenoids with a 5,6-dihydro-5,6-dihydroxy-β-end group, from yellow sweet potato "Benimasari", *Ipomoea batatas* LAM. **Phytochemistry** 68 (2007), p. 1740-1745.

MARÇO, P.H.; POPPI, R.J. Procedimentos analíticos para identificação de antocianinas presentes em extratos naturais. **Química Nova** 31 (2008), n. 5, p. 1218-1223.

MARKAKIS, P. Stability of anthocyanins in foods. In **Anthocyanins as Food Colors**; Markakis, P., Ed.; Academic Press: New York, 1982; p 163-180.

MATILLA, P.; HELLSTROM, J. Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. **Journal of Food Composition and Analysis** 20 (2007), p. 152-160.

MATIOLI, G.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Microencapsulação do licopeno com ciclodextrinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** 23 (2003) (Supl), p. 102-105.

MAZZOLENI, E.N.; NOGUEIRA, J.M. Agricultura orgânica: características básicas do seu produtor. **RER** 44 (2006), n. 2, p. 263-293.

MEGÍAZ-PÉREZ, R.; GAMBOA-SANTOS, J.; SORIA, A.C.; VILLAMIEL M.; MONTILLA, A. Survey of quality indicators in commercial dehydrated fruits. **Food Chemistry** 150 (2014), p. 41-48.

MELO, P.E. Cultivares de batata potencialmente úteis para o processamento na forma de fritura no Brasil e manejo para obtenção de tubérculos adequados. **Informe Agropecuário** 20 (1999), p. 112-119.

MISHRA, K.; OJHA, H.; CHAUDHURY, N.K. Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: A critical review and results. **Food Chemistry** 130 (2012), p. 1036-1043.

MOSCHELLA, A.; CAMIN, F.; MISELLI, F.; PARISI, B.; VERSINI, G.; RANALLI, P. Markers of characterization of agricultural regime and geographical origin in potato. **Agroindustria** 4(3) (2005), p. 325-332.

MOLYNEUX, P. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. **Songklanakarin Journal of Science and Technology** 26 (2004), p. 211-219.

MOMESSO, C.M.V.; ROEL, A.R.; FAVARO, S.P. Levantamento do potencial de comercialização de produtos orgânicos para o estado de Mato Grosso do Sul. **Interações** 10 (2009), n. 1,13.55-62.

MONDELAERS, K.; VERBEKE, W.; VAN HUYLENBROECK, G. Importance of health and environment as quality traits in the buying decision of organic products. **British Food Journal** 111 (2009), p. 1120-1139.

MONTILLA, E.C.; HILLEBRAND, S.; WINTERHALTER, P. Anthocyanins in purple sweet potato (*Ipomoea batatas*) varieties. **Fruit, vegetable and cereal science and biotechnology** 5 (2010), p. 19-24.

MORRIS, W. L.; DUCREUX, L.; GRIFFITHS, D.W.; STEWART, D.; DAVIES, H.V.; TAYLOR, M.A. Carotenogenesis during tuber development and storage in potato. **Journal of Experimental Botany** 55 (2004), p. 975-982.

MULINACCI, N.; FERI, F.; GIACCHERINI, C.; INNOCENTI, C.; ANDRENELLI, L.; CANOVA, G. Effect of cooking on the anthocyanins, phenolic acids, glycoalkaloids, and resistant starch content in two pigmented cultivars of *Solanum tuberosum* L. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 56 (2008), p. 11830-11837.

NASCIMENTO, K.O.; REIS, I.P.; FERREIRA, M.V.S.; JUNIOR, J.L.B.; BARBOSA, M.I.M.J. Compostos fenólicos, atividade antioxidante e carotenóides totais de fécula de batata doce cv cenoura (*Ipomoema batatas* L.) orgânica. **Higiene Alimentar** 27 (2013), p. 218-219.

NASCIMENTO, K.O.; ROCHA, D.G.C.; SILVA, E.B.; JUJNIOR, J.L.B.; BARBOSA, M.I.M.J. Caracterização química e informação nutricional de fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) orgânica e biofortificada. **Revista Verde (Mossoró - RN)** (2013), v. 8. n. 1, p. 132-38.

NODA, T.; TAKAHATA, Y.; SATO, T.; IKOMA, H.; MOCHIDA, H. Physicochemical Properties of Starches from Purple and Orange Fleshed Sweet Potato Roots at Two Levels of Fertilizer. **Starch/Stärke** 48 (1996), n. 11/12, p. 395-399.

NODA, T.; TSUDA, S.; MORIA, M.; TAKIGAWA, S.; MATSUURA, C.; SAITO, K.; MANGALIKA, W.I.L; HANAOKA, A.; SUZUKI, Y.; YAMAUCHI, H. The effect of harvest dates on the starch properties of various potato cultivars. **Food Chemistry** 86 (2004), p. 119-125.

NORFEZAH, M.N.; HARDACRE, A.; BRENNAN, C.S. Comparison of waste pumpkin material and its potential use in extruded snack foods. **Food Science and Technology International** 17(4) (2011), p. 367-373.

NOURIAN, F.; RAMASWAMY, H.S.; KUSHALAPPA, A.C. Kinetics of quality change associated with potatoes stored at different temperatures. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie** 36 (2003), Berlin, p.49-65.

O'DONOVAN, P.; McMARTHY, M. Irish consumer preference for organic meat. **British Food Journal** 104 (2002), p. 353-370.

ODONGO, B.; MWANGA, R.; OWORI, C.; NIRINGIYE, C.; OPIO, F.; EWELL, P.; LEMAGA, B.; AGWARO, G.; SERUNJOGI, L.; ABIDIN, E.; KIKAFUNDA, J.; MAYANJA, R. (2002). **Development and Promotion of Orange-Fleshed Sweet Potato to Reduce Vitamin A Deficiency in Uganda**. Lima, Peru: International Potato Centre. Disponível em: <<http://www.cipotato.org/vitaa/Proceedings/VITAA-paper>> Acesso em: 25 julho. 2013.

OIRSCHOT, Q.E.A.; REES, D.; AKED, J. Sensory characteristics of five sweet potato cultivars and their changes during storage under tropical conditions. **Food Quality and Preference** 14 (2003), p. 673-680.

OKI, T.; NAGAI, S.; YOSHINAGA, M.; NISHIBA, Y.; SUDA, I. Contribution of  $\beta$ -Carotene to Radical Scavenging Capacity Varies among Orange-fleshed Sweet Potato Cultivars. **Food Science Technology Research**, 12 (2006), n. 2, p. 156-160.

OKI, T.; MASUDA, M.; FURUTA, S.; NISHTBA, Y.; TERAHARA, N.; SUDA, I. Involvement of Anthocyanins and other Phenolic Compounds in Radical-Scavenging Activity of Purple-Fleshed Sweet Potato Cultivars. **Journal of Food Science** 67 (2002), n.5, p. 1752-1756.

OLIVEIRA, P.A. **Estudo da estabilidade e estabilização das antocianinas do bagaço de uva seibel**. 2001. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. 2001.

ORGANIC CONSUMERS ASSOCIATION. 2001. **Since 9/11 Americans' food safety concerns and organic food buying have increased**. Novembro 27, 2001. Disponível em: <<http://www.organicconsumers.org/Organic/foodsafety112801.cfm>>. Acesso em: 15 jun. 2013.

OSUNDAHUNSI, O.F.; FAGBEMI, T.N.; KESSELMAN, E.; SHIMONI, E. Comparison of the Physicochemical Properties and Pasting Characteristics of Flour and Starch from Red and White Sweet Potato Cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 51 (2003), p. 2232-2236.

OTA - ORGANIC TRADE ASSOCIATION. **Organic Food Facts retrieved** March 23, 2007. Disponível em:<[www.ota.com/organic/mt/food.html](http://www.ota.com/organic/mt/food.html)>. Acesso em: 20. Nov. 2013.

OU, B.; HUANG, D.; WOODILL, M.H.; FLANAGAN, J.A.; DEEMER, E.K. Analysis of Antioxidant Activities of Common Vegetables Employing Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) and Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) Assays: A Comparative Study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 50 (2002), p. 3122-3128.

PALMER, A. Organic food. **Economic Review** 19 (2001), n. 1, p. 2-11.

PANCERI, C.P.; GOMES, T.; GOIS, J.S.; BORGES, D.L.G.; BORDIGNON-LUTZ, M.T. Effect of dehydration process on mineral content, phenolic compounds and antioxidant activity of Cabernet Sauvignon and Merlot grapes. **Food Research International** 54 (2013), p. 1343-1350.

PASCUAL-TERESA, S.; MORENO, D.A.; GARCIA-VIGUEIRA, C. Flavanols and Anthocyanins in Cardiovascular Health: A Review of Current Evidence. **International Journal of Molecular Sciences** 11 (2010), p. 1679-1703.

PATRAS, A.; BRUNTON, N.P.; O'DONNELL, C.; TIWARI, B.K. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods, mechanisms and kinetics of degradation. **Trends in Food Science and Technology** 21 (2010), p. 3-11.

PEÑARRIETA, J.M.; SALLUCA, T.; TEJEDA, L.; ALVARADO, J.A.; BERGENSTAHL, B. Changes in phenolic antioxidants during chuño production (traditional Andean freeze and sun-dried potato). **Journal of Food Composition and Analysis** 24 (2011), p. 580-587.

PENG, Z.; 1,1, J.; GUAN, Y.; ZHAO, G. Effect of carriers on physicochemical properties, antioxidant activities and biological components of spray-dried purple sweet potato flours. **LWT - Food Science and Technology** 51 (2013), p. 348-355.

PENTEADO, R. L. B. Fibras vegetais na alimentação humana. **Boletim Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos** 15 (1981), Campinas, SP, n. 3, p. 279-302.

PEREIRA, A.L.; VIDAL, T.F.; CONSTANT, P.B. J. Antioxidantes alimentares: importância química e biológica. **Brazilian Society of Food and Nutrition** 34 (2009), n. 3, p. 231-247.

PHILPOTT, M.; GOULD, K.S.; MARKHAM, K.R.; LEWTHWAITE, S.L.; FERGUSON, L.R. Enhanced coloration reveals high antioxidant potential in new sweetpotato cultivars. **Journal of Science and Food Agriculture** 83 (2003), p. 1076-1082.

PRIOR, R. L.; CAO, G. H.; MARTIN, A.; SOFIC, R; MCEWEN, I; OBRIEN, C.; LISCHNER, N.; EHLENFELDT, M.; KALT, W.; KREWER, G.; MAINLAND, C. M. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity, and variety of *Vaccinium* species. **Journal of Agriculture and Food Chemistry** 46 (1998), p. 2686-2693.

PRIOR, R.L.; WU, X. Anthocyanins: Structural characteristics that result in unique metabolic patterns and biological activities. **Free Radical Research** 40 (2006), n. 10, p. 1014-1028.

PUGLIESE, P.; ZANASI, C.; ATALLAH, O.; COSIMO, R. Investigating the interaction between organic and local foods in the Mediterranean: The Lebanese organic consumer's perspective. **Food Policy** 39 (2013), p. 1-12.

PULIDO, R; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary as determined by a modified ferric reducing/ antioxidant power assay. **Journal Agriculture and Food Chemistry** 48 (2000), p. 3396-3402.

QIJEIROGA, R.C.F.; SANTOS, M.A.; MENEZES, M.A.; VIEIRA, C.P.G.; SILVA, M.C. Fisiologia e produção de cultivares de batata-doce em função da época de colheita. **Horticultura Brasileira** 25 (2007), p. 371-374.

RAVINDRAN, V.; RAVINDRAN, G.; SIVAKANESAN, R.; RAJAGURU, S.B. Biochemical and Nutritional Assessment of Tubers from 16 Cultivars of Sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 43 (1995), n. 10.

RAVN, H.C.; SORENSEN, O.B.; MEYER, A.S. Time of harvest affects the yield of soluble polysaccharides extracted enzymatically from potato pulp. **Food and Bioproducts Processing** xxx (2013) xxx-xxx.

RAWSON, A.; TIWARI, B.K.; TUOHY, M.; BRUNTON, N. Impact of frozen storage on polyacetylene content, texture and colour in carrots disks. **Journal of Food Engineering** 108 (2012), p. 563-569.

REMBIALKOWSKA, E. Quality of plant products from organic agriculture. Review. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 87 (2007), p. 2757-2762.

REYES, L. F.; MILLER, J.C.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Environmental conditions influence the content and yield of anthocyanins and total phenolics in purple- and red-flesh potatoes during tuber development. **American Journal of Potato Research**, 81 (2004), p.187-193.

REYES, L. F.; MILLER, J.C.; CISNEROS-ZEVALLOS. Antioxidant capacity, anthocyanins and total phenolics in purple-and red-fleshed potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes. **American Journal of Potato Research**, 82 (2005), p. 271-277

RIIHINEN, K. (2005). **Phenolic Compounds in Berries**. Tese (Doutorado) - Institute of Applied Biotechnology Food and Health Research Centre, Department of Clinical Nutrition, University of Kuopio, Kuopio.

ROBERTSON, J.A.; MONREDON, F.D.; DYSSELER, P.; GUILLO, F.; AMADO, R.; THIBAULT, J.F. Hydration Properties of Dietary Fibre and Resistant Starch: a European Collaborative Study. **Lebensm.-Wiss. u.-Technology**. 33 (2000), p. 72-79.

ROCHA, A.B. **Caracterização bromatológica e avaliação de compostos bioativos presentes na batata-da-serra (*Ipomoea convolvulacea* L.) produzida na chapada diamantina-BA**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal da Bahia, Bahia 2012.

RODDY, G.; COWAN, C.; HUTCHINSON, G. 1996. Irish Market. **British Food Journal** 96 (1996), n.4, p. 3-10.

RODRIGUES, E.; POERNER, N.; ROCKENBACH, GONZAGA, L.V.; MENDES, C.R.; FETT, R. Phenolic compounds and antioxidant activity of blueberry cultivars grown in Brazil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** 31 (2011), n. 4, p. 911-917.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: I LSI - International Life Sciences Institute, 2001.64 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; GODOY, H. T.; AMAYA-FARFAN, J. Updated Brazilian database on food carotenoids: factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis** 21 (2008), n. 6, p. 445-463.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.; KIMURA, M. **HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis**. HarvestPlus Technical Monograph 2. Washington, DC and Cali: International Food Policy Research Institute (IFPRI) and International Center for Tropical Agriculture (CIAT). Copyright HarvestPlus, 2004.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids- A review. **Journal of Food Composition and Analysis**, 23 (2010), p. 726-740.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; NUTTI, M. R.; CARVALHO, J. L. V. Carotenoids of sweet potato, cassava, and maize and their use in bread and flour fortification. In: PREEDY, R. R.; WATSON, R. R.; PA FEL, V. B. (Eds.). **Flour and breads and their fortification in health and disease prevention**. London; Burlington; San Diego: Academic Press; Elsevier, 2011. chap. 28, p. 301-311.

RODRIGUEZ-SAONA, L.E.; GIUSTI, M.; WROLSTAD, R. Anthocyanin pigment composition of red-fleshed potatoes. **Journal of Food Science** 63 (1998), p. 458-465.

ROESLER, P.V.S.; GOMES, S.D.; MORO, E.; KUMMER, A.C.B.; CEREDA, M.P. Produção e qualidade de raiz tuberosa de cultivares de batata-doce no oeste do Paraná. **Maringá** 30 (2008), n. 1, p. 117-122.

ROSE, I.M.; VASANTHAKAALAM, H. Comparison of the Nutrient composition of four sweet potato varieties cultivated in Rwanda. **American Journal of Food Nutrition** 1 (2011), n. 1, p. 34-38.

ROSENTHAL, S.; JANSKY, S. Effect of production site and storage on antioxidante levels in speciality potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 88 (2008), p. 2087-2092.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS**. Comunicado Técnico. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Julho, 2007b.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.D. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Comunicado Técnico. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Julho, 2007a.

RUFINO, M.S.M., ALVES, R.E., BRITO, E.S., PÉREZ-JIMÉNEZ, J., SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, 121 (2010), n. 4, p. 996-1002.

RUMBAOA, R.G.O.; CORNAGO, D.F.; GERONIMO, M. Phenolic content and antioxidant capacity of Philippine sweet potato (*Ipomoea batatas*) varieties. **Food Chemistry** 113 (2009), p. 1133-1138.

SABA, A.; MESSINA, F. Attitudes towards organic foods and risk/benefit perception associated with pesticides. **Food Quality and Preference** 14 (2003), p. 637-645.

SAHOTA, A. 2009. The global market for organic food and drink. In H. Willer, & L. Klicher (Eds.), **The world of organic agriculture: Statistics and emerging trends**, 2009 (pp. 59-64). FiBL-IFOAM report: IFOAM, Bonn; FiBL, Frick; ITC, Geneva.

SANTOS, E.N.; VELARDE, L.G.; FERREIRA, V.A. Associação entre deficiência de vitamina A e variáveis socioeconômicas, nutricionais e obstétricas de gestantes. **Ciência & Saúde Coletiva**, 15 (2010), p. 1021-1030.

SCHIFFERSTEIN, H.N.J.; OPHUIS, O.P.A.M. 1998. Health related determinants of organic food consumption in the Netherlands. **Food Quality and Preference** 9 (1998), n.3, p. 119-133.

SHIH, M.C.; KUO, C.C.; CHIANG, W. Effects of drying and extrusion on colour, chemical composition, antioxidant activities and mitogenic response of spleen lymphocytes of sweet potatoes. **Food Chemistry** 117 (2009), p. 114-121.

SHIH, P.H., YEH, C.T., YEN, G.C. Effects of anthocyanidin on the inhibition of proliferation and induction of apoptosis in human gastric adenocarcinoma cells. **Food Chemistry Toxicology** 43 (2005), p. 1557-1566.

SINGH, J.; SINGH, N.; SHARMA, T.R.; SAXENA, S.K. Physicochemical, rheological and cookie making properties of corn and potato flours. **Food Chemistry** 83 (2003), p. 387-393.

SISTEMA BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS - **SBRT**. Rio de Janeiro: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006. Disponível em: <<http://sbrtibictbr/uploadisbrt424.pdf>>. Acesso em: 12 de fev de 2013.

SOLER, F.; GIL, J.M.; SANCHEZ, M. 2002. Consumers' acceptability of organic food in Spain: results from an experimental auction market. **British Food Journal** 104 (2002), n.8, p. 670-687.

SOUZA, A. J.L.; PRAIA, E. F.; GRANJEIRO, L.C.; BRAGA A. P. **Composição centesimal de raízes de cultivares de batata-doce colhidas aos quatro meses**. Mossoró. FSAM. 2005.

SOUZA, L.B.; LEONEL, M. Efeito da concentração de fibra e parâmetros operacionais de extrusão sobre as propriedades de pasta de misturas de fécula de mandioca e polpa cítrica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 30 (2010), n. 3, p. 686-692.

SOWMYA, R.; SACHINDRA, N.M. Evaluation of antioxidant activity of carotenoid extract from shrimp processing by products by in vitro assays and in membrane model system. **Food Chemistry** 134 (2012), p. 308-314.

SRIROTHA, K.; SANTISOPASRIB, V.; PETCHALANUWATC, C.; KUROTJANAWONGA, K.; PIYACHOMKWAND, K.; OATES, C.G. Cassava starch granule structure function properties: influence of time and conditions at harvest on four cultivars of cassava starch. **Carbohydrate Polymers** 38 (1999), p. 161-170.

STEED, L.E.; TRUONG, V.D. Anthocyanin Content, Antioxidant Activity, and Selected Physical Properties of Flowable Purple-Fleshed Sweetpotato Purees. **Journal of Food Sciences** 73 (2008), n. 5, p. 215-221.

STEED, LE.; TRUONG, V.D.; SIMUNOVIC, J.; SANDEEP, K.P.; KUMAR, P.; CARTWRIGHT, G.D.; SWARTZEL, K.R. Continuous Flow Microwave-Assisted Processing and Aseptic Packaging of Purple-Fleshed Sweetpotato Purees. **Journal of food Science** 73 (2008), n. 9, p. 455-462.

SUDA, I.; ISHIKAWA, F.; HATAKEYAMA, M.; MIYAWAKI, M.; KUDO, T.; HIRANO, K.; ITO, A.; YAMAKAWA, O.; HORIUCHI, S. Intake of purple sweet potato beverage affects on serum hepatic biomarker levels of healthy adult men with borderline hepatitis. **European Journal of Clinical Nutrition** 62 (2008), p. 60-67.

SUDA, I.; OKI, T.; MASUDA, M.; KOBAYASHI, M.; NISHIBA, Y.; FURUTA, S. Physiological functionality of purple-fleshed sweetpotatoes containing anthocyanins and their utilization in foods. **Japan Agricultural Research Quarterly** 37 (2003), p. 167-173.

SUDA, I.; OKI, T.; MASUDA, M.; NISHIBA, Y.; FURUTA, S.; MATSUGANO, K.; SUGITA, K.; TERAHARA, N. Direct Absorption of Acylated Anthocyanin in Purple-Fleshed Sweet Potato into Rats. **Journal of Agricultural Food Chemistry** 50 (2002), p. 1672-1676.

SWAIN, T.; HILLIS, W.E. The phenolics constituents of *prunus domestics*. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 10 (1959), n.1, p.63-68.

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos.** NEPA-UNICAMP. 4. ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2011.

TAKENAICA, M.; NANAYAMA, K.; ISOBE, S.; MURATA, M. Changes in caffeic acid derivatives in sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) during cooking and processing. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry** 70 (2006), p. 172-177.

TEOW, C.C.; TRUONG, V.D.; McFEETERS, R.F.; THOMPSON, R.L.; PECOTA, K.V.; YENCHO, G.C. Antioxidant activities, phenolic and  $\beta$ -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. **Food Chemistry** 103 (2007), p. 829-838.

TERAHARA, N.; KONCZAK, I.; ONO, H.; YOSHIMOTO, M.; YAMAKAWA, O. Characterization of acylated anthocyanins in callus induced from storage root of purple-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). **Journal of Biomedicine and Biotechnology** 5 (2004), p. 279-286.

THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYME, D.H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis** 19 (2006), n. 1, p. 669-675.

TIAN, Q.; KONCZAK, I.; SCHWARTZ, J. Probing Anthocyanin Profiles in Purple Sweet Potato Cell Line (*Ipomoea batatas* L. Cv. Ayamurasaki) by High-Performance Liquid Chromatography and Electrospray Ionization Tandem Mass Spectrometry. **Journal Agricultural and Food Chemistry** 53 (2005), p. 6503-6509.

TOMLINS, K.; NDUNGURU, G.; STAMBUL, K.; JOSHUA, N.; NGENDELLO, T.;

RWIZA, E.; AMOUR, R.; RAMADHANI, B.; KAPANDE, A.; WESTBY, A. Sensory evaluation and consumer acceptability of pale-fleshed and orange-fleshed sweetpotato by school children and mothers with preschool children. **Journal of Science and Food Agriculture** 87 (2007), p. 2436-2446.

TOMLINS, K.; OWORI, C.; BECHOFF, A.; MENYA, G.; WESTBY, A. Relationship among the carotenoid content, dry matter content and sensory attributes of sweet potato. **Food Chemistry** 131 (2012), p. 14-21.

TORJUSEN, H.; LIEBLEIN, G.; WANDEL, M.; FRANCIS, C.A. Food system orientation and quality perception among consumers and producers of organic food in Hedmark County, Norway. **Food Qual Preferences** 12 (2001), p. 207-216.

TORSKANGERPOLL, K.; ANDERSEN, O.M. Colour stability of anthocyanins in aqueous solutions at various pH values. **Food Chemistry** 89 (2005), p. 427-440.

TRUONG, V.D.; HU, Z.; THOMPSON, R.L.; YENCHO, G.C.; PECOTA, K.V. Pressurized liquid extraction and quantification of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato genotypes. **Journal of Food Composition and Analysis** 26 (2012), p. 961 03.

TUMWEGAMIRE, S.; KAPINGA, R.; ZHANG, D.; CRISNAM, C.; AGILLI, S. Opportunities for promoting orange-fleshed sweet potato among food based approach to combat vitamin A deficiency in sub-Saharan Africa. **African Crop Science Journal** 12 (2004), n. 3, p. 241-253.

UKPABI, U.J.; EKELEDO, E.N. Feasibility of using Orange-fleshed sweet potato as an alternative to carrot in Nigerian salad preparations. **Agricultural Journal** 4 (2009), n. 5, p.216-220.

VAN HAL, M. Quality of sweet potato flour during processing and storage. **Journal of Food Reviews International** 16 (2000), p. 1-37.

VIEIRA E SILVA, R.G. **Caracterização físico-química de farinha de batata-doce para produtos de panificação**. 2010. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Bahia. 2010.

VELIOGLU, Y.S.; MAZZA, G.; GAO, L.; OOMAH, B.D. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 46 (1998), p. 4113-4117.

XIA et al. Anthocyanin prevents CD40-activated proinflammatory signaling in endothelial cells by regulating cholesterol distribution. **Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology** 27 (2007), p. 519-524.

XIAODING, G. **Evaluation of sweetpotato tips as green vegetables**. Taiwan: ARC Training, 1995. 9 p.

XU, X.; LI, W.; LU, Z.; BETA, T.; HYDAMAKA, A.W. Phenolic Content, Composition, Antioxidant Activity, and Their Changes during Domestic Cooking of Potatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 57 (2009), p. 10231-10238.

YADAV, A.R.; GUHA, M.; THARANATHAN, R.N.; RAMTEKE, R.S. Changes in characteristics of sweet potato flour prepared by different drying techniques. **LWT** 39 (2006), p. 20-26.

YING, L.; JIA-YING, L.; JING, L.; MI-LU, L.; ZHONG-HUA, L. Preparative Separation of Anthocyanins from Purple Sweet Potatoes by High-Speed Counter-Current Chromatography. **Chinese Journal of Analytical Chemistry**, 39 (2011), n. 6, p. 851-856.

YOSHIMOTO, M.; OKUNO, S.; YAMAGUSHI, M. YAMAKAWA, O. Antimutagenicity of deacylated anthocyanins in purple-fleshed sweet potato. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry** 65 (2001), n. 7, p. 1652-1655.

ZANDER, K.; HAMM, U. Consumer preferences for additional ethical attributes of organic food. **Food Quality and Preference** 21 (2010), p. 495-503.

ZANOLI, R.; GAMBELLI, D.; VAIRO, D. Scenarios of the organic food market in Europe. **Food Policy** 37 (2012), p. 41-57.

ZHANG, Z.F.; FAN, S.H.; ZHENG, Y.L.; LU, J.; WU, D.M.; SHAN, Q.; HU, B. Purple sweet potato color attenuates oxidative stress and inflammatory response induced by D-galactose in mouse liver. **Food and Chemical Toxicology** 47 (2009), p. 496-501.

ZHANG, Z.F.; LU, J.; ZHENG, Y.L.; WU, D.M.; HU, B.; SHAN, Q.; CHENG, W.; LI, M.Q.; SUN, Y.Y. Purple sweet potato color attenuates hepatic insulin resistance via blocking oxidative stress and endoplasmic reticulum stress in high-fat-diet-treated mice. **Journal of Nutritional Biochemistry** xx (2012) xxx-xxx.

ZHANG, Z.F.; LU, J.; ZHENG, Y.L.; HU, B.; FAN, S.H.; WU, D.M.; ZHENG, Z.H.; SHAN, Q.; LIU, C.M. Purple sweet potato color protects mouse liver against D-galactose-induced apoptosis via inhibiting caspase-3 activation and enhancing PI3K/Akt pathway. **Food and Chemical Toxicology** 48 (2010), p. 2500-2507.

ZHANG, Z.; WHEATLEY, C.C.; CORKE, H. Biochemical changes during storage of sweet potato roots differing in dry matter content. **Postharvest Biology and Technology** 24 (2002), p. 317-325.

WALL, J.S. Properties of protein contributing to functionality of cereal foods. **Cereal Foods World** 24 (1979), n. 7, p. 289-292.

WHO, 1996. World health report 1996. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

WHO, 2009. Global prevalence of vitamin A deficiency in populations at risk 1995-2005. In: WHO Global Database on Vitamin A Deficiency. World Health Organization, Geneva.

WOOLFE, J.A. (1992). **Sweet Potato An Untapped Food Resource**. Pp. 1-12. Cambridge: Cambridge University Press.

WROLSTAD, R.E. **Colors and Pigment Analysis in Fruit Products**. Corvallis: Oregon Agricultural Experimental Station, 1976, 17 p.

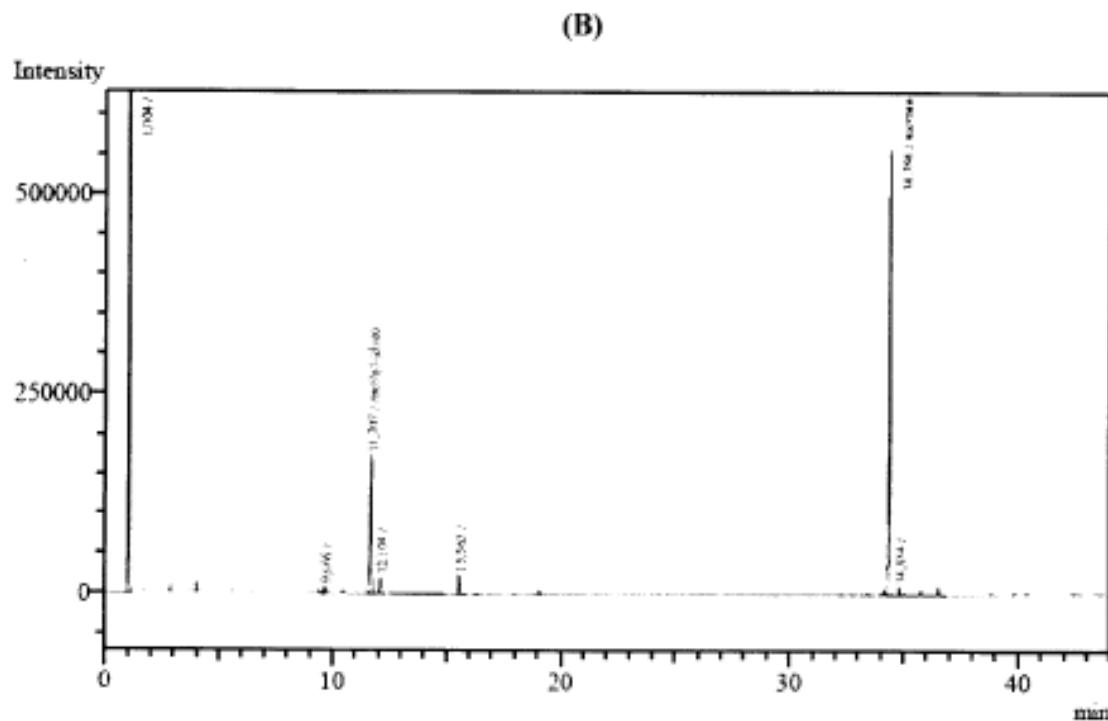
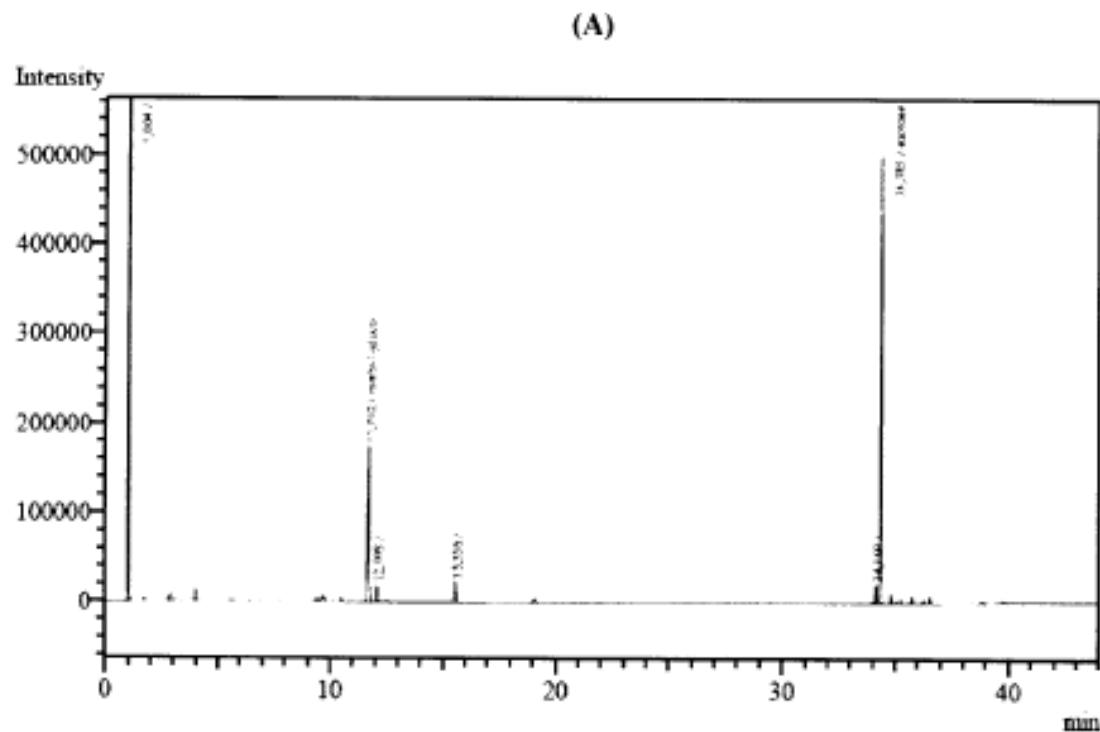
WU, X.; SUN, C.; YANG, L.; ZENG, G.; LIU, Z.; LI, Y. 1-carotene content in sweet potato varieties from China and the effect of preparation on 0-carotene retention in the Yanshu No. 5. **Innovative Food Science and Emerging Technologies** 9 (2008), p. 581-586.

## **ANEXOS**

ANEXO A	99
ANEXO B	100
ANEXO C	101
ANEXO D	102

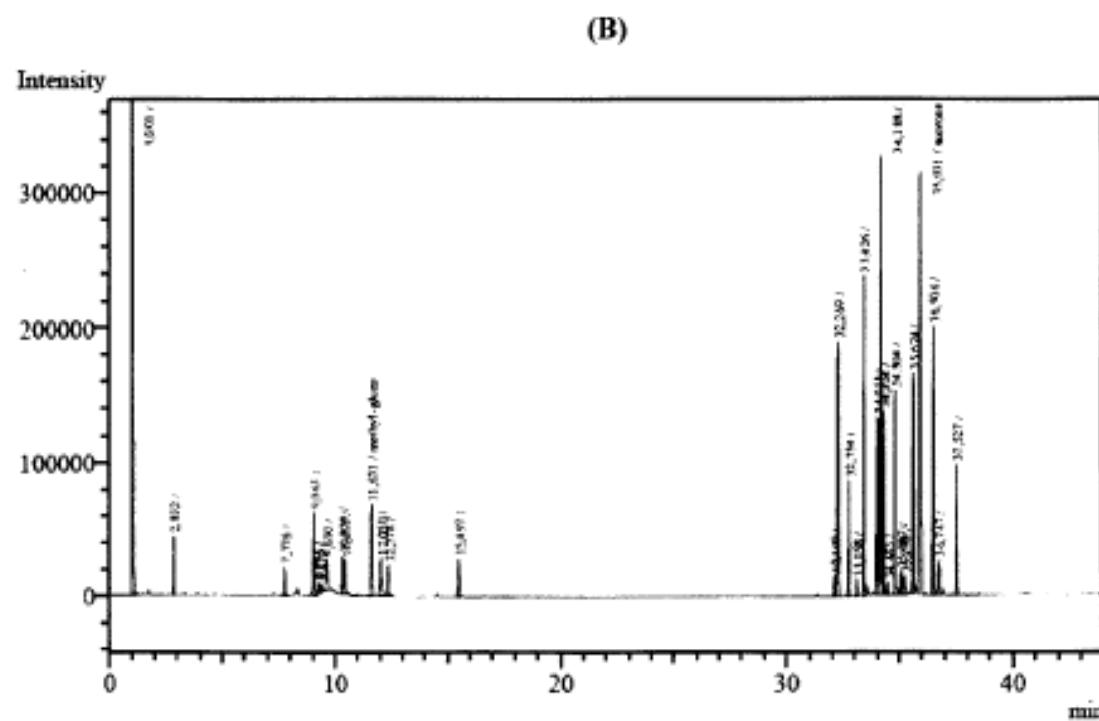
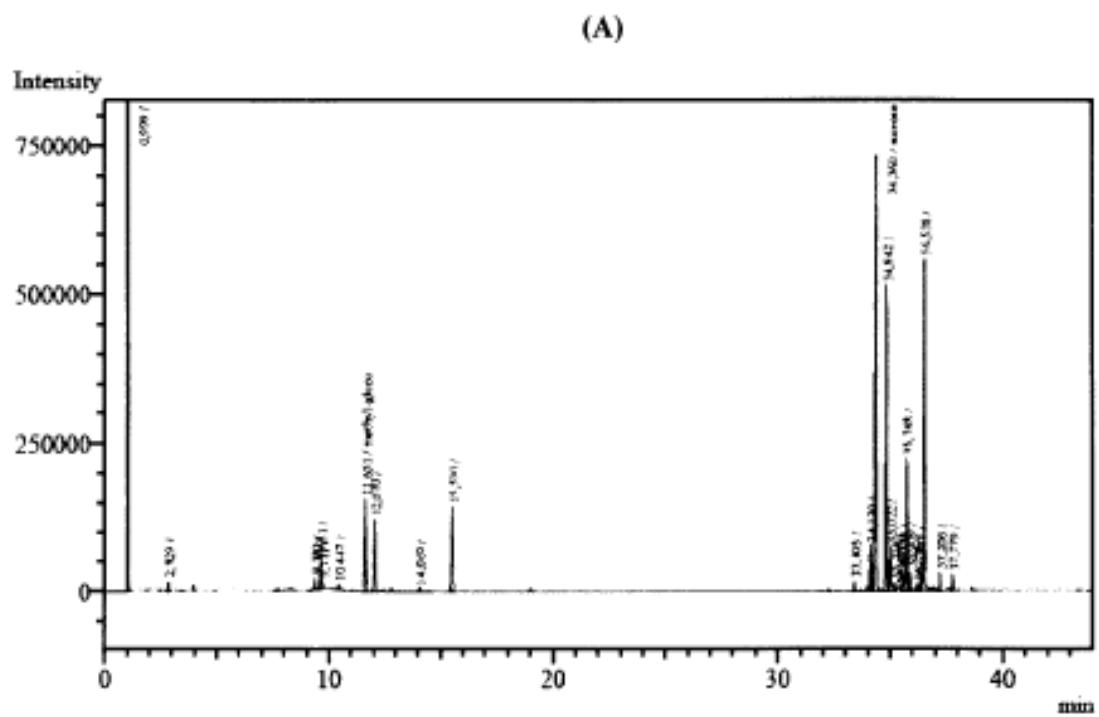
## ANEXO A

Exemplo de cromatograma obtido pela análise de determinação de açúcares das amostras *in natura* de batata-doce de polpa alaranjada (BDPA) dos lotes 1 (A) e 2 (B), por cromatografia gasosa.



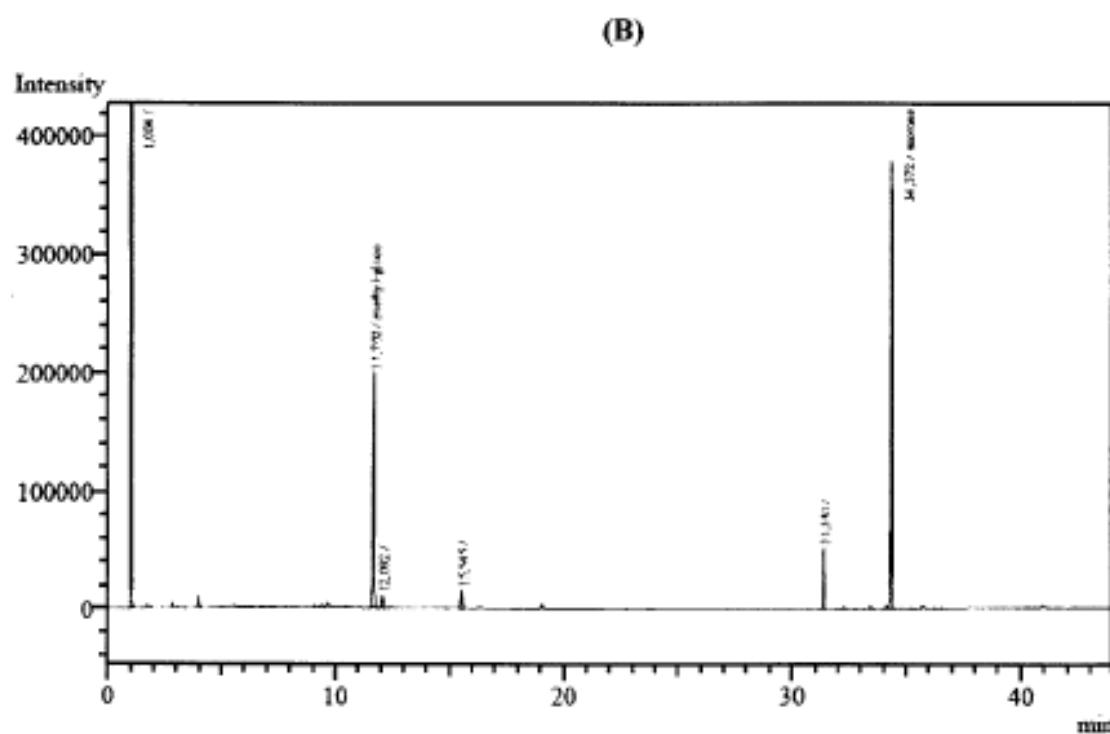
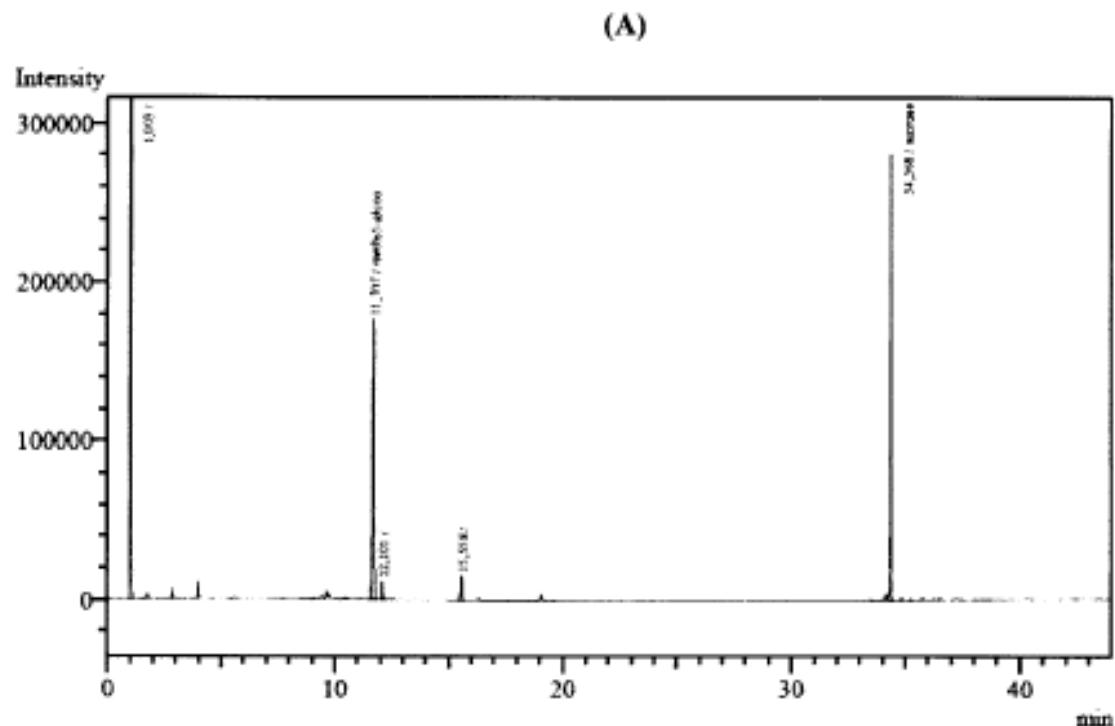
## ANEXO B

Exemplo de cromatograma obtido pela análise de determinação de açúcares das farinhas de batata-doce de polpa alaranjada (BDPA) dos lotes 1 (A) e 2 (B), por cromatografia gasosa.



## ANEXO C

Exemplo de cromatograma obtido pela análise de determinação de açúcares das amostras *in natura* de batata-doce de polpa roxa (BDPR) dos lotes 1 (A) e 2 (B), por cromatografia gasosa.



## ANEXO D

Exemplo de cromatograma obtido pela análise de determinação de açúcares das farinhas de batata-doce de polpa roxa (BDPR) dos lotes 1 (A) e 2 (B), por cromatografia gasosa.

