

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ –
CAMPUS DE FRANCISCO BELTRÃO, CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO*
SENSU EM CIÊNCIAS APLICADAS À SAÚDE – NÍVEL
MESTRADO

MARIA ELISABETE FAGUNDES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DE COMPOSTOS
BIOATIVOS DE FOLHAS DE BATATA-DOCE COMUM E
BIOFORTIFICADA (*IPOMEA BATATAS L.*)**

FRANCISCO BELTRÃO-PR
ABRIL/2020

MARIA ELISABETE FAGUNDES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE
FOLHAS DE BATATA-DOCE COMUM E BIOFORTIFICADA (*IPOMEA
BATATAS L.*)**

DISSERTAÇÃO apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ciências Aplicadas à Saúde, nível Mestrado, do Centro de Ciências da Saúde, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Aplicadas à Saúde.

Área de concentração: Ciências da

Saúde. Orientadora: Dra. Luciana Bill M.

Kottwitz

Co-orientador: Dr. Luciano Lucchetta

FRANCISCO BELTRÃO-PR

ABRIL/2020

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Fagundes, Maria Elisabete
Caracterização físico-química e de compostos bioativos de
folhas de batata-doce comum e biofortificada (Ipomea
batatas L.) / Maria Elisabete Fagundes; orientador(a),
Luciana Bill M Kottwitz; coorientador(a), Luciano
Lucchetta, 2020.
118 f.

Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste
do Paraná, Campus de Francisco Beltrão, Centro de Ciências
da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à
Saúde, 2020.

1. Folhas de batata-doce. 2. Antioxidantes. 3.
Composição físico química . 4. Batata-doce biofortificada. I.
Kottwitz, Luciana Bill M. II. Lucchetta, Luciano . III.
Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

MARIA ELISABETE FAGUNDES

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE
FOLHAS DE BATATA-DOCE COMUM E BIOFORTIFICADA (*IPOMEA
BATATAS L.*)**

Essa dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Ciências Aplicadas à Saúde e aprovada em sua forma final pelo(a) Orientador(a) e pela Banca Examinadora.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof (a). Dr (a). Luciana Bill M. Kottwitz.
UNIOESTE

Membro da banca: Prof. Dr. João Paulo Amorim
UNIOESTE

Membro da banca: Prof (a). Dr (a). Silvia Renata M. Coelho
UNIOESTE

FRANCISCO BELTRÃO, PR
ABRIL, 2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus. Ao programa de pós graduação em ciências aplicadas à saúde. A todo o corpo docente do mestrado por terem compartilhado seus conhecimentos em especial a minha orientadora Dra Luciana Bill Mikito Kottwitz, pela sua dedicação, paciência e por todo carinho, e ao meu coorientador Dr Luciano Lucchetta, pelo seus ensinamentos e por ter proporcionado a parte experimental à minha pesquisa. Ao Dr João Paulo Amorim e Dra Silvia Renata Machado Coelho pelos ensinamentos. Estendo minha gratidão às Técnicas de Laboratório da Unioeste e aos meus colegas de Mestrado.

Também agradeço ao programa de mestrado da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por se fazer parceira e ter concedido autorização para realização dos experimentos da pesquisa em seus laboratórios, aos colaboradores da Coordenação de Estação Experimental (COEXP) e técnicos de laboratório. Em especial à aluna Josceane Carla Knob pela ajuda nos experimentos.

Agradeço a Secretaria Municipal de Francisco Beltrão por acreditarem no crescimento e desenvolvimento educacional de seus colaboradores. Agradeço a minha família, meu filho Pedro, meu esposo Cesar e minha sogra Jandira, por me apoiarem e entenderem a minha ausência nestes dias de estudo. Enfim, minha gratidão se estende profundamente à Marcia Camiccia, minha maior incentivadora, “você foi responsável por tudo”.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Telmo Boaventura Fagundes e Leonilda de Britto Fagundes (*in memórian*).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Batata-doce Brazlândia Roxa.....	19
Figura 2 - Batata-doce Brazlândia Branca.....	19
Figura 3 – Batata-doce cv BRS Rubissol.....	19
Figura 4 – Batata-doce cv BRS Cuia.....	19
Figura 5 – Batata-doce cv BRS Amélia.....	19
Figura 6 – Batata-doce cv <i>Beauregard</i>	19
Figura 7 – Cultivares e batata-doce SCS371 Katiy, SCS370 Luiza e SCS372 Marina, assadas.....	20
Figura 8 – Estrutura química dos flavonoides.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Maiores produtores de batata-doce no mundo em 2017.....	21
Tabela 2 – Comparação dos teores minerais, proteico, lipídico e calórico fornecidos pelo consumo de 100 g da folha de batata-doce em relação ao consumo de 100 g de folhas secas de mandioca, feijão preto cozido e feijão preto cru.....	23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FAO - Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PAM- Produção Agrícola Municipal
CIP- Centro Internacional de la Papa
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária
CNPQ- Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças
CV- Cultivares
EPAGRI- Empresa de pesquisa e Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
ERO- Espécie Reativa de Oxigênio
AGROTEC- Escola Tecnológica Agropecuária
FUNDETEC- Fundação Para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico
IAL- Instituto Adolfo lutz de Normas Analíticas
RMF- Resíduo Mineral Fixo
DPPH- 2,2-difenil-1-picril-hifrazil
ANVISA- Agencia Nacional de Vigilância Sanitária
ECA- Equivalente de catequina
GAE – Equivalente de ácido gálico
EC – Concentração de extrato

Caracterização físico-química e de compostos bioativos de folhas de batata-doce comum e biofortificada (*Ipomea batatas* L.)

Resumo

A biofortificação é uma estratégia no combate à desnutrição. Esta pode ser realizada com o cruzamento de plantas da mesma espécie, gerando cultivares mais nutritivas, mais conhecido como melhoramento genético com a finalidade de enriquecimento de um ou mais micronutrientes essenciais, como ferro, zinco, cálcio e vitamina A. Um exemplo destes alimentos biofortificados é batata-doce *Beauregard*, que pode ser consumida por completo (raiz, caule e folhas). Trata-se de uma cultivar que tem a polpa alaranjada, o que apresenta maior quantidade de betacaroteno, precursor da vitamina A, tendo um papel essencial no organismo humano, como prevenção de doenças, crescimento e desenvolvimento, fortalecimento do sistema imunológico, bem como atua como antioxidante combatendo os radicais livres. As folhas de batata-doce são um excelente alimento, podendo ser consumida cozida, como farinha no preparo de alimentos, chá e cruas preparadas como salada, rica em nutrientes e compostos bioativos como antocianinas e polifenóis. Este trabalho teve como objetivo comparar a composição físico-química, de compostos bioativos e o potencial antioxidante presente nas folhas de batata-doce Rubissol e biofortificada (cultivar *Beauregard*). Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com dois tratamentos (folhas de batata-doce comum e biofortificada) e seis repetições, em um total de 12 parcelas experimentais. Os resultados obtidos foram submetidos à avaliação estatística. Os resultados médios parciais, das análises composicionais físico-químicas, indicaram percentuais médios para os teores de proteína de 28,98% e 28,41%, para folhas de batata-doce comum e biofortificada, respectivamente. Na determinação de fibras totais, os valores médios encontrados foram 24,56% e 28,07%, para as folhas de batata-doce *Beauregard* e Rubissol respectivamente. As concentrações de compostos bioativos entre as cultivares Rubissol e *Beauregard* foram: 13,20 e 120,33 µg/g (carotenóides totais), flavonóides 65,23 e 78,71 mgCE/100g (flavonóides), 3,24 e 9,37 mg/100g (antocianinas), 196,04 e 269,43 mgEAG/100g (fenólicos totais) , 192,27 e 132,23 g/g DPPH (atividade antioxidante).

Considerando a composição das folhas de batata-doce, das duas variedades avaliadas nesta pesquisa, é possível destacar a importância nutricional e relevância em componentes bioativos desta parte da planta usualmente descartada quando comparadas as raízes que são comumente consumidas e ainda, evidenciar a possibilidade da sua introdução na alimentação humana.

Palavras-chave: Batata-doce biofortificada; composição nutricional; substâncias bioativas; atividade antioxidante.

Physico-chemical characterization and bioactive compounds of the leaves of common sweet potato and biofortified sweet potato (*Ipomea batatas* L.)

Abstract

Biofortification is a strategy to combat malnutrition. It can be done with the crossing of plants of the same species to generate more nutritious cultivars, better known as genetic improvement, in order to enrich one or more essential micronutrients, such as iron, zinc, calcium and vitamin A. An example of these biofortified foods are the Beauregard sweet potatoes, which can be eaten in their entirety (root, stem and leaves). It is a cultivar that has orange flesh, which has a greater amount of beta-carotene, a precursor of vitamin A, having an essential role in the human body, such as disease prevention, growth and development and strengthening of the immune system, as well as acting as an antioxidant, fighting free radicals. Sweet potato leaves are an excellent food and can be eaten cooked, as a flour in the preparation of food and tea, and raw, prepared as a salad rich in nutrients and bioactive compounds such as anthocyanins and polyphenols. This work aimed to compare the physical-chemical composition of bioactive compounds and the antioxidant potential present in Rubissol and biofortified sweet potato leaves (Beauregard cultivar). A completely randomized design (DIC) was used, with two treatments (common and biofortified sweet potato leaves) and six repetitions, in a total of 12 experimental parcels. The results obtained were submitted to statistical evaluation. The level of significance considered was 5%. The partial average results, of the physical-chemical compositional analyzes, indicated average percentages for the protein contents of 28.98% and 28.41%, for common and biofortified sweet potato leaves, respectively. In the determination of total fibers, the average values found were 24.56% and 28.07%, for the Beauregard and Rubissol sweet potato leaves, respectively. The concentrations of bioactive compounds between Rubissol and Beauregard cultivars were: 13.20 and 120.33 $\mu\text{g} / \text{g}$ (total carotenoids), 65.23 and 78.71 $\text{mgCE} / 100\text{g}$ (flavonoids), 3.24 and 9.37 $\text{mg} / 100\text{g}$ (anthocyanins), 196.04 and 269.43 $\text{mgEAG} / 100\text{g}$ (total phenolics), 192.27 and 132.23 g / g DPPH (antioxidant

activity). Considering the composition of the two sweet potato leaf varieties evaluated in this research, it is possible to highlight the nutritional importance and relevance in bioactive components of this usually discarded part of the plant when compared to the roots, that are commonly consumed, and also, evidence the possibility of its introduction into human food.

Keywords: Biofortified sweet potato; nutritional composition; bioactive substances; antioxidant activity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	15
1.1 Cultivo de batata-doce – considerações gerais.....	16
1.2 Qualidade nutricional.....	21
1.2.1 Vitamina C.....	24
1.3 Compostos bioativos.....	25
1.3.1 Compostos Fenólicos.....	26
1.3.1.1 Flavonoides.....	27
1.3.1.1.1 Antocianinas.....	29
1.3.2 Carotenoides.....	30
1.4 Potencial antioxidante.....	32
2. OBJETIVOS.....	34
2.1 Geral.....	34
2.2 Específicos.....	34
3. METODOLOGIA.....	35
3.1 Matéria-prima.....	35
3.2 Preparo dos extratos.....	35
3.3 Análises físico-químicas.....	36
3.3.1 Teor de umidade.....	36
3.3.2 Determinação de cinzas.....	36
3.3.3 Acidez titulável.....	36
3.3.4 Lipídios.....	37
3.3.5 Fibra bruta.....	38
3.3.6 Proteínas.....	39
3.3.7 Carboidratos totais.....	39
3.3.8 Valor Calórico.....	40
3.3.9 Vitamina C.....	40
3.4 Compostos Bioativos.....	41
3.4.1 Carotenoides totais.....	41
3.4.1.1 Materiais.....	41
3.4.1.2 Reagentes.....	41

3.4.2 Flavonoides totais.....	43
3.4.2.1 Reagentes	43
3.4.3 Compostos fenólicos totais.....	44
3.4.4 Antocianinas.....	44
3.4.5 Atividade antioxidante	45
3.4.5.1 Preparo das soluções.....	45
3.4.5.2 Preparo dos extratos	46
3.4.5.3 Preparação da curva padrão de DPPH	46
3.4.5.4 Determinação da curva do DPPH.....	46
3.4.5.5 Determinação da atividade antioxidante total (AAT).....	46
3.4.5.6 Equivalência de controle e DPPH.....	47
3.5 Análise estatística.....	48
4. REFERÊNCIAS.....	49
5. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE FOLHAS DE BATATA-DOCE COMUM E DE BATATA-DOCE BIOFORTIFICADA (IPOMEA BATATAS L.).....	60
REFERÊNCIAS.....	73
6. ANEXOS.....	78
6.1 Nutrition Research.....	788
Physico-chemical characterization and bioactive compounds of the leaves of common sweet potato and biofortified sweet potato (Ipomea batatas l.)	100

1. INTRODUÇÃO GERAL

A biofortificação é processo de desenvolvimento de alimentos naturais que apresentam quantidades de nutrientes capazes de suprir as necessidades do corpo humano ao ser inserido na dieta da população. As mudanças no conteúdo dos produtos, não modificam a aparência, o gosto, a textura ou a forma de preparo do alimento (SILVA, 2007). Além disso é uma importante estratégia no combate à desnutrição, feito com o cruzamento de plantas da mesma espécie, gerando cultivares mais nutritivas, como é o caso de cultivares de milho, arroz, mandioca, batata-doce e feijão, excelentes fontes de um ou mais micronutrientes essenciais, como ferro, zinco, cálcio e vitamina A. Esta abordagem pretende não somente reduzir o número de pessoas desnutridas, mas também ajudá-los a manter o estado nutricional melhorado. Além disso, fornece um meio viável de atingir as populações mais carentes, através do alimento (LOUREIRO et al., 2018).

Uma das cultivares (cv) biofortificadas é a batata-doce *Beauregard*, a mesma foi melhorada pela empresa *Louisiana Agricultural Experiment Station*. No ano de 2008 foi trazida para o Brasil por meio de convênio com o Centro Internacional de la Papa (CIP), localizado no Peru, foi testada e recomendada pela Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária (Embrapa Hortaliças) (RIOS et al., 2009).

Este cv tem um ótimo valor nutricional, possui atividade antioxidante, além disso, é rica em compostos bioativos, componentes dos alimentos que tem influência fisiológica, participando de atividades celulares, atuando como antioxidantes, reduzindo o estresse oxidativo, gerando inúmeros benefícios a saúde humana (KRIS-ETHERTON et al., 2004; SHAHIDI, 2004; LOW et al., 2007).

Muitas partes da planta da batata-doce são comestíveis, incluindo as folhas, que são excelentes fontes de polifenóis antioxidativos (JOSÉ et al., 2015), entre eles as antocianinas e os ácidos fenólicos; além disso, são ricas em vitaminas do complexo B, beta caroteno, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, ferro, manganês, cobre, zinco, fibras e proteínas (WOOLFE, 1992). O valor de proteínas encontrado na folha (2,99g/100g) é maior do que o encontrado na raiz (1,28-2,3g/100g), assim como os valores dos micronutrientes que estão envolvidos no sistema antioxidante do corpo, na homeostase da glicose, na mobilização do cálcio, na absorção de ferro, na expressão gênica, reações enzimáticas e ritmo cardíaco (SUN et al., 2014).

O consumo das folhas deste cultivar pode ser uma alternativa importante no combate a escassez de alimentos. Agricultores e cientistas estão cada vez mais motivados na produção destes vegetais antes eram desperdiçados, pois podem ser colhidas várias vezes durante o ano, são resistentes a certas adversidades climáticas, à umidade, doenças e pragas. Além disso, o consumo das folhas de batata-doce para promover a saúde devido aos seus componentes nutricionais e compostos bioativos apresentam várias funções fisiológicas como, por exemplo, os polifenóis e antocioninas que contribuem com atividade antioxidante, combatendo os radicais livres, tem efeito anticarcinogênico, antimutagênico, antidiabético, antihipertensivo, antiinflamatório, antimicrobiano, até mesmo contra o Vírus da Imunodeficiência Adquirida (HIV), inibindo a replicação seletiva do vírus, bem como as fibras contribuírem com a microbiota intestinal (ISLAN, 2006).

Considerando que normalmente as folhas de batata-doce são descartadas e pouco utilizadas na alimentação humana, mas que representam importante aporte nutricional, é necessário conhecer sua composição físico-química e de seus compostos bioativos, comparando uma variedade comum com uma biofortificada, com a finalidade de demonstrar a viabilidade de aproveitamento.

1.1 Cultivo de batata-doce – considerações gerais

A batata-doce (*Ipomea batatas* L.) é uma dicotiledônea da família *Convolvulácea*, nativa das Américas Central e do Sul, apesar de alguns autores afirmarem que seja originária nos continentes asiático ou africano (PARI, 2015). É uma raiz tuberosa de fácil cultivo, tem múltiplas formas de aproveitamento, dispensa o uso de tecnologias avançadas, sendo uma excelente cultura para a agricultura familiar, hortas escolares e comunitárias, além disso, desempenham um importante papel nutricional no cardápio de pessoas com restrições alimentares e deficiências nutricionais (CAMARGO, 2018).

É um vegetal que possui em sua constituição folhas largas e arredondadas, sendo cordiformes ou sagitadas, longamente pecioladas ou truncadas na base, sendo que o seu tamanho pode variar conforme as condições de cultivo e solo tem caule herbáceo rastejante geralmente prostrado, fixando-se ao solo por um único ponto de fixação, apresentando basicamente dois tipos de raiz: a de reserva ou tuberosa, que constitui a principal parte de interesse comercial; e a raiz absorvente,

responsável pela absorção de água e extração de nutrientes do solo (EDMOND; AMERMAN, 1971; HUAMÁN, 1991).

As raízes qualificadas como absorventes são abundantes e demasiadamente ramificadas as quais atuam como agentes na extração e transporte de água e nutrientes do solo para a planta. Já as raízes tuberosas podem apresentar formato alongado, redondo, ou fusiforme, sendo identificadas pela grande espessura em relação às outras raízes, apresentando cinco ou seis feixes de vasos. Exibe em seu exterior uma casca, sendo seu interior denominado polpa ou carne (MIRANDA et al., 2006; SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA, 1995), no Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPq) foram lançadas as cultivares: Brazlândia-roxa (Figura 1), brazlândia-branca, BRS Rubissol, BRS Cuia, BRS Amélia, e Batata-Doce *Beauregard*, cada uma com suas características específicas, além disso, existe no Brasil um número elevado de cultivares de batata-doce com grande diversidade genética entre elas (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008). É comum encontrar uma cultivar com nomes diferentes, ou diferentes cultivares com o mesmo nome. Algumas regiões têm indicações próprias de cv, tais como: Balão, Três Quinas e Jambo (Manaus, AM); Gonçalves, Variedade 14, Arroba e Peçanha Branca (Minas Gerais); Americana e Rama Roxa (Porto Alegre e regiões próximas, RS); Monalisa, Napoleão e Jacaré (São Paulo); Rosinha do Verdão (Rio de Janeiro); Ourinho e Batata-Salsa (Sergipe); Rainha e Japonesa (Pará); Brazlândia Rosada e Coquinho (Brasília, DF).

A cultivar Brazlândia Roxa (Figura 1) apresenta formato alongado, muito uniforme. A raiz tem película externa roxa, polpa creme, doce, que após o cozimento torna-se creme-amarelada e é bem seca, com baixo teor de fibras. A planta é do tipo rasteira; as ramas desenvolvem-se lentamente, são de comprimento médio e de cor verde com diâmetro médio aproximado de 6 mm; as folhas são de cor verde, medindo de 11 a 15 cm de comprimento por 10 a 15 cm de largura na base. Apresenta, também, boa resistência contra pragas de solo, sendo que a produtividade média obtida na Embrapa Hortaliças foi de 25 toneladas por hectare (t/ha), em ciclo de cinco meses. É indicada para a região de Brasília (DF), onde pode ser plantada em qualquer época do ano, desde que se disponha de irrigação. Raramente produz batatas graúdas.

A cv Brazlândia Branca (Figura 2), cresce em ramas rasteiras, de

comprimento médio a longo, grossas, de cor verde, lançando brotos verdes e folhas grandes de 12 a 15 cm de comprimento e de 13 a 17 cm de largura. Para aproveitar o melhor da batata a colheita ocorre entre 120 e 150 dias após o plantio das ramas. É uma planta adaptada à região do Planalto Central, no Centro-Oeste brasileiro, com indicação para cultivo no Distrito Federal, em Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás. O plantio se dá entre setembro até o final de fevereiro. Recomenda-se plantar em solo leve, bem estruturado, evitando os pesados ou compactados. A densidade de plantio recomendada é de 33.000 plantas por hectare. Pode alcançar produtividade média de 25 t/ha de raízes comerciais em cinco meses de ciclo. A cultivar foi desenvolvida pela Embrapa Hortaliças na década de 1980. É muito apreciada pelas suas qualidades nutricionais e comerciais. Ganhou o nome por ter sido cultivada na região de Brazlândia, DF.

A cv BRS Rubissol (Figura 3) apresenta forma redondo-elíptica com boa uniformidade. Possuem dimensões de aproximadamente 10 cm por 18 cm. A casca apresenta cor púrpura intensa (vermelho-rubi) com leve aspereza ao tato. A polpa é de cor creme tendendo ao amarelo, com pontuações em amarelo mais intenso. Em ensaios experimentais, produziu em média 40 t/ha. Possui excelentes características para consumo de mesa e também pode ser utilizada no processamento industrial. Destaca-se por apresentar expressiva produtividade, com média muito superior à obtida atualmente nas regiões produtoras brasileiras, boa uniformidade e aparência das batatas. Tem como diferencial a coloração de casca em tonalidade púrpura e polpa levemente amarelada quando crua. É muito doce e com textura farinhenta após cozida ou assada (CASTRO; BECKER, 2011).

A cv BRS Cuia (Figura 4) apresenta plantas vigorosas, casca e polpa creme, mas em tonalidades diferentes. Muito produtiva, supera as médias de produção nacional e a do Rio Grande do Sul. Em ensaios experimentais, produziu em média 40 toneladas por hectare, entretanto pode chegar a 60 t/ha. Embora seja excelente para consumo doméstico, devido ao tamanho relativamente grande de batatas, mostra boa adequação ao processo industrial. O período de cultivo varia entre 120 e 140 dias (CASTRO; BECKER, 2011).

A cv BRS Amélia apresenta formato elíptico longo, casca de coloração rosa claro com pigmentação também rosada (Figura 5). A colheita inicia entre 120 e 140 dias após plantio. A produtividade média é de 32 toneladas por hectare. Salienta-se pela grande aceitação do consumidor devido ao sabor e à cor da polpa (alaranjado

intenso). Quando cozida ou assada, a textura é úmida e melada, macia e extremamente doce. A casca solta com facilidade da polpa, além de ser rica em pró-vitamina A, componente nutricional essencial para a população (EMBRAPA, 2011).

Dentre as variedades da batata-doce encontra-se a biofortificada, denominada *Beauregard*, (Figura 6), tem como característica sua polpa de cor alaranjada, devido ao alto teor de beta caroteno, a mesma foi melhorada pela empresa Louisiana Agricultural Experiment Station (RIOS et al., 2009). As folhas maduras são cordiformes, alongadas com ápice agudo. O pecíolo e a porção distal da rama são verdes com um leve arroxamento no ápice do pecíolo e na axila da folha. Os pecíolos e as ramas expostas ao sol se tornam arroxeados. A polpa é alaranjado-intensa devido ao alto teor de beta-caroteno, apresentando em média 115 mg/Kg de raiz, o que é indicativo de alto teor de beta-caroteno (provitamina A), substância encontrada principalmente em vegetais de coloração verde escura, amarelo-intensa e alaranjada. Após ser ingerido, o betacaroteno se transforma em vitamina A que é essencial para o desenvolvimento dos órgãos da visão, formação da pele e crescimento do corpo. O consumo de 25 a 50 g de batata-doce *Beauregard* supre às necessidades diárias de provitamina A (SILVA et al., 2010).



Figura 1. Batata-doce *Brazlândia Roxa*.
Fonte: SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008.



Figura 2. Batata-doce *Brazlândia Branca*.
Fonte: SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008.



Figura 3. Batata-doce *BRS Rubissol*.
Fonte: CASTRO; BECKER, 2011.



Figura 4. Batata-doce cv. *BRS Cuia*.
Fonte: EMBRAPA, 2011.



Figura 5. Batata-doce cv. *BRS Amélia*.
Fonte: EMBRAPA, 2011.



Figura 6. Batata-doce cv. *Beauregard*.
Fonte: EMBRAPA, 2011.

Acessos de batata-doce são mantidos por produtores durante gerações. A prospecção e avaliação agrônômica desses materiais, bem como a avaliação da qualidade nutricional das raízes, foram os objetivos do estudo realizado por Schallenberger e colaboradores (2017) da Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - Epagri em Itajaí, iniciado em 2007, onde coletaram e avaliaram agronomicamente 35 acessos de batata-doce mantidos por produtores tradicionais de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Os melhores acessos foram registrados e nomeados como SCS370 Luiza, SCS371 Katiy e SCS372 Marina (Figura 7). O cv SCS370 Luiza se destacou pela coloração roxa intensa da polpa devida à grande quantidade de antocianinas, e pela maior quantidade de compostos fenólicos totais; o cv. SCS372 Marina, pela coloração da polpa amarelada e pelo elevado nível de carotenoides na polpa; e o cv SCS371 Katiy apresentou polpa branca e elevada quantidade de vitamina C na polpa. Os três cultivares apresentam características de interesse nutricional e comercial, justificando a importância de seu cultivo (SCHALLENBERGER et al., 2017).

Figura 7. Cultivares de batata-doce SCS371 Katiy, SCS370 Luiza e SCS372 Marina, assadas.



Fonte: SCHALLENBERGER et al., 2017.

Este alimento é consumido no mundo inteiro principalmente nos países em desenvolvimento, como é o caso daqueles vinculados ao continente Africano, Asiático e da América Latina, onde a batata-doce assume um importante papel no abastecimento alimentício interno e com o complemento nutricional na dieta de seus habitantes (LAURIE et al., 2013; WILLIAMS et al., 2013). Dados estatísticos indicam que a China é o maior produtor mundial, seguido de países do continente Africano.

O continente Asiático apresenta a produção mais expressiva, detendo uma parcela em torno de 70,5 % da safra mundial em 2017 (FAO, 2017).

A Tabela 1 exibe os cinco países que se destacaram como os maiores produtores de batatas-doces do mundo, segundo dados de sua produção no ano de 2017.

Tabela 1. Maiores produtores de batata-doce no mundo em 2017.

Países	Produção de batata-doce em toneladas
China	71.796.500
Malawi	5.472.013
República Unida da Tanzânia	4.244.370
Nigéria	4.013.786
Indonésia	2.023.000

Fonte: FAO, 2017.

No continente Americano, os principais produtores de batata-doce são: Estados Unidos, Brasil, Argentina, Peru, México, Uruguai (FAO, 2017). De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, apresentados na pesquisa denominada Produção Agrícola Municipal - PAM de 2018, no Brasil foi plantada uma área de 53.024 hectares de batata doce onde foram produzidas 741.203 toneladas de batata-doce, sendo colhidas 14 toneladas por hectare tendo o Nordeste como a região que mais produziu com 251.901.00 toneladas, seguido pela região Sul com 250.618.00 toneladas, Sudeste com 214.230.00 toneladas, Centro-oeste com 16.374.00 e Norte com 8.080.00 toneladas (IBGE, 2018).

1.2 Qualidade nutricional

Do ponto de vista nutricional, a batata-doce fornece as calorias, vitaminas e minerais necessários para a alimentação humana. As raízes de batata-doce apresentam teor de carboidratos que variam entre 25% a 30%, dos quais 98% são facilmente digestíveis (SILVA, 2010).

Muitas partes da planta da batata-doce são comestíveis, incluindo as folhas, que são excelentes fontes de polifenóis antioxidativos (JOSÉ et al., 2015), entre eles as antocianinas e os ácidos fenólicos. Além disso, são ricas em vitaminas, beta caroteno, ferro, cálcio, zinco e proteína (WOOLFE, 1992). Folhas e pecíolos têm um

alto valor proteico e nutritivo, podendo ser consumidos como qualquer outra hortaliça de folhas, em salada ou cozidas (CHALFANT et al., 1990).

O consumo das folhas como um vegetal pode ser uma alternativa importante no combate a escassez de alimentos. Agricultores e cientistas estão cada vez mais motivados na produção destes vegetais antes negligenciados, pois podem ser colhidas várias vezes durante o ano, são resistentes a certas adversidades climáticas, à umidade, doenças e pragas (ISLAN, 2006).

Além disso, alguns cultivares, como *Beauregard*, podem representar um significativo valor nutricional, com atividade antioxidante, e elevado teor de compostos bioativos (LOW et al., 2007). Compostos bioativos são componentes dos alimentos que tem influência fisiológica e participam de atividades celulares que beneficiam a saúde (KRIS-ETHERTON et al., 2004). Uma das principais características destes compostos é a capacidade antioxidante, capaz de reduzir o estresse oxidativo, presente em diversas patologias crônicas (SHAHIDI, 2004). De acordo com o valor nutricional, as folhas da batata-doce são boas fontes de proteínas, fibras e minerais especialmente potássio, fósforo, cálcio, magnésio, ferro, manganês e cobre, também tem um ótimo poder antioxidante indicando o consumo destes vegetais.

Dependendo das variedades e condições de crescimento, níveis de ferro, cálcio entre outros nutrientes presentes nas folhas de batata-doce são comparáveis com outros vegetais como espinafre. O teor médio de minerais em uma cultivar desenvolvida recentemente ('Suioh') apresenta em torno de 117 mg de cálcio, 1,8 mg de ferro, 3,5 mg de caroteno, 7,2 mg de vitamina C, 1,6 mg de vitamina E e 0,56 mg de vitamina K para cada 100g de peso fresco das folhas (ISLAM, 2006).

Na Tabela 2 temos a composição centesimal e valor energético das folhas de batata-doce e mandioca, comparadas com grãos crus ou cozidos de feijão comum.

Tabela 2. Comparação dos teores minerais, proteico, lipídico e calórico fornecidos pelo consumo de 100 g da folha de batata-doce em relação ao consumo de 100 g de folhas secas de mandioca, feijão preto cozido e feijão preto cru.

Composição	Batata doce (folhas secas)	Mandioca (folhas secas)	Feijão preto (cozido)	Feijão preto (cru)
Calorias (em 100g) ⁽¹⁾	49,00	91,00	84,80	343,60
Glicídios (g/100g) ⁽¹⁾	10,20	18,30	14,28	62,37
Proteínas (g/100g) ⁽¹⁾	4,60	7,00	6,00	20,74
Lipídios (g/100g) ⁽¹⁾	0,20	1,00	0,42	1,27
Cálcio (mg/100g) ⁽¹⁾	158,00	303,00	46,00	145,00
Fósforo (mg/100g) ⁽¹⁾	84,00	119,00	98,00	471,00
Ferro (mg/100g) ⁽¹⁾	6,20	7,60	2,40	4,30
Glicídios (g/100 cal) ⁽²⁾	20,82	20,11	16,84	18,15
Proteínas (g/100g) ⁽²⁾	9,39	7,69	7,08	6,04
Lipídios (g/100 cal) ⁽²⁾	0,41	1,10	0,50	0,37
Cálcio (mg100 cal) ⁽²⁾	322,45	332,97	54,25	42,20
Fósforo (mg100 cal) ⁽²⁾	171,43	130,77	115,57	137,08
Ferro (mg 100 cal) ⁽²⁾	12,65	8,35	2,83	1,25

Fonte: SALASAR et al., 2019.

(1) Nutrição-Composição química e valor energéticos dos alimentos.

(2) Dados calculados com base em unidades calóricas.

Do ponto de vista sensorial, as culturas biofortificadas são bem aceitas pela população, tanto no consumo tradicional quanto utilizada como ingrediente no preparo de alimentos, como é possível verificar em um estudo realizado em alguns países da África, onde existe uma rica aceitação e adoção de culturas biofortificadas pelas populações destes lugares, incluindo a folha batata-doce biofortificada (de polpa alaranjada). Os produtores e consumidores, depois de receberem as informações nutricionais referentes a tal cultura, aceitaram pagar um valor superior pelos pães e bolos fabricados pela farinha da folha da batata-doce (TALSMA; MELSE-BOONSTRA; BROUWER, 2017).

Segundo ISLAN (2006), várias pesquisas apontam o consumo das folhas de batata-doce para promover a saúde devido aos seus componentes nutricionais e bioativos apresentarem várias funções fisiológicas como, por exemplo, os polifenóis e antocioninas que contribuem com atividade antioxidante, combatendo os radicais livres. Esses polifenóis contêm ácidos cafeoilquínicos que são capazes de inibir a replicação do vírus HIV (MAHMOOD et al., 1993). Além disso estas propriedades

encontradas nas folhas de batata doce tem efeito anticarcinogênico, antimutagênico, antidiabético, anti hipertensivo, antiinflamatório, antimicrobiano, bem como as fibras que contribuírem com a microbiota intestinal (ISLAM, M.S.; JALALUDDIN, M.2005).

O potencial de utilização da batata-doce na alimentação humana não se limita, no entanto, ao consumo das raízes tuberosas. As folhas, consumidas em grande escala em países africanos, são excelentes fontes de proteína, glicídios, cálcio, fósforo e ferro, além de vitamina A e vitamina C. Por unidade calórica, as folhas de batata-doce superam em teor de proteína até mesmo o feijão, uma das principais fontes proteicas da população brasileira de baixa renda. Têm um valor alimentício semelhante ao das folhas de mandioca, e, tal como esta, pode ser empregada em multimisturas para combate à desnutrição, tendo a vantagem de não possuírem princípios tóxicos (cianogênicos), não exigindo, portanto, detoxificação prévia antes do uso. O uso de brotações de batata-doce como hortaliça verde tem sido prioridade de pesquisa em países asiáticos (MALUF, 2003).

1.2.1 Vitamina C

As vitaminas, mesmo em quantidades mínimas, são essenciais e apresentam grande potencial na manutenção do organismo. Cada vitamina tem diferentes funções no organismo humano. Uma das mais conhecidas e importantes é a vitamina C ou, simplesmente, ácido ascórbico presente em frutas, verduras, legumes e outros alimentos. É um material branco, hidrossolúvel e cristalino sendo facilmente oxidado pelo calor e sofre perdas de suas atividades (GEREMIAS, 2004).

A vitamina C é de extrema importância para o desenvolvimento humano, pois ela é responsável pelo nosso sistema imune, reparação dos tecidos, na ausência de ácido ascórbico, o colágeno formado é defeituoso e fraco. Por conseguinte, essa vitamina é essencial para o crescimento subcutâneo, da cartilagem dos ossos e dos dentes, bem como atua na absorção do ferro (DOMINGUES, 2011). Uma importante função é a hidroxilação de prolina e lisina em colágeno, permitindo a formação da estrutura helicoidal normal do composto (BERTICHINI, 2006).

Essa vitamina proporciona proteção contra a oxidação descontrolada no meio aquoso da célula, devido ao seu alto poder redutor, também contém substâncias com grande poder de neutralizar as moléculas de radicais livres (KLIMCWAC et al., 2007; JAYAPRAKASHA; PATIL, 2007).

No Brasil, a Ingestão Diária Recomendada (IDR) para adultos é de 45 mg (IOM, 2000). Outro fator importantíssimo da presença de ácido ascórbico ou vitamina C nos alimentos é a não síntese deste por seres humanos (CAYE et al., 2013).

A deficiência de ácido ascórbico provoca escorbuto. Um dos efeitos mais importantes do escorbuto é a cicatrização deficiente das feridas. Essa deficiência de cicatrização decorre da incapacidade das células de depositar fibrilas de colágeno e cimento intercelular em consequência, a cicatrização de uma ferida pode exigir muitos meses, em lugar dos poucos dias normalmente necessários. A deficiência de ácido ascórbico determina a parada do crescimento ósseo (PAIVA, 2010).

A batata-doce é um excelente alimento que contém esta importante vitamina em sua composição, inclusive em suas folhas e caule. Segundo Ishida e colaboradores (2000), as folhas apresentam cerca de 62,7- 81 mg/100 g de vitamina C, estando dentro do valor diário recomendado para adultos, pelo Instituto de Medicina de Washington dos EUA (2000).

1.3 Compostos bioativos

As plantas produzem metabólitos secundários (MS), decorrentes do mecanismo de defesa contra herbívoros, microrganismos e plantas competidoras, como artefato de atração para agentes polinizadores e animais disseminadores de sementes ou sistemas de proteção contra radiações danosas como a radiação ultravioleta (UV). Os MS são produzidos durante a fotossíntese e ainda que não participem de modo direto nos processos de crescimento, desenvolvimento e reprodução como os metabólitos primários, são primordiais para a sobrevivência da planta e perpetuação de sua espécie. São elementos biologicamente ativos com habilidades de interferir a nível molecular no organismo. Assim, a ação desses compostos presentes em alimentos vegetais na conservação da saúde humana tem sido alvo de diversos estudos nos últimos anos (SCHAFRANSKI, 2019).

O estudo desses compostos bioativos ou fitoquímicos de alimentos inspirou o conceito de alimentos funcionais. O termo alimento funcional originou-se no Japão em 1980, quando foi utilizado pela indústria para descrever alimentos fortificados com ingredientes específicos, inferindo-lhes certos benefícios à saúde. Compostos bioativos são constituintes extranutricionais e ocorrem tipicamente em pequenas quantidades nos alimentos (CARRATU; SANZINI, 2005).

Segundo a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) compostos bioativos são os nutrientes e não nutrientes que possuem ação no metabolismo ou fisiológico específico. Assim, são capazes de exercer efeitos benéficos, podendo prevenir ou reduzir o risco do desenvolvimento de doenças cardiovasculares, câncer, infecções intestinais, hipertensão, osteoporose, doenças neurodegenerativas e enfermidades inflamatórias (COSTA; JORGE, 2011).

Nas folhas da batata-doce são encontrados um elevado nível de fitoquímicos bioativos tais como antocianinas e ácidos fenólicos que podem proporcionar inúmeros benefícios de promoção para a saúde humana (ISLAN, 2006).

1.3.1 Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos são um importante grupo de metabólitos secundários. Na natureza são encontrados em abundância e abrangem desde moléculas simples até outras com alto grau de polimerização. Mais de 8000 compostos fenólicos já foram identificados em plantas. A finalidade destes compostos está associada com inibição ou ativação de uma vasta diversidade de sistemas enzimáticos, como quelantes de metais ou podendo sequestrar radicais livres (SCHAFRANSKI, 2019).

O termo “fenólicos” engloba um grupo superabundante e diversificado de compostos químicos, que são subdivididos de acordo com o número de subunidades de fenol presentes na molécula, classificados entre polifenóis e fenóis simples (GIADA, 2013).

Estruturas moleculares chamadas de poli fenóis são grupamentos de hidroxilas ligados diretamente em anéis aromáticos e estão presentes em diversas plantas, flores, folhas e alimentos de origem vegetal, sendo que muitos destes compostos já foram identificados e continuam sendo objeto constante de pesquisa (VEITCH; GRAYER, 2011). Estes compostos são amplamente diversificados conforme seu encadeamento molecular e podem ser divididos em pelo menos 10 classes diferentes, dependendo da sua estrutura básica (SILVA et al., 2010).

Esses compostos são um grupo muito diversificado de fitoquímicos derivados de fenilalanina e tirosina. Os ácidos fenólicos, em plantas, são essenciais no crescimento e reprodução dos vegetais, além de atuarem como agente antipatogênico e contribuir na pigmentação. Em alimentos, são responsáveis pela cor, adstringência, aroma e estabilidade oxidativa (SHAHIDI, 1995).

Segundo Shahidi (1992), os compostos fenólicos são incluídos na categoria de interruptores de radicais livres, sendo muito eficientes na prevenção da auto oxidação. Este mecanismo de ação dos antioxidantes, presentes em extratos de plantas, possui um papel importante na redução da oxidação lipídica em tecidos, vegetal e animal, pois quando incorporado na alimentação humana não conserva apenas a qualidade do alimento, mas também reduz o risco de desenvolvimento de patologias, como arterosclerose e câncer (NAMIKI, 1990; RAMARATHNAM, 1995).

A atividade anticarcinogênica dos fenólicos tem sido relacionada à inibição dos cânceres de cólon, esôfago, pulmão, fígado, mama e pele. Os compostos fenólicos que possuem este potencial são resveratrol, quercetina, ácido caféico e flavonóis (PIMENTEL, 2005).

Pesquisas quanto à caracterização de compostos da batata-doce demonstram que algumas cultivares são fonte de compostos fenólicos, o que caracteriza a efeitos do consumo regular desse tipo de alimento, principalmente por povos que apresentam problemas de saúde relacionados à desnutrição (WILLIAMS et al., 2013).

Islam (2006) indica que a folha da batata-doce contém altas concentrações de polifenóis, quando comparado com os principais vegetais comerciais, tais como espinafre, brócolos, couve, alface, e assim por diante.

Ainda, estudo de Sun e colaboradores (2018), sobre a composição dos compostos fenólicos nas folhas de batata-doce apontam que esta é uma boa fonte de compostos biologicamente ativos com múltiplas aplicações no desenvolvimento de produtos de saúde, alimentos funcionais, produtos farmacêuticos e cosméticos. No entanto, em busca da aplicação na produção prática, é necessário esclarecer as atividades biológicas de cada composto fenólico individual.

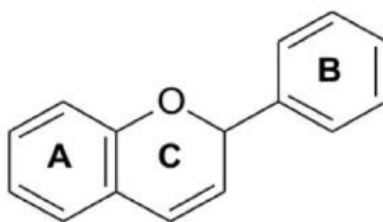
1.3.1.1 Flavonoides

Os flavonoides englobam um grupo de compostos fenólicos amplamente distribuídos nas plantas, principalmente em frutas e vegetais, evidenciados sob suas variantes como as flavonas, os flavonóis, flavanonas, antocianinas, catequinas, chalconas e isoflavonas. Já os derivados dos ácidos hidroxicinâmico, como por exemplo, os ésteres dos ácidos caféico, cumárico (que por ciclização gera a cumarina) e ferúlico, e dos ácidos hidroxibenzóico, citando os ácidos salicílico, gálico,

elágico, protocatéico e vanílico, podem ser considerados como não flavonoides (SOARES, 2002; SILVA et al., 2010).

A estrutura química dos flavonoides consiste em dois anéis aromáticos, denominados anel A e B, unidos por três carbonos que formam um anel heterocíclico, denominado anel C (Figura 8). O anel aromático A é derivado do ciclo acetato/malonato, enquanto o anel B é derivado da fenilalanina (MERKEN, 2000). Variações em substituição do anel C padrão resultam em importantes classes de flavonoides, como flavonóis, flavonas, flavanonas, flavanóis (ou catequinas), isoflavonas e antocianidinas. Substituições dos anéis A e B originam diferentes compostos dentro de cada classe de flavonoides. Estas substituições podem incluir oxigenação, alquilação, glicosilação, acilação e sulfação (HOLLMAN, 1999).

Figura 8. Estrutura química dos flavonoides.



Fonte: MERKEN, 2000.

Segundo Rodrigues e Muzinato (2012) dietas ricas com flavonoides estão relacionadas com redução no risco do desenvolvimento de doenças cerebrovasculares, sendo a ação terapêutica atribuída à alta capacidade antioxidante e anti-inflamatória destes compostos. Eles apresentam-se como moléculas promissoras na prevenção ou redução da agressão tecidual no acidente vascular encefálico isquêmico, mas ainda necessita de mais pesquisas clínicas para comprovar a segurança e a eficácia no uso dos flavonoides como terapia neuroprotetora para redução do infarto.

A pesquisa sobre as propriedades antioxidantes dos polifenóis gera grande interesse devido aos seus efeitos benéficos à saúde, porém os mecanismos bioquímicos pelos quais os polifenóis atuam no sistema metabólico de seus consumidores permanecem incertos, necessitando de maior investigação e estudo (MANACH, 2004).

Assim, há uma série de estudos sobre a batata-doce em que a pesquisa busca quantificar, extrair, analisar e avaliar sua ingestão, bem como os reflexos sobre a saúde do consumidor, principalmente quanto ao nível de compostos bioativos no metabolismo e seu incremento após o consumo da batata-doce (LEITE, 2017).

1.3.1.1.1 Antocianinas

O termo antocianina é de origem grega (*anthos*, uma flor, e *kyanos*, azul escuro). Após a clorofila, as antocianinas são o mais importante grupo de pigmentos de origem vegetal (HARBORNE; GRAYER, 1988).

Antocianinas pertencem a uma classe de flavonoides sintetizados pela via dos fenilpropanóides, e eles são responsáveis por cores que variam do rosa pálido ao roxo e azul profundo. Eles estão presentes numa grande variedade de tecidos de plantas, principalmente flores e frutos, mas também os órgãos de armazenagem, tais como raízes e tubérculos de armazenamento (TANAKA, 2017).

São compostos solúveis em água e altamente instáveis em temperaturas elevadas. Caracterizados pelo núcleo básico flavílio (cátion 2-fenilbenzopirílio) que consiste de dois anéis aromáticos unidos por uma unidade de três carbonos e condensados por um oxigênio (LIMA et al., 2002).

A molécula da antocianina é constituída por duas ou três porções, uma aglicona (antocianidina), um grupo de açúcares e, frequentemente, um grupo de ácidos orgânicos. Aproximadamente 22 agliconas são conhecidas, das quais 18 ocorrem naturalmente e apenas seis (pelargonidina, cianidina, delphinidina, peonidina, petunidina e malvidina) são importantes em alimentos. A cor de uma antocianina individual varia desde o vermelho (condição ácida) até o azul ou amarelo (condição alcalina). A coloração final apresentada pelo tecido vegetal, entretanto, depende de outros fatores além do pH, tais como, luminosidade, concentração da antocianina dissolvida, presença de íons, açúcares e hormônios (BOBBIO; BOBBIO, 1995; LIMA et al., 2002).

De acordo com a Epagri, a cultivar ScS370 Luiza de coloração roxa-intensa está relacionada à grande quantidade de antocianina (27,39mg de cianidina 3-glicosídeo/100g de polpa). De maneira geral, as antocianinas são as principais responsáveis por inúmeras tonalidades de cores encontradas em flores, frutas e folhas (LOPES et al., 2007).

A maioria das cultivares de batata-doce tem polpa branca ou amarela, mas algumas têm polpa alaranjada que contém carotenoides ou polpa roxa que contém antocianinas. Embora as folhas de batata-doce não fazem parte da dieta típica ocidental, elas apresentam alto nível de fitoquímicos bioativos como as antocianinas e ácidos fenólicos, que podem fornecer numerosos benefícios de promoção da saúde (SU et al., 2019)

Estudos de Lim e colaboradores (2013) demonstraram que a batata-doce de polpa roxa P40 ajuda na prevenção contra o câncer colorretal, tanto *in vitro*, utilizando cultura celular e modelo animal *in vivo* devido a altos níveis de antocianinas em as raízes tuberosas. Xu e colaboradores (2015), indicam que, já está relatada a presença e estabilidade de antocianinas em batata-doce, porém o conteúdo deste composto bioativo nas folhas ainda não é esclarecido. Considerando o aumento do consumo e os promissores benefícios à saúde, é necessário conhecer a composição de antocianinas nas folhas de batata-doce (SU et al., 2019).

Islan e colaboradores (2002) identificaram e caracterizaram 15 compostos de antocianinas nas folhas de batata-doce sendo a cianidina o composto com o nível mais elevado, e tem maior capacidade antioxidante comparada as outras antocianinas, pelo fato de apresentarem dois grupos de hidroxilas.

1.3.2 Carotenoides

A crescente busca por produtos naturais tem motivado a substituição de corantes artificiais por naturais, pois segundo alguns estudos, o consumo de corantes artificiais pode causar danos à saúde. De acordo com Mesquita (2017) os carotenoides são corantes naturais, lipofílicos, com coloração amarela, laranja ou vermelha e se encontram amplamente distribuídos na natureza em algas, plantas, crustáceos, peixes, aves e micro-organismos. Esses pigmentos podem ser aplicados em diversas indústrias, não somente com a finalidade de colorir, como também para enriquecer alimentos e até mesmo compor suplementos alimentares, rações, fármacos e cosméticos.

Os carotenoides são tetraterpenos (C₄₀), formados a partir de unidades de isopreno, o isopentenil pirofosfato (IPP) e seu isômero dimetilalil difosfato (DMAPP), cada um contendo cinco átomos de carbono (C₅) (GHARIBZAHEDI, 2013; RODRIGUEZ, 2002).

Existem, basicamente, duas classes de carotenoides: carotenos e xantofilas (Figura 10). A primeira classe caracteriza-se pela presença de uma cadeia hidrocarbônica linear ou ciclizada em um ou nos dois terminais da molécula. Já as xantofilas compreendem os derivados oxigenados dos carotenos (JIM, 2003). Cujos grupos são: hidroxila; (β - criptoxantina), ceto (cantaxantina), epóxido (violaxantina) e aldeído; (β -citaurina) (RODRIGUEZ-AMAYA, KIMURA, AMAYA-FARFAN, 2008).

A vitamina A – termo usado para designar moléculas que apresentam atividade biológica de retinol – é de suma importância para o desenvolvimento embrionário, proteção do organismo contra estresse oxidativo, funcionamento da visão e do sistema imune, entre outros. Porém, o organismo humano não é capaz de sintetizar vitaminas, fazendo-se necessária a ingestão de fontes exógenas. A vitamina A pode ser obtida a partir da ingestão de alimentos de origem animal, como: fígado, queijo, manteiga, leite integral, gema de ovo e peixe. Além disso, a suplementação de vitamina A também pode se dar pela inserção de vegetais na dieta, sendo a cenoura, a abóbora e o espinafre, exemplos de fontes abundantes em carotenoides precursores de vitamina A (RAMALHO, 2010).

Nem todos os carotenoides apresentam atividade pró-vitamina A. Para que o carotenoide apresente esta atividade, a molécula deve conter, no mínimo, 11 carbonos, pelo menos um anel β não substituído, e duplas ligações conjugadas, como é o caso das moléculas de β -caroteno, γ -caroteno, α -caroteno, β -criptoxantina e α -criptoxantina. Dentre os carotenoides, o β - caroteno é o de maior destaque por ser o único capaz de gerar duas moléculas de retinol quando ingerido (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001).

A vitamina A não é produzida pelo organismo humano, portanto, deve ser adquirida na alimentação. Uma vez ingeridos, os carotenoides com atividade pró-vitamina A são absorvidos e convertidos a retinal no intestino. A molécula de retinal, por sua vez, é convertida a retinol e, em seguida, é transportada para o fígado, onde é armazenada (AMBRÓSIO, CAMPOS; FARO, 2006).

Os carotenoides pró-vitamina A de frutas e vegetais contribuem para dois terços da ingestão dietética de vitamina A em todo o mundo e mais de 80% do consumo em países em desenvolvimento. Segundo Rodriguez-Amaya e colaboradores (2008), a utilização de batata-doce de polpa alaranjada se apresenta como alternativa para a suplementação alimentar por ser uma fonte barata e abundante de β -caroteno, e assim, suprir a carência de vitamina A (MIRASSE, 2010).

Berni e colaboradores (2014), afirmam que as batatas-doces de polpa laranja são capazes de suprir até 3,6 vezes as quantidades diárias recomendadas para a ingestão de vitamina A. Segundo Rodriguez-Amaya e colaboradores (2011), batata-doce *Beauregard* apresenta um teor médio de 115 µg de β-caroteno/g em raízes frescas, já as batatas-doces convencionais de polpa branca, contém em até 10 µg de β-caroteno/g raízes frescas.

Hussein e colaboradores (2014) investigaram batatas-doces cultivadas na Malásia e observaram maiores teores e estabilidade de carotenoides extraídos de batatas-doces de polpa laranja, em comparação a outras cultivares.

Jaarsveld e colaboradores (2005) avaliaram o consumo de batata-doce de polpa laranja por crianças com idades entre 5 e 10 anos, e identificaram o aumento no conteúdo de vitamina A do grupo de crianças que consumiram as batatas-doces, diferentemente do grupo de crianças que não as consumiu.

Cabe ressaltar que a disponibilidade de cultivo ao longo do ano, associado ao manejo de baixo custo, torna a batata-doce potencial fonte de carotenoides, e ainda que seu consumo habitual pode contribuir para a manutenção dos teores de vitamina A no organismo (LEITE, 2017).

1.4 Potencial antioxidante

As espécies reativas de oxigênio (EROs) são uma série de derivados metabólicos envolvidos em processos degenerativos e patológicos no corpo humano (LI et al., 2016) A superprodução de EROs poderia perturbar o equilíbrio redox celular, resultando em lesão celular ou apoptose, desencadeando ainda mais danos oxidativos, o que acelera o desenvolvimento de várias doenças como câncer, aterosclerose, diabetes, doenças crônicas, doenças inflamatórias, doença cardiovascular e Alzheimer (BABBAR et al., 2011). Embora humanos e outros organismos possuam defesas antioxidantes endógenas contra EROS, esses sistemas podem por vezes, não serem suficientes para impedir a ocorrência de dano celular (ZHANG et al., 2017). Na Tabela 2 encontram-se alguns exemplos de EROs.

Antioxidantes sintéticos são largamente utilizados na indústria de alimentos a fim de reduzir esses danos. No entanto, estudos mostram que os antioxidantes sintéticos têm toxicidade química, o que pode aumentar o risco de câncer e danificar o fígado (BERTONCELJ, 2007; SINDHI et al., 2013).

Dessa forma, é particularmente importante consumir antioxidantes naturais que podem substituir os sintéticos. Estes são amplamente encontrados em frutas e vegetais, conhecidos por combater radicais livres e, portanto, possuem muitas atividades biológicas, como antioxidação, antienvhecimento e na prevenção de doenças cardiovasculares, câncer, com efeitos anti-inflamatórios, efeitos antivirais, efeitos antibacterianos entre outros (DAGLIA, 2012; WENG, 2012).

Estudos com as folhas de batata-doce revelaram correlações positivas significativas entre a eliminação de radical livre e atividade antioxidante e conteúdo de polifenóis (ISLAM; JALALUDDIN, 2003).

Os resultados do estudo de Intisar e colaboradores (2009) também confirmam que as folhas de batata-doce contêm uma concentração muito alta de derivados do ácido cafeoilquinínico (CQA) biologicamente ativos que exibem atividades quimio-preventivas aprimoradas, como propriedades antimutagênicas e antioxidantes, que podem ter valores na prevenção de certas condições humanas, como câncer e doenças cardiovasculares. Esses resultados podem ajudar em futuros programas de melhoramento para constituintes específicos e melhorar o progresso recente em biologia molecular, visando aumentar os componentes antioxidantes de suplementos alimentares disponíveis para consumo, que desempenham um papel importante na dieta da saúde humana.

Considerando a escassez de estudos quanto à composição de folhas de batata-doce, o objetivo do presente trabalho é conhecer e comparar o potencial nutricional presente em folhas de batata doce (*Ipomoea batatas* L.) cultivares Rubissol e Beauregard, e quais compostos bioativos estão presentes nas mesmas, que podem contribuir positivamente para a saúde.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Comparar a composição físico-química e de compostos bioativos presente nas folhas de batata-doce comum (cultivar Rubissol) e biofortificada (cultivar *Beauregard*).

2.2 Específicos

- Diferenciar a composição centesimal de parâmetros físico-químicos das folhas de batata-doce comum e biofortificada,
- Quantificar os índices de flavonóides totais, fenólicos totais, antocianinas totais e carotenóides totais;
- Avaliar o potencial de atividade antioxidante entre as duas cultivares.

3. METODOLOGIA

3.1 Matéria-prima

As folhas da batata-doce comum cultivar Rubissol foram adquiridas em uma área rural localizada na Linha Peroba, no município de Cascavel/PR (latitude 25°0334.33" O, longitude 53°5032."O).

As folhas da batata-doce biofortificada cultivar *Beauregard* foram adquiridas em uma área rural localizada na Linha São João, no município de Cascavel/PR (latitude 24°5815.18"S e longitude 53°1410.96"O).

O clima é considerado Cfa (clima subtropical), com precipitação média anual superior a 1800mm, sem estação seca definida, com possibilidade de geadas durante o inverno. Solo Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 1995).

Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com dois tratamentos e seis repetições, em um total de 12 parcelas experimentais. Cada parcela experimental foi constituída de um canteiro com dimensões de 3,0 x 3,0 m, com espaçamento de 0,4 m entre plantas e 1,0 m entre canteiros. De cada parcela foram colhidas, entre os meses de fevereiro a maio de 2019, 800g de folhas, que foram higienizadas e congeladas até o processamento e análises.

3.2 Preparo dos extratos

Para realizar as análises de antocianinas e flavonoides foram obtidos extratos a partir do procedimento descrito por Coseteng e Lee (1987) citado por Intisar (2009) parcialmente modificado. Foram homogeneizadas 10 mg de amostra com 10 ml de solvente (mistura de água e etanol 80%, respectivamente) durante 5 minutos em homogeneizador. A mistura foi então aquecida a 100 °C por 5 minutos sob exaustor. O resultante foi levado a centrifuga durante 10 minutos a 5.000 rpm. O sobrenadante foi novamente homogeneizado com mais 5 ml de solvente (água e etanol 80%), voltando à fervura e à centrifuga por igual tempo e rotação. Os precipitados e os extratos foram congelados para posterior realização das análises.

3.3 Análises físico-químicas

3.3.1 Teor de umidade

Foi seguido o método 012/IV Perda por dessecação (umidade) – Secagem direta em estufa a 105°C do IAL (2008). Foram pesadas 2 g das folhas de batata-doce num cadinho de porcelana devidamente preparado e tarado em balança analítica, posteriormente foi colocada as amostras na estufa à 105° C por 3 horas e em seguida resfriadas em dessecador até a temperatura ambiente e pesadas, este processo foi repetido por 3 vezes até o peso constante.

Cálculo: $\frac{100 \times N}{P} = \text{umidade ou substâncias voláteis à } 105^\circ \text{ C } \%$

N = nº de gramas de umidade (perda de massa em g);

P = nº de gramas da amostra.

3.3.2 Determinação de cinzas

Obteve-se pelo método 018/IV Resíduo por incineração – Cinzas do IAL (2008), onde 2 g de folhas foram pesadas em cadinho de porcelana em balança analítica depois levadas para mufla à 550° C até as cinzas ficarem brancas ou ligeiramente acinzentadas, depois foram resfriadas em dessecador até obter peso constante.

Cálculo: $\frac{100 \times N}{P} = \text{cinzas } \%$

N: número de g de cinzas;

P: número de g de amostra.

3.3.3 Acidez titulável

Utilizou-se o método 310/IV Determinação da acidez titulável por volumetria com indicador (IAL, 2008). Primeiramente as folhas de cada ensaio foram trituradas em um multiprocessador de alimentos da marca Walita® com 660 W de potência,

após cada processo o equipamento foi lavado e secado para receber outra amostra a ser triturada, cada ensaio foi dividido em triplicata e adicionado para cada 5 g de amostra triturada 150 ml de água destilada, depois de homogeneizada foi filtrada em filtro de papel absorvente.

Foi transferido para um frasco Erlenmeyer 10ml do filtrado e diluído com 25 ml de água destilada e acrescentou-se 3 gotas da solução de fenolfetaleína 1%, em seguida o filtrado diluído com o indicador foi titulado com a solução de NaOH 0,1 M até o ponto de viragem (coloração rosa) e anotado o valor de titulação gasto.

$$\text{Cálculo: \% de ácido} = \frac{V \times F \times N \times 100}{P}$$

V = nº de mL da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação;

F = fator de correção da solução de hidróxido de sódio= 0,9684;

P = massa da amostra em g ou volume pipetado em mL;

N = molaridade da solução de hidróxido de sódio= 0,1.

3.3.4 Lipídios

A determinação de Lipídios baseou-se no método 032/IV Lipídios ou extrato etéreo – Extração direta em Soxhlet (IAL, 2008). Foi pesado os balões de fundo chato de 250 ml com boca esmerilhada devidamente esterilizado em estufa à 105° C, depois resfriado em dessecador e anotado o peso. Em seguida foi pesado o papel filtro e identificado em triplicata, e anotado o peso, posteriormente foi pesado 3 g de amostra e enrolada no papel filtro formando um cartucho e colocado dentro do extrator de Soxhlet, que foi encaixado no balão de fundo chato preenchido com um pouco mais da metade de Éter de petróleo e adaptado ao refrigerador de bolas do aparelho Extrator de Soxhlet mantido em aquecimento em chapa elétrica e em ebulição por 6 horas com gotejamento de 5 a 6 gotas por segundo. Depois disso foi retirado o cartucho de papel filtro com a amostra, e armazenado em dessecador para posteriormente fazer a determinação de fibras, foi roto evaporado o restante do éter que sobrou nos balões posteriormente os balões com o resíduo foram transferidos para uma estufa a 105°C, mantendo por cerca de uma hora. Depois disso foram resfriados em dessecador até a temperatura ambiente e pesados, essas operações

de aquecimento por 30 minutos na estufa e resfriamento foram repetidas até peso constante.

Cálculo: $\frac{100 \times N}{P} = \% \text{ de lipídios}$

N= número de gramas de lipídios (balão com resíduo – balão vazio);

P= número de gramas da amostra.

3.3.5 Fibra bruta

A determinação de fibra bruta foi fundamentada pelo método 044/IV do IAL (2008), onde a amostra reservada após a extração de lipídios foi transferida para um balão de fundo chato com boca esmerilhada. Adicionando 100 ml de solução ácida (500 ml de ácido acético glacial, 450 ml de água, 50 ml de ácido nítrico e 20 g de ácido tricloroacético) e 0,5 g de agente de filtração (areia diatomácea). Depois o balão foi adaptado a um sistema refrigerante de refluxo por 40 minutos a partir do tempo em que a solução ácida foi adicionada, mantendo sob aquecimento e agitando frequentemente. Posteriormente a amostra foi lavada com água fervente e filtrada a vácuo com o mesmo papel filtro em que foi usada na extração de lipídios e com ajuda de um kitasato, este processo de lavagem e filtração se repetiu até que a água não ficasse mais ácida, em seguida foi lavada com 20 mL de álcool e 20 mL de éter. Depois disso o papel com as fibras foi levado para estufa a 105°C, por 2 horas, resfriado em dessecador até a temperatura ambiente e pesado foram repetidas as operações de aquecimento e resfriamento até peso constante.

Cálculo: $\frac{100 \times N}{P} = \text{fibra bruta } \%$

N = n° de g de fibra (peso papel com as fibras – peso papel vazio);

P = n° de g da amostra.

3.3.6 Proteínas

A determinação de proteínas foi embasada no método 037/IV Protídios – Método de Kjeldahl modificado do IAL (2008) onde foram pesadas em triplicata em balança analítica 250 mg de cada amostra transferidas para os frascos de Kjeldahl e acrescentada 0,5 g de mistura catalítica (Sulfato de potássio K₂SO₄ p.a., Sulfato de cobre penta hidratado CuSO₄.5H₂O p.a) e 3 ml de ácido sulfúrico H₂SO₄ p.a concentrado 98,8%. Em seguida os tubos foram levados para o bloco digestor e a temperatura foi sendo elevada gradativamente: 50° C por 15 minutos, 100° C por 40 minutos, 100° C por 40 minutos, 150° C por 40 minutos, 200° C por 30 minutos, 240° C 20 minutos, 300° C por 20 minutos 380° por 1 hora, até que a solução ficou um tom de verde água límpido, foi acrescentado uma pequena quantidade de água destilada para evitar a cristalização. Depois que os tubos esfriaram foram transferidos para o destilador de nitrogênio no qual foi acrescentado 25 ml de hidróxido de sódio a 50% (NaOH) no copo de dosagem e abriu-se a torneira lentamente. Com auxílio de uma proveta, foi adicionado 25 ml de ácido bórico (4%) e 3 gotas de indicador em um erlenmeyer de 250 ml. O mesmo foi acoplado à saída do condensador e o aparelho foi ligado observando sempre a quantidade de água da caldeira. Seguiu-se destilando até que alcançar 100 ml a mais do volume inicial. Após o aparelho foi desligado e o erlenmeyer foi retirado. Posteriormente, foi titulada com solução padrão de HCl 0,1N até a viragem (cor rosa). A metodologia está baseada na determinação do teor de nitrogênio total da amostra, para quantificar o percentual de proteínas, utilizou-se a equação abaixo e fator de conversão igual a 6,25.

$$\text{Cálculo: } \frac{V \times 0,1 \times 0,14 \times f \times 100}{P} = \text{proteínas \%}$$

V = volume de ácido clorídrico 0,1 N gasto na titulação – volume de ácido sulfúrico;

P = n° de g da amostra;

f = fator de conversão 6,25.

3.3.7 Carboidratos totais

Os resultados de carboidratos foram obtidos indiretamente por meio de

cálculo, descrito por Antia e colaboradores (2006), subtraindo os valores verificados de cinzas, lipídeos, fibra bruta e proteínas do total de matéria seca.

3.3.8 Valor Calórico

O cálculo da energia foi feito a partir dos teores em proteínas, lipídios e carboidratos, utilizando os coeficientes específicos que levam em consideração o calor de combustão e a digestibilidade, conforme a conversão de Atwater: $Kcal/100g = \{[4 \times g \text{ proteína}] + [4 \times g \text{ de carboidratos (carboidratos totais e fibra alimentar)}] + [9 \times g \text{ lipídeos}]\}$ (ANTIA et al., 2006).

3.3.9 Vitamina C

Primeiramente as folhas de cada ensaio foram trituradas em um multiprocessador de alimentos da marca Walita® com 660 W de potência, após cada processo o equipamento foi lavado e secado para receber outra amostra a ser triturada, cada ensaio foi dividido em triplicata e adicionado para cada 5 g de amostra triturada 150 ml de água destilada, depois de homogeneizada foi filtrada em filtro de papel absorvente.

Transferiu-se 10ml do filtrado para um erlenmeyer de 250ml juntamente com 50 ml de água destilada, acrescentou-se 10ml de ácido sulfúrico a 20% e homogeneizou-se, em seguida adicionou-se 1mL da solução de iodeto de potássio a 10% e 1 mL da solução de amido a 1%. Titulou-se com solução de iodato de potássio 0,02 M até coloração azul (IAL, 2008). Para obter a porcentagem de vitamina C presente na amostra realizou-se o cálculo de acordo com a equação:

$$\text{Cálculo: } \frac{100 \times V \times F}{P} = \text{vitamina C mg \%}$$

V = volume de iodato gasto na titulação;

F = 8,806, para KIO₃ 0,02 M;

P = n° de g ou mL da amostra.

3.4 Compostos Bioativos

3.4.1 Carotenoides totais

Esta análise foi realizada baseada no método 355/IV Determinação de carotenoides em produtos naturais (IAL, 2008). O qual baseia-se na extração com solventes orgânicos, saponificação e separação dos carotenoides por cromatografia em coluna.

3.4.1.1 Materiais

Balança analítica, rotavapor, cilindro de nitrogênio, bomba á vacuo, lâ de vidro, liqüidificador com copo de vidro (ou agitador mecânico), espectrofotômetro UV/ VIS, papel de alumínio, papel de filtro, coluna cromatográfica de vidro de (2,5 x 50) cm de altura ou 2 x 25 cm, kitassatos de 500 e 250 mL, frascos Erlenmeyer com tampa de 500, 250, 100 e 50 mL, béqueres de 250 e 100 mL, bastão de vidro, funil de vidro, balões volumétricos de 50 e 100 mL, funil de separação com torneira de teflon de 500 mL, funil de Büchner e proveta 100 mL.

3.4.1.2 Reagentes

Óxido de magnésio para cromatografia em coluna Celite Éter de petróleo com faixa de destilação (30-60)°C Hidróxido de potássio Metanol Acetona Sulfato de sódio anidro. Solução de hidróxido de potássio a 10% m/v – Pese 10 g de hidróxido de potássio, dissolva em metanol e complete a 100 mL.

Fase estacionária – Pesar o óxido de magnésio e a celite na proporção (1:2). Transferir para um frasco fechado. Agitar bem para homogeneizar, antes do empacotamento da coluna cromatográfica.

Procedimento – Adaptar a coluna a um kitassato de 500 mL, coloque um pouco de lâ de vidro na parte inferior da coluna e adicione aos poucos a mistura preparada com óxido de magnésio-celite (1:1), com auxílio da bomba á vacuo, até aproximadamente 10 a 15 cm. O empacotamento deve ficar uniforme, sem sulcos ou falhas e não muito compactado. Foi triturado em liquidificador e homogeneizado

500 g da amostra, foi pesado em balança analítica aproximadamente 2g em triplicata. Posteriormente os pigmentos foram extraídos com acetona resfriada com auxílio de um béquer e um agitador mecânico e filtrado através de um funil de Büchner repetindo esta operação até o resíduo ficar incolor. Depois disso, todos os extratos de acetona contendo os carotenóides foram armazenados sob a proteção da luz. Em seguida foi colocado 100 mL de éter de petróleo no funil de separação. Adicionando aos poucos a solução contendo os pigmentos extraídos, acrescentando água após cada adição e agitando. Após a separação das duas fases, foi descartada a camada aquosa com acetona (inferior) e repetida esta operação lentamente para evitar emulsões, até a eliminação da acetona. Os pigmentos foram transferidos para a fase etérea. Foi lavado mais quatro ou cinco vezes a fase etérea para eliminar totalmente algum resíduo de acetona e recolhida a fase etérea em um frasco Erlenmeyer com tampa de 500 mL e guardado para a saponificação, protegendo da luz com adição de uma solução de KOH a 10% em metanol na proporção de 1:1 em relação ao volume do extrato de éter de petróleo. Foi agitado e deixado esta mistura em repouso por aproximadamente 12 horas à temperatura ambiente. Passado as 12 horas os resíduos de KOH foram removidos com sucessivas lavagens com água em funil de separação e adicionado uma pequena porção de sulfato de sódio anidro para retirar a água residual da amostra. A solução foi rotaveaporada, até aproximadamente 20 mL à temperatura de 35°C. Na coluna, previamente compactada, foi adicionado éter de petróleo para umedecê-la evitando ressecamento, acrescentando a amostra e o éter gradativamente observando as separações das frações de carotenóides. A 1ª fração separada é o α -caroteno, de cor amarela clara, podendo também ser separada com o uso de uma solução de 2% de acetona em éter de petróleo. A 2ª fração separada é o β -caroteno, de cor alaranjada, podendo também ser separada com o uso de uma solução a 5% de acetona em éter de petróleo. Essas duas frações são as que possuem maior atividade de vitamina A e de maior interesse. Foi recolhido, separadamente, as frações. Se na separação foi utilizada acetona, ela deverá ser retirada com sucessivas lavagens com água no funil de separação. Adicionar pequena porção de sulfato de sódio anidro. As fases etéreas foram evaporadas, completadas a um determinado volume com solvente e as absorvâncias lidas no espectrofotômetro UV/VIS. Na 1ª fase, o α -caroteno é identificado e quantificado por espectrofotometria na região do visível, cujo espectro característico apresenta

três picos máximos de absorção, respectivamente em: 421, 443 e 472 nm. Na 2ª fase etérea, o β -caroteno é identificado e quantificado por espectrofotometria na região do visível, cujo espectro característico apresenta três picos máximos de absorção em: 425, 448 e 475 nm.

Cálculo:

$$\text{Teor de carotenóides totais } (\mu\text{g/g}) = \frac{A \cdot \text{volume(mL)} \cdot 10^4}{A_{1\text{cm}}^{1\%} \cdot \text{peso da amostra (g)}}$$

A = absorvância máxima obtida no espectro de absorção

V = volume do solvente no qual se encontra dissolvido o carotenóide (mL)

P = massa da amostra integral (g)

Nota: a absorvância do α -caroteno em éter de petróleo no $\lambda = 444$ nm corresponde a 2800 e a do β -caroteno no $\lambda = 453$ nm corresponde a 2592.

3.4.2 Flavonoides totais

3.4.2.1 Reagentes

Nitrito de sódio de NaNO_2 5% (m/v), cloreto de alumínio AlCl_3 10% (m/v), hidróxido de sódio NaOH 1 M/L.

A determinação do conteúdo de flavonoides totais foi feita segundo metodologia descrita por Zhishen e colaboradores (1999). O teor de flavonoides foi determinado utilizando-se uma curva padrão de catequina ($0-250 \text{ mg L}^{-1}$) e os resultados, determinados a partir de uma equação de regressão, expressos em miligramas de equivalentes de catequina por litro (mg ECA L^{-1}). 1 mL dos extratos diluídos obtidos das folhas foram adicionadas em balão volumétrico de 10 mL contendo 4 mL de água destilada. No tempo zero, foi adicionado ao balão volumétrico 0,3 mL de NaNO_2 5%. Após cinco minutos adicionou-se 0,6 mL de AlCl_3 10%. Seis minutos depois, foi adicionado 2 mL de NaOH 1 M e o volume completado até 10 mL com água destilada. As leituras das amostras foram realizadas em triplicata das absorvâncias em espectrofotômetro UV-visível (HOMIS SF 200DM) em comprimento de onda de 510 nm. O teor de flavonoides foi determinado utilizando-se uma curva padrão de catequina e os resultados, determinados a partir de uma equação de regressão, expressos em miligramas de

equivalentes de catequina por litro (mg ECA L⁻¹).

De acordo com a concentração do padrão de flavonóide preparado (estoque) foi calculado a concentração de cada ponto da curva de calibração considerando volume final de 1000 µL (1 mL) e completar a Tabela. Construiu-se um gráfico de Abs x [flavonóide padrão] e gerada a equação da reta ($y=0,164x-0,0697$) e $R^2 = 0,9751$. Depois foi quantificado o teor de flavonóides totais de acordo com a equação da reta.

3.4.3 Compostos fenólicos totais

A técnica foi realizada de acordo com Singleton e Rossi (1965) onde foi utilizado um método colorimétrico com o reagente de Folin Ciocalteau (amarelo) como indicador de compostos fenólicos (azul) e expresso em mgEAG/100g.

O procedimento foi realizado em triplicata onde pesou-se 1g de folha e foi macerada e colocada em um balão volumétrico de 100 ml, foi adicionado 60 ml de água ultra-pura e 5 ml de Reagente de Folin, depois de 8 minutos foi adicionado 20 ml de carbonato de sódio 20% e completado o volume com água ultra-pura e colocado em repouso, ao abrigo da luz, por 2 horas. Posteriormente foi realizada a leitura no espectrofotômetro Femto 800 XI em 765 nm. Foi utilizado 1 ml de água ultra-pura para a leitura do branco.

Os cálculos são expressos em equivalência de mg de ácido gálico por 100 g⁻¹ (mg GAE g⁻¹) através de uma curva de calibração que gerou a equação ($y=0,0058x+0,017$) $R^2=0,9819$)

3.4.4 Antocianinas

A metodologia utilizada na determinação de antocianinas totais dos extratos foi de diferença de pH, de acordo com Lee, Durst e Wrolstad (2005). Foram feitas leituras a 520nm e 700nm, tanto no tampão de pH 1,0 quanto de pH 4,5. A concentração final de antocianinas foi expressa em mg/100g e foi calculada com base no volume de extrato e peso da amostra. Foram elaboradas duas soluções tampão, uma de cloreto de potássio/ácido clorídrico de pH 1,0 (0,025M), outra de acetato de sódio/ácido clorídrico de pH 4,5 (0,4M). As amostras foram diluídas nessas soluções tampão, a concentração da amostra em pH 1,0 deve apresentar

leitura entre 0,2 e 1,4 AU, pois é o intervalo de linearidade do espectrofotômetro. Foram feitas leituras a 520nm e 700nm, tanto no tampão de pH 1,0 quanto de pH 4,5. A leitura a 700nm é realizada para descontar a turbidez da amostra. O cálculo da absorbância final foi feito a partir da fórmula abaixo:

$$A = (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}1,0} - (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{pH}4,5}$$

A concentração total das antocianinas monoméricas foi expressa em cianidina-3-glicosídeo.

$$\text{Antocianinas monoméricas (mg/100g)} = A \times \text{PM} \times \text{FD} \times 100 / (\varepsilon \times 1)$$

Onde:

A = Absorbância;

PM = Peso molecular;

FD = Fator de diluição e

ε = Absortividade molar

A concentração final de antocianinas (mg/100g) foi calculada com base no volume de extrato e peso da amostra (PM: 449,2 e ε : 26900).

3.4.5 Atividade antioxidante

O potencial de atividade antioxidante foi determinado por sequestrante de radicais livres a partir de curva padrão de DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) segundo Rufino e colaboradores (2007) com adaptações, expresso em g de EC/g DPPH (gramas de extrato necessária para inibir em 50% a oxidação).

3.4.5.1 Preparo das soluções

Solução de acetona 70%: colocado em um balão volumétrico de 1000 ml, 700 ml de acetona e completado com água destilada.

Solução de metanol 50%: em um balão volumétrico de 1 litro foi colocado 500 ml de metanol e completado o volume com água destilada.

Solução controle de água acetona e metanol: em um balão volumétrico de 100 ml colocar 40 ml da solução de acetona a 70% e 40 ml da solução de metanol a 50% e completar o volume com água destilada.

Solução DPPH 0,06 mM: pesou-se 2,4 mg do dpph num vidro relógio e foi transferido para um balão volumétrico de 100 ml com a ajuda de um funil lavando o vidro com metanol até completar o volume do balão. Deixar a solução ao abrigo da luz.

3.4.5.2 Preparo dos extratos

Pesou-se 3 g de folhas das respectivas variedades num Becker de 100 ml e adicionou-se primeiramente 40 ml da solução de metanol a 50%, homogeneizou-se e a mistura ficou em repouso ao abrigo da luz por 60 minutos. Em seguida a mistura foi filtrada e reservado em um balão volumétrico de 100 ml, ao resíduo foi acrescentado 40 ml da solução de acetona a 70% e deixado repousar por mais 60 minutos ao abrigo da luz. Depois disso a mistura foi novamente filtrada e acrescentada ao balão contendo a mistura anterior. Os extratos ficaram protegidos da luz até a hora da leitura no espectrofotômetro.

3.4.5.3 Preparação da curva padrão de DPPH

A partir da solução inicial de dpph (60 µL), preparou-se em balões volumétricos de 10 ml soluções variando a concentração de 10 µM a 40 µM.

3.4.5.4 Determinação da curva do DPPH

Em ambiente escuro foi transferido 4 mL de cada solução de DPPH para a cubeta de vidro e realizar a leitura no espectrofotômetro a 515 nm. Utilizar álcool metílico como branco para calibrar o espectrofotômetro.

Foi plotado as concentrações de DPPH (µM) no eixo X e as respectivas absorbâncias no eixo Y e gerado um gráfico com a equação de reta $y=0,00878x-0,02044$ R^2 (equação 1).

3.4.5.5 Determinação da atividade antioxidante total (AAT)

A partir do extrato obtido, foi preparado em tubos de ensaio devidamente

embalados com papel alumínio 5 diluições diferentes de extrato.

Em ambiente escuro, transferiu-se uma alíquota de 0,1 mL de cada diluição do extrato para tubos de ensaio com 3,9 mL do radical DPPH (DPPH 0,06 mM) e homogeneizou-se em agitador de tubos. Acrescentou-se 0,1 mL da solução controle (de álcool metílico, acetona e água) e mais 3,9 mL do radical DPPH e homogeneizou-se novamente. Utilizar álcool metílico, como branco, para calibrar o espectrofotômetro. As leituras foram feitas em 515 nm depois de uma hora da última homogeneização.

Após a leitura, substituir (Eq. 1) o valor correspondente a metade da absorbância inicial do controle pelo y da equação da curva do DPPH para encontrar o consumo em μM DPPH e, em seguida, transformar para g DPPH.

3.4.5.6 Equivalência de controle e DPPH

$y = ax + b$ (Equação 1)

onde:

$y =$ Absorbância inicial do controle / 2 (item determinação da atividade antioxidante total)

$x =$ resultado em μM DPPH

Obs.: converter para g DPPH, através da transformação:

$\text{g DPPH} = (\mu\text{M DPPH} / 1.000.000) * 394,3$ (peso molecular do DPPH).

A partir das absorbâncias obtidas das diferentes diluições dos extratos, plotar a absorbância no eixo Y e diluição (mg/L) no eixo X e determinar a equação da reta (Equação 2). Para calcular a AAT deve-se substituir a absorbância equivalente a 50 % da concentração do DPPH (item determinação da atividade antioxidante total) pelo y (Equação 2) e encontrar o resultado que corresponde à amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH (EC50).

Cálculo do EC50: $y = ax + b$

onde:

$y =$ Absorbância inicial do controle / 2 (item determinação da atividade antioxidante total)

$x = \text{EC50 (mg/L)}$.

A partir do resultado (mg/L) encontrado na equação 2, dividir por 1.000 para ter o valor em g e, em seguida, dividir pelo valor encontrado em g DPPH (Eq. 1) para obter o resultado final (Eq. 3) que é expresso em g fruta (porção comestível) / g DPPH.

EC50 expresso em g fruta / g DPPH

$\text{g fruta / g DPPH} = (\text{EC50 (mg/L)} / 1.000 * 1) / \text{g DPPH}$

3.5 Análise estatística

A avaliação da diferença entre a folha da batata doce comum cv RBS Rubissol e a folha da batata biofortificada cv *Beauregard*, foi realizada através do programa estatístico XLSTAT 2014 do Microsoft Excel, aplicando o Teste não paramétrico Mann-Whitney por meio de médias e desvio padrão. O nível de significância considerado foi de 5% (ANDRADE, 2010).

4. REFERÊNCIAS

AMBRÓSIO, C.L.B.; CAMPOS, F.A.C.S.; FARO, Z.P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, v.19, n.2, p.233-243, 2006.

BABBAR, N. et al. Total phenolic content and antioxidant capacity of extracts obtained from six important fruit residues. **Food Research International**, v.44, n.1, p.391-396, 2011.

BERNI, P.R.A. et al. Bioaccessibility of β -Carotene in Orange Fleshed Sweet Potato cooked according to home styles compared to highly processed baby foods. **Nutrire**, v.39, p.24-24, 2014.

BERTECHINI, A.G. Nutrição de monogástricos. **UFLA**, v.1, n.1, p.301, 2006.

BERTONCEJ, J. et al. Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. **Food Chemistry**, v.105, n.2, p.822-828, 2007.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. Pigmentos naturais. In: BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Introdução à Química de Alimentos**. 2ª ed., São Paulo: Varela, 1995. p.191-223.

CAMARGO, V.C.S. **Avaliação in vivo de retinol em produtos (farinha e bolo sem glúten) oriundos de batata-doce (Ipomoea batatas L) cultivar *Beauregard* biofortificada com carotenoides**. 2018. 174f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências da Saúde do Centro de Ciências da Vida, Pontifícia Universidade Católica, Campinas, 2018.

CARRATU, E.; SANZINI, E. Biologically active substances present in foods of vegetable origin. **Annali dell'Istituto Superiore di Sanita**, v.41, n.1, p.7-16, 2005.

CASTRO, L. A. S.; BECKER, A. **Batata-doce: BRS Rubissol**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011. Disponível em:

<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54914/1/BRS-Rubissol-Castro-Suita.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2019.

CAYE, M.T. et al. **Utilização da Vitamina C nas alterações estéticas do envelhecimento cutâneo**. UNIVALI- Balneário Camboriú. 2013.

CHALFANT, R.B. et al. Ecology and management of sweet potato insects. **Annual Review of Entomology**, v.35, p.157-180, 1990.

COSTA, T.; JORGE, N. Compostos bioativos benéficos presentes em nozes e castanhas. **UNOPAR Científica, Ciência Biológicas e Saúde**, v.13, n.3, p.195-203, 2011.

DAGLIA, M. Polyphenols as antimicrobial agentes. **Current Opinion in Biotechnology**, v.23, n.2, p.174–181, 2012.

DOMINGUES G. Relação entre medicamentos e ganho de peso em indivíduos portadores de autismo e outras síndromes relacionadas. **Nutrição Ativa**, v.17, n.2, p. 455-468, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Beauregard**: cultivar testada e indicada de batata-doce vitaminada. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195007/1/digitalizar0171.pdf>> . Acesso em: 29 set 2019.

EDMOND, J.B.; AMMERMAN, G.R. **Sweet potatoes**: production processing marketing Wesport. The Air Publishing Company, 1971. 58 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). **Advanced Database Gateway**. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i5236e.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2019.

GEREMIAS, G. **Pesquisa e desenvolvimento de produtos nutracêuticos para**

atletas com utilização de extratos vegetais. 2004. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Docência em Fitomedicina, Asociación Argentina de Fitomedicina, Videira, 2004.

GHARIBZAHEDI, S.M.T.; RAZAVI, S.H.; MOUSAVI, S.M. Microbial canthaxanthin: perspectives on biochemistry and biotechnological production. **Engineering in Life Sciences**, v., p.408, 2013.

GIADA, R.M.L. Food phenolic compounds: Main classes, sources and their antioxidant power. **Oxidative Stress and Chronic Degenerative Diseases - A Role for Antioxidants**, p. 87-112, 2013.

HARBORNE, J.B.; GRAYER, R.J. **The anthocyanins**. In: The flavonoids: advances in research since 1980. Chapman & Hall, London, 1988, p. 1-20.

HARBORNE JB. General procedures and measurement of total phenolics. In: Harborne JB, editor. **Methods in plant biochemistry**: volume 1 Plant phenolics. London: Academic Press; 1989. p. 1-28.

HOLLMAN, P.C.H.; KATAN, M.B. Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. **Food and Chemical Toxicology**, v.37, n.9/10, p.937-942, 1999.

HUAMÁN, Z. **Descriptors for sweet potato. International Board for Plant Genetic Resources-IBPGR**. Centro Internacional de la Papa-CIP, Asian Vegetable Research and Development Center-AVRDC, 1991. 134 p.

HUSSEIN, S.M. et al. Carotenoid stability and quantity of different sweet potato flesh colour over postharvest storage time. **Advances in Environmental Biology**, v.8, n.8, p.667-671, 2014.

INTISAR, I.; SHAIKH, A.U.; SHAHIDU, I.M. Antioxidative and Antimutagenic Potentials of Phytochemicals from Ipomoea batatas (L.) Lam. **International Journal of Cancer Research**, v.5, p.83-94, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção Agrícola Municipal (PAM) 2018. **Produção Agrícola Municipal**, Rio de Janeiro, v.45, p.1-8, 2018.

ISHIDA, H. et al. Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks and stems of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* poir). **Food Chemistry**, v.68, p.359-367, 2000.

ISLAM, M.S. et al. Anthocyanin compositions in sweetpotato leaves. **Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v.66, n.11, p.2483-2486, 2002.

ISLAM, S. Sweetpotato (*Ipomea batatas* L) leaf its Potencial Effect on Human Healt and Nutrition. **Journal Off Food Science**, v.71, n.2, p.13-121, 2006.

ISLAM, M.S.; JALALUDDIN, M. Genotypic variation of antimutagenicity and DPPH radical scavenging activity in *Ipomoea batatas* L. genotypes. **HortScience**, v.38, p.831, 2003.

ISLAM, M.S.; JALALUDDIN, M. Antimicrobial activities of *Ipomoea batatas* leaves grown under different environmental conditions. **Proceedings of the 49th Annual Rural Life Conference**; 2005 Feb 11; Univ. of Arkansas, Pine Bluff, Ark. Pine Bluff, USA: Univ. of Arkansas. p 23. 2005

INSTITUTE OF MEDICINE - IOM. **Dietary Reference Intakes: applications in dietary assessment**. Washington DC; 2000. 306p. Disponível em: <<http://iom.edu/Activities/Nutrition/SummaryDRIs/~media/Files/Activity%20Files/Nutrition/D>>. Acesso em: 10 out. 2019.

JAARSVELD, P.J.V. et al. Beta-carotene-rich orange-fleshed sweet potato improves the vitamin A status of primary school children assessed with the modified-relative-dose-response test. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.81, n.5, p.1080-1087, 2005.

JAYAPRAKASHA, G.K; PATIL, B.S. In vitro evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citron and blood orange. **Food Chemistry**, v.101, n.1, p.410-418, 2007.

JIN, E. et al. Xanthophylls in microalgae: from biosynthesis to biotechnological mass production and application. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.13, p.165, 2003.

JOSÉ, A.E.; CHAVES CARVALHO, H.H.; WIEST, J.M. Avaliação do efeito antibacteriano de extratos de folhas de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) frente a bactérias de interesse em alimentos e correlação com os compostos fenólicos. **Revista Ceres**, v.62, p.421-429, 2015

KLIMCWAC, I. et al. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.20, n.3-4, p.313-322, 2007.

KRIS-ETHERTON, P. M. et al. Bioactive compounds in nutrition and health-research methodologies for establishing biological function: The antioxidant and anti-inflammatory effects of flavonoids on atherosclerosis Annu. **Revista de Nutrição**, v.24, p.511-538, 2004.

LAURIE, S. M. et al. Characterization and evaluation of South African sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) land races. **South African Journal of Botany**, n.85, p.10-16, 2013.

LEITE, C.E.C. **Novas cultivares de batatas-doces (*Ipomoea batatas* L. Lam.):** potencial nutricional, composição de bioativos, propriedades antioxidantes e análise digital de imagem. 2017. 200f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

LI, F. et al. The composition, antioxidant and antiproliferative capacities of phenolic compounds extracted from tartary buckwheat bran [*Fagopyrum tartaricum* (L.) Gaerth]. **Journal of Functional Foods**, v.22, p.145–155, 2016.

LIM, S. et al. Role of anthocyanin-enriched purple-fleshed sweet potato p40 in colorectal cancer prevention. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.57, n.11, p.1908-1917, 2013.

LIMA, V. L. A. G. et al. Polpa Congelada de Acerola: Efeito da Temperatura sobre os Teores de Antocianinas e Flavonóis Totais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v.24, n.3, p.669-670, 2002.

LOPES, R.M. et al. Flavonóides. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**, v.3, n.14, p.18-22, 2000.

LOPES, T.J. et al. Antocianinas: uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.3, p.291-297, 2007.

LOUREIRO, M.P. et al. Biofortificação de alimentos: problema ou solução? **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v.25, n.2, p.66-84, 2018.

LOW, J.W. et al. A food-based approach introducing orange-fleshed sweet potatoes increased vitamin A intake and serum retinol concentrations in young children in rural Mozambique. **The Journal of Nutrition**, v.137, n.5, p.1320-1327, 2007.

MALUF, W. R. **A batata doce e seu potencial na alimentação humana, na alimentação animal, e na produção de etanol biocombustível**. 53º Congresso Brasileiro de Olericultura. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_7/MALUF.PDF>. Acesso em: 16 set. 2019.

MANACH, C. et al. **Polyphenol: food sources and bioavailability**. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v.79, p.727-747, 2004.

MERKEN, H.M.; BEECHER, G.R. Measurement of food flavonoids by high-performance liquid chromatography: a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.48, n.3, p.577-599, 2000.

MESQUITA, S.S.; TEIXEIRA, C.M.L.L.; SERVULO, E.F.C. Carotenoides: Propriedades, Aplicações e Mercado. *Revista Virtual de Química*, v.9, n.2, p.672-688, 2017.

MIRANDA, J.E. C. et al. **A cultura da batata-doce**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças-CNPH, Brasília, 1º ed., 2º impressão, 89p., 2006. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/11965/2/00013620.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2019.

MIRASSE, J.J. **O consumo de batata-doce de polpa alaranjada entre famílias rurais do nordeste de Moçambique**: um estudo sobre percepções de comida e Segurança Alimentar na província de Nampula. 2010. 177p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, UFRGS, 2010.

MAHMOOD, N. et al. Inhibition of HIV infection by caffeoylquinic acid derivatives. *Antiviral Chem Chemother* 4:235–40, 1993.

NAMIKI M. Antioxidants/antimutagens in food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v.29, n.4, p.273-300, 1990.

PAIVA, M.R. A importância da alimentação saudável na infância e na adolescência. *Revista Brasileira de Pediatria*, v.15, n.5, p.520-523, 2010.

PARI, Y.N.V. **Avaliação das propriedades antioxidantes presentes no extrato de batata doce roxa (*Ipomoea batatas* (L.) lam)**. Campinas. 2015.

PIMENTEL, C.V.M.B.; FRANCKI, V.M.; GOLLÜCKE, A.P.B. **Alimentos funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo: Varela; 2005.

RAMALHO, A. **Funções plenamente reconhecidas de nutrientes: vitamina A**. 4 ed. Ilsi: São Paulo, 2010.

RAMARATHNAM, N. et al. The contribution of plant food antioxidants to humans health. **Trends in Food Science & Technology**, v.6, n.3, p.75-82, 1995.

RIOS, S.A. et al. Biofortificação: culturas enriquecidas com micronutrientes pelo melhoramento genético. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 6, p. 713-718, 2009.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Ilsi: Washington, 2001.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenoides**, 1 ed. Ministério do Meio Ambiente: Brasília, 2008.

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.; PATEL, V. B. **Flour and breads and their fortification in health and disease prevention**. London; Burlington; San Diego: Academic Press; Elsevier, 2011, p. 301-311.

RODRÍGUEZ-CONCEPCIÓN, M.; BORONAT, A. Elucidation of the methylerythritol phosphate pathway for isoprenoid biosynthesis in bacteria and plastids. A metabolic milestone achieved through genomics. **Plant Physiology**, v.130, p.1079, 2002.

RODRIGUES, A.M.G.; MUZITANO, M.F. Acidente vascular encefálico: flavonoides como possível estratégia neuroprotetora. **Perspectivas Online: Ciências Biológicas e da Saúde**, v.2, p.9-19, 2012.

SALASAR et al. Propriedades Nutricionais E Benefícios Do Consumo Da Polpa E Folha De Batata Doce. **Desenvolvimento Agropecuário Sustentável**, v.1, n.8, p.149-163, 2019.

SCHALLENBERGER, E., et al. **Novos cultivares de batata-doce: SCS370 Luiza, SCS371 Katiy, SCS372 Marina. Epagri: Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.30, n.1, p.43-47, 2017.

SCHAFRANSKI, K. **Extração E Caracterização De Compostos Fenólicos De Folhas De Amoreira Preta (Morus Nigra L.) E Encapsulamento Em Esferas De Alginato**. 2019. 100f. Dissertação (Mestrado) - Programa De Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Ponta Grossa, 2019.

SHAHIDI, E. - Functional Foods: Their Role in Health Promotion and Disease Prevention. **Journal of Food Science**, v.69, p.146-149, 2004.

SHAHIDI, F.; JANITHA, P.K.; WANASUNDARA, P.D. Phenolic antioxidants. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.32, n.1, p.67-103, 1992.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Food phenolics: sources, chemistry, effects and applications**. Lancaster: Technomic; 1995.

SILVA, J.B.C.; LOPES, C.A.; MAGALHÃES, J.S. **Batata-doce (Ipomoea batatas Lam.)**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Hortaliças, Sistemas de Produção, nº 6 (versão eletrônica), 2008. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/autores.htm>. Acesso em: 27 set. 2019.

SILVA, J.B.C. et al. **Beauregard: cultivar testada e indicada de batata-doce: batata-doce vitaminada**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças-CNPH, Brasília. 2010. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195007/1/digitalizar0171.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2019.

SILVA, J.B.C.; LOPES, C.A.; MAGALHÃES, J. **Batata-doce Braszândia Roxa**. EMBRAPA, Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária. Brasília, DF. Embrapa Hortaliças Sistemas de Produção, 2008.

SINDHI, V.V. et al. Potential applications of antioxidants – a review. *Journal of Pharmacy Research*, v.7, n.9, p.828-835, 2013.

SOARES, S. E.: Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista Nutrição**, Campinas, v.15, n.1, p.71-81, 2002.

SUN, H. et al. Sweet potato (*Ipomea batatas* L.) leaves as nutritional and funcional foods. **Food Chemistry. Elsevier**. 2014. 380-389. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814614001113>>. Acesso em: 27 set. 2019.

SUN, H. et al. The In Vitro Antioxidant Activity and Inhibition of Intracellular Reactive Oxygen Species of Sweet Potato Leaf Polyphenols. **Hindawi Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v.2018, p.11, 2018.

SU, X. et al. Identification and quantification of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato leaves. **Heliyon**, v.5, n.6, 2019.

TALSMA, E. F.; MELSE-BOONSTRA, A.; BROUWER, I. D. Acceptance and adoption of biofortified crops in low- and middle-income countries: A systematic review. **Nutrition Reviews**, v.75, n.10, p.798–829, 2017.

TANAKA, M. et al. Functional components in sweetpotato and their genetic improvement. **Breeding Science**, v.67, p.52-61, 2017.

VEITCH, N. C.; GRAYER, R. J. Flavonoids and their glycosides, including anthocyanins. **Natural Product Reports**, v.28, n.10, p.1613-1774, 2011.

WENG, C.J; YEN, G.C. Chemopreventive effects of dietary phytochemicals against cancer invasion and metastasis: phenolic acids, monophenol, polyphenol, and their

derivatives. **Cancer Treatment Reviews**, v.38, n.1, p.76–87, 2012.

WILLIAMS, R. et al. Sweet potato can contribute to both nutritional and food security in Timor-Leste. **Field Crops Research**, v.146, p.38-43, 2013.

WOOLFE, J.A. **Sweet potato: an untapped food resource**. Cambridge: Cambridge University Press. 1992.

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

XU, J. et al. Characterisation and stability of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato P40. **Food Chemistry**, v.186, p.90-96, 2015.

ZHANG, L.Y. et al. Protective property of mulberry digest against oxidative stress – a potential approach to ameliorate dietary acrylamide-induced cytotoxicity. **Food Chemistry**, v.230, p.306-315, 2017.

5. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE FOLHAS DE BATATA-DOCE COMUM E DE BATATA-DOCE BIOFORTIFICADA (*IPOMEA BATATAS L.*)

Maria Elisabete Fagundes ^{a*}, Luciano Lucchetta^b, Ellen Kayumi Mariano Sawazaki^a, Diane Maschio de Souza^c, Thaís Dacoltivo^c, Nicolý Loise Giasson^c, Ana Tereza Bittencourt Guimarães^c, Luciana Bill Mikito Kottwitz^c

^a Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* Francisco Beltrão, Paraná, Brasil.

^b Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Francisco Beltrão, Paraná, Brasil.

^c Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *Campus* Cascavel, Paraná, Brasil.

*Autor correspondente. Tel: +55 46 99910-7370

Endereço de e-mail: beti.fagundes2015@gmail.com (M.E.,Fagundes), lucianolucchetta@gmail.com (L, Lucchetta), ellen.kms@gmail.com (E.K.M. Sawazaki), dianemaschio6@gmail.com (D. Maschio), tdacoltivo@hotmail.com (T. Dacoltivo), nicoly.giasson@hotmail.com (N.L.Giasson), anatbguimaraes@gmail.com (A.T.B. Guimarães), lukottwitz@yahoo.com.br (L. B. M. Kottwitz).

Lista de abreviações

cv – Cultivar

CIP – Centro Internacional de la Papa

g – Grama

HIV – Vírus da Imunodeficiência Humana

Cfa – Clima Subtropical

DIC – Delineamento experimental inteiramente casualizado

m – Metros

mL – Mililitros

mg – Miligramas

°C – Graus Celsius

µg – Microgramas

pH – Potencial Hidrogeniônico

nm - Nanômetro

kcal - quilocalorias

Abstract

A biofortificação é uma estratégia de melhoramento genético com prioridade na produção de alimentos com alto teor de um nutriente específico e que pode ser utilizado no combate à desnutrição, e um dos exemplos é a batata-doce Beauregard, a qual apresenta inúmeros benefícios à saúde humana. Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo comparar a composição físico-química, de compostos bioativos e o potencial antioxidante presente nas folhas de batata-doce comum e biofortificada (cultivar Beauregard). Utilizou-se um delineamento experimental casualizado (DIC), com dois tratamentos (folhas de batata-doce BRS Rubissol e Beauregard) e seis repetições. Os resultados médios das análises físico-químicas indicaram percentuais expressivos para proteínas para as folhas de batata-doce comum e biofortificada, de 28,98% e 28,41%, bem como para fibras totais, de 28,07% e 24,56%, respectivamente. Em relação às concentrações de carotenoides totais, flavonoides, antocianinas, compostos fenólicos, bem como atividade antioxidante, foram observados teores médios superiores na cultivar Beauregard e diferença significativa ($p < 0,05$) entre as cultivares. Considerando a composição das folhas de batata-doce, das duas variedades avaliadas nesta pesquisa, é possível destacar a importância nutricional e relevância em componentes bioativos desta parte da planta usualmente descartada e ainda, evidenciar a possibilidade da sua introdução na alimentação humana.

Palavras-chave: Batata-doce biofortificada; composição nutricional; substâncias bioativas; atividade antioxidante; compostos fenólicos; polifenóis.

1. Introdução

A batata-doce (*Ipomea batatas L.*) é uma dicotiledônea da família Convolvulácea, nativa das Américas Central e do Sul [1]. É uma raiz tuberosa de fácil cultivo, tem múltiplas formas de aproveitamento, dispensa o uso de tecnologias avançadas sendo uma excelente cultura para a agricultura familiar, hortas escolares e comunitárias, além disso, desempenha um importante papel nutricional no cardápio

de pessoas com restrições alimentares e deficiências nutricionais [2].

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [3], apresentados na pesquisa de Produção Agrícola Municipal no ano de 2018, no Brasil foi plantada uma área de 53.024 hectares de batata-doce, onde foram produzidas 741.203 toneladas do tubérculo, sendo colhidas 14 toneladas por hectare.

A biofortificação caracteriza-se pelo desenvolvimento de alimentos naturais que contêm quantidades de nutrientes capazes de suprir as necessidades do corpo humano ao ser inserido na dieta da população [4]. Uma das cv biofortificadas é a batata-doce Beauregard, a mesma foi melhorada pela empresa *Louisiana Agricultural Experiment Station*. No ano de 2008 foi trazida para o Brasil por meio de convênio com o Centro Internacional de la Papa (CIP), do Peru, sendo testada e recomendada pela Embrapa Hortaliças [5]. Este cv tem um ótimo valor nutricional, possui atividade antioxidante e é rica em compostos bioativos [6], componentes dos alimentos que tem influência fisiológica e participam de atividades celulares que beneficiam a saúde [7]. Uma das principais características destes compostos é a capacidade antioxidante, capaz de reduzir o estresse oxidativo, presente em diversas patologias crônicas [8].

Muitas partes da planta da batata-doce são comestíveis, incluindo as folhas, que são excelentes fontes de polifenóis antioxidativos [9], entre eles as antocianinas e os ácidos fenólicos, além disso, apresentam elevado valor nutricional, sendo fontes de vitaminas do complexo B, beta caroteno, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, ferro, manganês, cobre, zinco, fibras e proteínas [10]. O valor de proteínas encontrado na folha (2,99g/100g de peso seco) é maior do que o encontrado na raiz (1,28-2,3g/100g de peso seco), assim como os valores dos micronutrientes que atuam como antioxidantes, na homeostase da glicose, na mobilização do cálcio, na absorção de ferro, na expressão gênica, reações enzimáticas e ritmo cardíaco [11].

Do ponto de vista sensorial, as culturas biofortificadas são bem aceitas pela população, tanto no consumo tradicional quanto utilizadas como ingredientes no preparo de alimentos, como verifica-se num estudo realizado em alguns países da África, onde existe uma rica aceitação e adoção das mesmas pelas populações destes lugares, incluindo a folha batata-doce. Os produtores e consumidores, depois de receberem as informações nutricionais referentes a tal cultura, aceitaram pagar um valor superior pelos pães e bolos fabricados pela farinha da folha da batata-doce [12]. Chelfant et al. [13], também verificou que as folhas e pecíolos de batata-doce

tem um alto valor proteico e nutritivo, podendo ser consumidos como qualquer outra hortaliça de folhas, em salada cruas ou cozidas.

Deste modo, o consumo das folhas deste cultivar como um vegetal pode ser uma alternativa importante no combate a escassez de alimentos. Agricultores e cientistas estão cada vez mais motivados na produção destes vegetais antes negligenciados, pois podem ser colhidas várias vezes durante o ano, são resistentes a certas adversidades climáticas, à umidade, doenças e pragas [14]. Segundo Islan [14], as pesquisas apontam o consumo das folhas de batata-doce para promover a saúde devido aos seus componentes nutricionais e bioativos que apresentam várias funções fisiológicas como, por exemplo, os polifenóis e antocioninas que apresentam atividade antioxidante, combatendo os radicais livres, possuem efeito anticarcinogênico, antimutagênico, antidiabético, anti-hipertensivo, anti-inflamatório, antimicrobiano, e de inibir a replicação do vírus HIV, bem como as fibras contribuem para a manutenção da microbiota intestinal.

Considerando a escassez de estudos quanto à composição de folhas de batata-doce, o objetivo da presente pesquisa é conhecer e comparar o potencial nutricional presente em folhas de batata-doce (*Ipomoea batatas L.*) cv Rubissol e Beauregard, e quais compostos bioativos estão presentes nas mesmas, que podem contribuir positivamente para a saúde humana.

2. Material e Métodos

2.1. Matéria-prima

As folhas de batata-doce comum cultivar Rubissol foram adquiridas em uma área rural localizada na Linha Peroba, no município de Cascavel, Estado do Paraná (latitude 25°03'34.33" O, longitude 53°50'32."O).

As folhas da batata-doce biofortificada foram adquiridas em uma área rural localizada na Linha São João, no município de Cascavel, Estado do Paraná (latitude 24°58'15.18"S e longitude 53°14'10.96"O).

O clima é considerado clima subtropical (Cfa), com precipitação média anual superior a 1800mm, sem estação seca definida, com possibilidade de geadas durante o inverno. Solo Latossolo Vermelho Distroférico [15].

Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com dois tratamentos e seis repetições, em um total de 12 parcelas experimentais. Cada parcela experimental foi constituída de um canteiro com dimensões de 3,0 x

3,0 m, com espaçamento de 0,4 m entre plantas e 1,0 m entre canteiros. De cada parcela foram colhidas, entre os meses de fevereiro a maio de 2019, 800g de folhas, que foram higienizadas e congeladas até o processamento e análises.

2.2. Preparo dos extratos

Para realizar as análises de compostos fenólicos, antocianinas e flavonoides foram obtidos extratos a partir do procedimento descrito por Coseteng e Lee [16] citado por Intisar [17] parcialmente modificado. Foram homogeneizadas 10 mg de amostra com 10 ml de solvente (mistura de água e etanol 80%, respectivamente) durante 5 minutos em homogeneizador. A mistura foi então aquecida a 100 °C por 5 minutos sob exaustor. O resultante foi levado a centrífuga durante 10 minutos a 5.000 rpm. O sobrenadante foi novamente homogeneizado com mais 5 ml de solvente (água e etanol 80%), voltando à fervura e à centrífuga por igual tempo e rotação. Os precipitados e os extratos foram congelados para posterior realização das análises.

2.3. Análises físico-químicas

A avaliação centesimal das folhas de batata-doce var. BRS Rubissol e das folhas de batata-doce biofortificada, em triplicata, foi realizada de acordo com as metodologias descritas nas Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), por meio das seguintes análises: teor de umidade em estufa, a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$ até peso constante, sólidos totais foram calculados pela diferença a partir da umidade, determinação de cinzas pelo método gravimétrico para determinação de resíduo por incineração (ou resíduo mineral fixo, RMF) em mufla a 550°C , acidez titulável, proteínas totais pela metodologia de Kjeldahl ($\% \text{ N} \times 6,25$), lipídeos por extração direta em Soxhlet, e fibra bruta. Os carboidratos foram estimados pelo cálculo da diferença entre 100g de produto e a soma dos valores encontrados para umidade, proteínas, lipídios, cinzas e fibra bruta.

2.4. Determinação dos compostos bioativos

Carotenoides totais: Esta análise foi realizada baseada no método 355/IV Determinação de carotenoides em produtos naturais [18]. Os carotenoides alfa e beta são identificados pela posição relativa dos pigmentos na coluna e por espectrofotometria e expresso em $\mu\text{g/g}$ (microgramas de carotenoides por grama de extrato).

Flavonoides totais: A determinação do conteúdo de flavonoides totais foi feita segundo metodologia descrita por Zhishen et al. [19]. O teor de flavonoides foi determinado utilizando-se uma curva padrão de catequina e os resultados, determinados a partir de uma equação de regressão, expressos em miligramas de equivalentes de catequina por litro (mg ECA L⁻¹).

Compostos fenólicos totais: A técnica foi realizada de acordo com Singleton e Rossi [20] onde foi utilizado um método colorimétrico com o reagente de Folin Ciocalteu (amarelo) como indicador de compostos fenólicos (azul) e expresso em mgGAE/100g.

Antocianinas: A metodologia utilizada na determinação de antocianinas totais dos extratos foi de diferença de pH (1,0 e 4,5), de acordo com Lee, Durst e Wrolstad [21], com leituras a 520nm e 700nm. A concentração final de antocianinas foi expressa em mg/100g e foi calculada com base no volume de extrato e peso da amostra.

2.5. Atividade antioxidante

O potencial de atividade antioxidante foi determinado por sequestrante de radicais livres a partir de curva padrão de DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) segundo Rufino et al. [22] com adaptações, expresso em g de EC/g DPPH (gramas de extrato necessária para inibir em 50% a oxidação).

2.6. Análise dos dados

Os dados das variáveis foram comparados entre a folha da batata doce comum cv RBS Rubissol e a folha da batata biofortificada cv Beauregard por meio do programa XLTAT 2014 e do Teste não paramétrico Mann-Whitney, uma vez que os pressupostos de normalidade (Teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Teste F) não foram atingidos.

Em seguida, as matrizes dessas variáveis (compostos fenólicos, flavonoides, carotenoides, antocianina e atividade antioxidante) foram estandarizadas e analisadas por meio da análise de componentes principais (PCA). Na PCA são definidas as cargas fatoriais, as quais são definidas como as correlações de cada variável com a composição do fator, sendo o fator uma nova variável estatística definida pelo conjunto das cargas fatoriais. Em todos os testes estatísticos o nível de significância utilizado foi de 0.05, sendo realizados com o programa computacional

R (R Core Team, 2019).

3 RESULTADOS

3.1 Caracterização físico química

Com relação a caracterização físico-química, foram observados percentuais elevados de proteínas, fibras, carboidratos e vitamina C nas folhas das duas variedades de batata-doce analisadas, contudo apenas umidade ($p=0,030$), lipídios ($p=0,030$) e carboidratos ($p=0,013$) apresentaram diferenças estatisticamente significativas (Tabela 1).

Considerando os valores médios obtidos, as folhas de batata-doce cv RBS Rubissol apresentaram percentual superior de umidade ($90,19\pm0,55\%$), cinzas ($9,36\pm0,53\%$), acidez ($0,46\pm0,09\%$), lipídios ($1,24\pm0,28\%$), fibras ($28,07\pm2,19\%$), proteínas ($28,98\pm1,48\%$) e vitamina C ($13,21\pm5,56\%$), em contrapartida carboidratos ($37,59\pm2,30\%$) e quilocalorias ($271,41\pm6,81\text{kcal}/100$) foram encontrados em quantidades superiores nas folhas de batata-doce cv Beaugard (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados médios e desvio padrão das características físico-químicas das folhas de batata-doce comum cv RBS Rubissol e cv *Beaugard*.

Variáveis	Folha cv	Folha cv	Valor de p*
	Comum (Média±DP)	Beaugard (Média±DP)	
Umidade%	90,19±0,55	88,08±0,55	0,030*
Cinzas%	9,36±0,53	8,79±0,08	0,128
Acidez%	0,46±0,09	0,34±0,00	0,061
Lipídios%	1,24±0,28	0,87±0,16	0,030*
Fibras%	28,07±2,19	24,56±1,90	0,092
Proteínas%	28,98±1,48	28,41±1,62	0,471
Vitamina C mg%	13,21±5,56	9,79±1,39	0,531
Carboidratos%	32,36±2,64	37,59±2,30	0,013*
Quilocalorias kcal/100	254,66±11,26	271,41±6,81	0,065

Nota: *Houve diferença estatística pelo Teste Mann-Whitney somente em umidade, lipídios e carboidratos, com o nível de significância de 5%. DP= desvio padrão

3.2 Compostos bioativos

Foi possível verificar diferença estatisticamente significativa com relação aos compostos bioativos avaliados entre as duas variedades de batata-doce ($p < 0,05$); sendo observados valores médios das folhas de batata-doce da cv Beauregard superiores aos valores das folhas de batata-doce comum da cv RBS Rubissol (Tabela 2).

Tabela 2. Medianas (Md) e intervalos interquartílicos ($1^{\circ}Q - 3^{\circ}Q$) dos compostos bioativos das folhas de batata-doce cv RBS Rubissol e cv Beauregard.

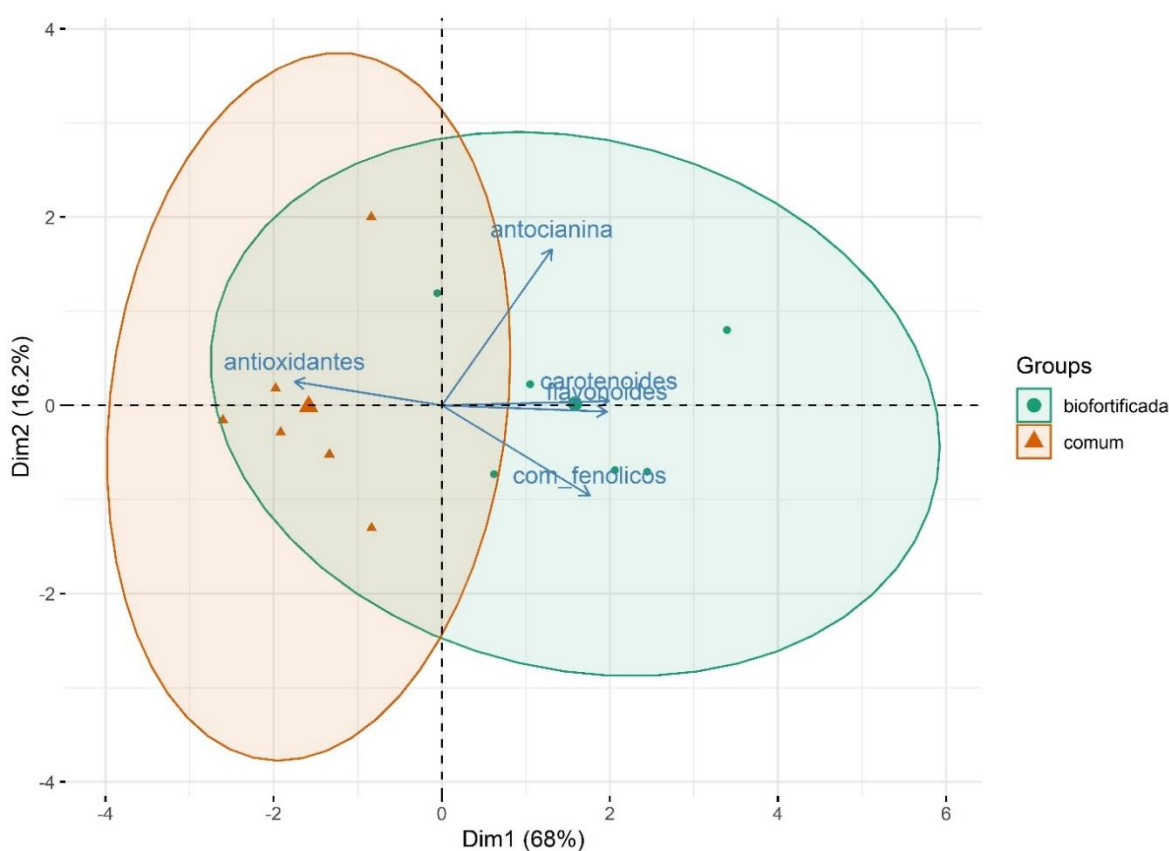
Variáveis	Folha cv RBS	Folha cv Beauregard	p-valor*
	Rubissol Md [$1^{\circ}Q - 3^{\circ}Q$]	Md [$1^{\circ}Q - 3^{\circ}Q$]	
Carotenóides totais $\mu\text{g/g}$	13,13 [10,88 – 16,12]	114,49 [94,64 – 128,89]	0,004
Flavonóides mgCE/100g	64,25 [62,92 – 67,40]	81,11 [70,55 – 84,52]	0,031
Antocianinas mg/100g	0,835 [0,0 – 1,67]	7,93 [7,58 – 11,83]	0,044
Fenólicos Totais mgEAG/100g	183,9 [170,5 – 211,7]	279,7 [230,8 – 308,4]	0,023
Atividade Antioxidante g/g DPPH	172,7 [170,4 – 219,5]	130,3 [121,1 – 141,2]	0,005

Nota: *Teste Mann-Whitney, com o nível de significância de 5%.

A partir da avaliação multivariada foi verificada as relações lineares entre as variáveis em estudo, verificando-se diferenças entre os grupos de folha da batata doce comum cv RBS Rubissol e a folha da batata biofortificada cv Beauregard. O primeiro componente principal foi definido como a variação dos valores de carotenoides, flavonoides e atividade antioxidante (Autovalor=3,40; Variabilidade=67,96%), estando a última variável indiretamente relacionada as demais. Este primeiro componente principal pode ser considerado como a sumarização linear destas variáveis, sendo uma nova variável estatística denominada “Capacidade antioxidante”. Vale ressaltar que os escores deste componente indicam que as amostras da folha de batata biofortificada apresentam maiores concentrações de carotenoides e flavonoides, o que promove o sequestro

de moléculas antioxidantes do meio. O segundo componente principal representa a associação entre compostos fenólicos e antocianina (Autovalor=0,81; Variabilidade=16,21%), as quais encontram-se inversamente relacionadas entre si. Este segundo componente principal sumariou que, em ambos os grupos de folhas de batatas, as amostras que apresentaram os maiores valores de compostos fenólicos tiveram menores concentrações de antocianina (Gráfico 1).

Gráfico 1. Comparação entre a composição de compostos bioativos presentes em folhas de batata-doce cv. Rubissol (comum) e cv. Beauregard (biofortificado).



4 DISCUSSÃO

4.1 Caracterização físico-química

A caracterização físico-química das folhas das duas variedades de batata-doce avaliadas nesta pesquisa, registrou médias expressivas para macro e micronutrientes, evidenciando a importância nutricional desta parte da planta que frequentemente é descartada, contudo, não foram observadas diferenças

estatisticamente significativas, assim como no estudo realizado por Santos et al. [24], os quais avaliaram a composição mineral e centesimal entre as cultivares de batata-doce convencional e orgânica.

Quando analisado o teor de proteínas das folhas de ambas as variedades, as mesmas apresentaram-se como uma excelente fonte alimentar do nutriente, sendo a folha da batata-doce da cv Rubissol com 28,98% e da cv Beauregard com 28,41%. Esse resultado é confirmado por Nkongho et al. [25] e Antia et al. [26], que registraram médias entre 15,10% a 27,10% e 24,85%, respectivamente EM FOLHAS DE BATATA DOCE. Vale destacar que ao avaliarem a parte usualmente comestível das batatas, isto é, as raízes, os estudos observaram uma quantidade média de proteínas menor em relação as folhas, variando de 1,4 a 5,6% [2, 24].

As folhas das batatas avaliadas também podem ser caracterizadas como importantes fontes de fibras (28,07% e 24,56%) dado esse confirmado por Nkongho et al. [25], que verificaram que as folhas das batatas analisadas continham de 27% a 29%. Vale destacar que as folhas apresentam maior teor de fibras do que as raízes [2]. Ainda, a fibra bruta encontrada nas folhas corresponde a parte do alimento em que são encontradas as frações de celulose e lignina, responsáveis por benefícios gastrointestinais, visto que estimulam os movimentos peristálticos, aumentam a massa fecal e reduzem o colesterol ruim do sangue; contudo, não fornecem energia, pois não são metabolizadas pelas enzimas presentes no intestino humano [27, 28].

Em relação a vitamina C, o resultado encontrado de 13,21% e 9,79% para folhas da cv Rubissol e cv Beauregard, respectivamente, foram superiores aos valores descritos na literatura [29, 30]. Os resultados frente ao teor de vitamina C nas folhas avaliadas são importantes, visto que essa vitamina além de atuar como antioxidante, apresenta efeitos positivos contra o câncer, doenças cardiovasculares, cataratas, favorece a cicatrização de feridas e a modulação imune [31].

Ainda, os valores médios observados para os teores de cinzas, 9,36% para folhas batata-doce cv Rubissol e 8,79% para o cv Beauregard são superiores aos obtidos quando analisadas as raízes da planta [2, 32], e indicam abundância de elementos minerais [33].

4.2. Compostos bioativos

Considerando os teores de compostos bioativos, é possível evidenciar diferença estatística entre as variedades ($p < 0,05$), onde os valores médios das

folhas da cv Beauregard foram superiores aos valores das folhas da cv comum. Resultados semelhantes foram observados no estudo de Uchôa et al. [34], que caracterizaram a composição da batata-doce comum e biofortificada.

Os carotenoides são substâncias antioxidantes, capazes de minimizar os efeitos dos radicais livres no organismo, e alguns tipos, como o betacaroteno, também são precursores da vitamina A [35]. Jaarsveld et al. [35], em estudo no qual foi avaliada a ingestão de batata-doce de polpa alaranjada por crianças com faixa etária de 5 a 10 anos, observaram o aumento no conteúdo de vitamina A no grupo de crianças que consumiram as batatas-doces, diferentemente do grupo de crianças que não as consumiram, demonstrando ser eficaz na prevenção de doenças relacionadas às carências nutricionais e no combate aos radicais livres, uma vez que a batata-doce de polpa alaranjada é fonte de carotenoides.

Durante as análises, observou-se que o valor de carotenoides totais das folhas biofortificadas foi superior ao encontrado nas folhas da cv comum, confirmando a previsão devido à biofortificação com β caroteno, assim como foi comprovado a presença de beta caroteno na cv biofortificada no trabalho de Uchôa et al. [34]; bem como Nkongho et al. [25], ao analisarem o perfil nutricional de folhas de batata-doce, também encontraram resultados expressivos de carotenoides totais (1414,6 a 3556,9 $\mu\text{g/g}$).

Os flavonoides são compostos bioativos antioxidantes do grupo dos polifenóis encontrados na maioria das frutas e vegetais, apresentam-se como moléculas promissoras na prevenção ou redução da agressão tecidual no acidente vascular encefálico isquêmico [36]. Segundo Rodrigues e Muzinato [36], dietas ricas com flavonoides estão relacionadas com a prevenção de doenças cerebrovasculares, sendo a ação terapêutica atribuída à alta capacidade antioxidante e anti-inflamatória destes compostos. As folhas de batata-doce contêm altas concentrações de polifenóis, dentre estes flavonóides, quando comparada a outros vegetais comerciais como brócolis, couve, espinafre, alface, e é considerada um ótimo alimento funcional, capaz de trazer inúmeros benefícios à saúde humana [14].

Os teores médios de flavonóides encontrados neste trabalho são semelhantes aos resultados encontrados no trabalho de Liao et al. [37], no qual os autores obtiveram valores de 72,7 mgCE/100g para variedade TNG10 folha de cor verde e raiz de cor branca e 65,2 mgCE/100g para variedade TNG 57 folhas verdes e a raiz de cor amarela. No estudo desenvolvido por Pari [1], o valor de flavonoides totais foi

de 104,14 mgEC/100g de amostra para o extrato liofilizado de raiz batata-doce roxa. Por sua vez, Leite [32] observou em seu estudo valores de flavonoides inferiores nas raízes das variedades SCS370 Luiza 5,08 mgCE/100g, SCS371 Katiy 4,63 mgCE/100g, SCS372 Marina 1,34 mgCE/100g e Beauregard 0,75 mgCE/100g.

As antocianinas, após a clorofila, são o mais importante grupo de pigmentos de origem vegetal, responsáveis pelas cores que variam do rosa pálido ao roxo e azul profundo. Eles estão presentes numa grande variedade de tecidos de plantas, principalmente flores e frutos, mas também os órgãos de armazenagem, tais como raízes e tubérculos de armazenamento [38].

A quantidade média de antocianinas totais encontrada neste estudo para as duas variedades não foi expressiva, pois as duas variedades não dispõem de pigmentos característicos para este parâmetro, entretanto, nas folhas da cv beauregard é possível observar um valor médio superior ao da cv Rubissol, isso ocorre devido às folhas daquela cultivar apresentarem um leve arroxamento no ápice do pecíolo e na axila da folha [39]. Su et al. [40], ao caracterizarem as antocianinas presentes em amostras de raízes batata-doce, observaram conteúdo de antocianinas presente nas amostra Beauregard (polpa laranja) igual a 334 mg/Kg de matéria seca, equivalente a 33,4 mg/100g. No trabalho de Su et al. [40], também foi encontrado o valor de antocianinas mais expressivo na raiz (1310 mg/100g) do que nas folhas (3,27 mg/100g). Já os resultados de antocianinas encontrados por Antia et al. [26], em seu trabalho sobre a avaliação nutritiva e antinutritiva de folhas de batata-doce foram expressivos, encontraram 30.24 ± 0.02 mg/100 g da concentração de cianidina, que, segundo Islam [14], é uma substância que caracteriza as antocianinas presentes em batata-doce.

As substâncias antioxidantes como os compostos fenólicos, presentes na maioria dos vegetais, atuam na prevenção do estresse oxidativo, envelhecimento e doenças crônicas, sendo assim, existem indícios de que a introdução de folhas de batata-doce na dieta humana atenuaria vários efeitos causados pelo estresse oxidativo, inflamações, hipertensão e diabetes [29].

O conteúdo de compostos fenólicos totais presentes nas folhas estudadas foram de $196,04 \pm 48,19$ e $269,43 \pm 46,15$ mgEAG/100g para cv Rubissol e cv Beauregard respectivamente, resultados esses superiores aos de Liao et al. [37], 28,01 a 130 mg EAG/100g e inferiores aos resultados do trabalho de Jang e Koh [41], de 0,65 a 1,91 gEAG/100g, onde os autores compararam o conteúdo

antioxidante e a atividade antioxidante nos pecíolos e folhas de seis principais variedades de batata-doce geneticamente modificadas na Coreia do Sul. Truong et al. [42] relataram que o conteúdo fenólico total nas folhas de três cultivares de batata-doce nos Estados Unidos variaram de 1,22 a 1,30 gEAG /100g.

Percebe-se que os valores encontrados neste trabalho são semelhantes ao trabalho de Pari [1] no qual o conteúdo total de fenóis no extrato da batata-doce roxa foi de $248,89 \pm 15,34$ mgEAG/100g. Por outro lado são superiores ao valor de fenólicos totais das raízes da cv Beauregard encontrado no trabalho de Leite [32] foi de 177,40 EAG/100g. Islam e Jalaluddin [43] relataram que a maior concentração de polifenóis foi encontrada nas folhas de batata-doce, seguidas pelos pecíolos, caules e tubérculos.

Segundo José [9], os extratos de polpa da raiz batata-doce de polpa branca e amarela apresentaram diferentes teores de polifenóis, para batata-doce branca de 27,7 mg/100g e para batata-doce amarela de 55 mg/100g. O baixo teor de polifenóis no extrato de polpa branca pode estar relacionado com ausência ou presença reduzida de pigmentos.

Manach et al. [44] referem que os polifenóis são altamente solúveis em água e que quanto mais cor púrpura apresentar o vegetal, mais teores de polifenóis podem ser encontrados, o que, até certo ponto, vem ao encontro dos resultados deste trabalho, já que a folha da batata-doce laranja apresentava o pecíolo e nervuras da folha repletos de cor púrpura, ao contrário das estruturas da folha da batata-doce branca.

A principal característica da grande maioria dos compostos bioativos é a capacidade antioxidante, a qual evidencia o sequestro de radicais livres gerados por reações metabólicas. Estes compostos desempenham importante papel na prevenção de doenças como câncer, hipertensão e doenças cardíacas [45].

A atividade antioxidante é expressa em concentração do extrato (EC) para eliminação de 50% de radicais livres (DPPH) ou seja EC 50 g/g DPPH, quanto menor o valor encontrado mais expressiva será a atividade antioxidante [41]. O valor encontrado nas folhas estudadas foi menor na variedade Beauregard, ou seja, ela tem a maior atividade antioxidante do que a variedade Rubissol.

Resultados equivalentes (130 g/g DPPH) nas folhas de batata-doce foram observados nos trabalhos de Jang e Koh [41], onde observaram resultados de polifenóis e atividade antioxidante superiores nas folhas quando comparados aos

resultados de pecíolos de variedades de batata-doce.

Ainda, é importante destacar que verificou-se uma correlação positiva entre a atividade antioxidante e o resultado de compostos fenólicos presente nas folhas das cultivares, visto que quanto maior o resultado de compostos fenólicos, maior a atividade antioxidante encontrada.

Os resultados deste estudo demonstram que as folhas de batata-doce contêm alta concentração de nutrientes, principalmente de proteínas, fibras, vitamina C e β caroteno e de compostos bioativos, destacando-se os maiores teores na cv Beauregard. Considerando a composição das folhas de batata-doce, das duas variedades avaliadas nesta pesquisa, comparando a estudos que avaliaram a parte usualmente comestível deste vegetal, isto é as raízes, é possível verificar a importância nutricional desta parte usualmente descartada, bem como compostos bioativos que exibem potencial para atividades antioxidantes e propriedades antimutagênicas.

REFERÊNCIAS

- [1] Pari YNV. Avaliação das propriedades antioxidantes presentes no extrato de batata doce roxa (*Ipomoea batatas* (L.) lam). 2015. 83p. Dissertação [Mestrado] – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas. 2015.
- [2] Camargo VCS. Avaliação in vivo de retinol em produtos (farinha e bolo sem glúten) oriundos de batata-doce (*Ipomoea batatas* L) cultivar Beauregard biofortificada com carotenoides. 2018. 174f. Dissertação [Mestrado] – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências da Saúde do Centro de Ciências da Vida, Pontifícia Universidade Católica, Campinas, 2018.
- [3] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Produção Agrícola Municipal (PAM) 2018. Produção Agrícola Municipal, Rio de Janeiro; 2018, 45:1-8.
- [4] Silva JBC. Batata-doce biofortificada. 2007. http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_1/pal16.pdf; 2019 [Acesso 20 de dezembro de 2019].
- [5] Rios SA, Alves KR, Costa NMB, Martino HSD. Biofortificação: culturas enriquecidas com micronutrientes pelo melhoramento genético. Revista Ceres, Viçosa; 2009, 56(6):713-18.

- [6] Low JW, Arimond M, Osman N, Cunguara B, Zano F, Tschirley D. A food-based approach introducing orange-fleshed sweet potatoes increased vitamin A intake and serum retinol concentrations in young children in rural Mozambique. *The Journal of Nutrition*; 2007, 137(5):1320-27.
- [7] Kris-Etherton PM, Lefevre M, Beecher GR, Gross MD, Keen CL, Etherton TD. Bioactive compounds in nutrition and health-research methodologies for establishing biological function: The antioxidant and anti-inflammatory effects of flavonoids on atherosclerosis *Annual Review of Nutrition*; 2004, 24:511-38.
- [8] Shahidi E. Functional Foods: Their Role in Health Promotion and Disease Prevention. *Journal of Food Science*; 2004, 69:146-9. doi:10.1111/j.1365-2621.2004.tb10727.x
- [9] José EA. Compostos fenólicos e atividade antibacteriana em acessos de Ipomoea Batatas (L.) Lam (Batata-doce). 2012. 90p. Dissertação [Mestrado] - Programa de Pós graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre, BR-RS, 2012.
- [10] Woolfe JA. Sweet potato: an untapped food resource. Cambridge: Cambridge University Press. 1992.
- [11] Sun H, Mu T, Xi L, Zhang M, Chen J. Sweet potato (*Ipomea batatas* L.) leaves as nutritional and functional foods. *Food Chemistry*; 2014, 156:380-9. doi:10.1016/j.foodchem.2014.01.079
- [12] Talsma EF, Melse-Boonstra A, Brouwer ID. Acceptance and adoption of biofortified crops in low- and middle-income countries: A systematic review. *Nutrition Reviews*; 2017, 75(10):798–829. doi:10.1093/nutrit/nux037
- [13] Chalfant RB, Jansson RK, Seal DR, Schalk JM. Ecology and management of sweet potato insects. *Annual Review of Entomology*; 1990, 35:157-80.
- [14] Islam S. Sweetpotato (*Ipomea batatas* L) leaf its Potential Effect on Human Health and Nutrition. *Journal of Food Science*; 2006, 71(2):13-121.
- [15] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. A cultura da batata-doce. 1995. 94 p. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional Pesquisa de Hortaliças. - Brasília EMBRAPA-SPI, 1995.
- [16] Coseteng MY, Lee CY. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *Journal of Food Science*; 1987, 52:985-89.

- [17] Intisar I, Shaikh AU, Shahidu IM. Antioxidative and Antimutagenic Potentials of Phytochemicals from *Ipomoea batatas* (L.) Lam. *International Journal of Cancer Research*; 2009, 5:83-94.
- [18] Instituto Adolfo Lutz - IAL. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos Químicos e Físicos para Análises de Alimentos. 4 ed. São Paulo: IMESP, 2005.
- [19] Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*; 1999, 64(4):555-9. doi:10.1016/S0308-8146(98)00102-2
- [20] Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*; 1965, 16:144-58.
- [21] Lee J, Durst RW, Wrolstad RE. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH. *Journal of AOAC International*; 2005, 88(5):1-10.
- [22] Rufino MSM, Alves RE, Brito ES, Morais SM, Sampaio CG, Pérez-Jiménez J et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Comunicado técnico nº 127 - Embrapa Agroindústria Tropical, 2007.
- [23] Andrade DF. Estatística para as ciências agrárias e biológicas: com noções de experimentação. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2010, 470p.
- [24] Santos AMP, Lima JS, Santos IF, Silva EFR, Santana FA, Araujo DGGR. Mineral and centesimal composition evaluation of conventional and organic cultivars sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) using chemometric tools. *Food Chemistry*; 2019, 273:166-71. doi:10.1016/j.foodchem.2017.12.063
- [25] Nkongho GO, Achidi AU, Ntonifor NN, Numfor FA, Dingha BN, Jackai LEN et al. Sweet potatoes in Cameroon: Nutritional Profile of leaves and their potential new use in local foods. *African Journal of Agricultural Research*; 2014, 9(18):1371-77.
- [26] Antia BS, Akpan EJ, Okon PA, Umoren IU. Nutritive and Anti-Nutritive Evaluation of Sweet Patatoes (*Ipomoea batatas*) Leaves. *Pakistan Journal of Nutrition*; 2006, 5(2):166-8.
- [27] Silva JBC, Melo WF, Buso JA, Nutti MR, Carvalho PGB. Beaugard: cultivar testada e indicada de batata-doce: batata-doce vitaminada. Empresa Brasileira

de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças-CNPq, Brasília.
<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195007/1/digitalizar0171.pdf>; 2010 [acesso 27 de setembro de 2019].

- [28] Garcia EL. Composição dos tubérculos, extração e caracterização de amidos de diferentes cultivares de batata. 2013. 82p. Dissertação [Mestrado] - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2013.
- [29] Islam S. Nutritional and Medicinal Qualities of Sweetpotato Tops and Leaves. Cooperative Extension Service, University of Arkansas. <https://www.uaex.edu/publications/PDF/FSA-6135.pdf>; 2014 [acesso 10 de outubro de 2019].
- [30] Amagloh FK, Atuna RA, McBride R, Carey EE, Christides T. Nutrient and total polyphenol contents of dark Green leafy vegetables, and estimation of their iron bioaccessibility using the in vitro digestion/caco-2 cell model. *Foods*; 2017; 6(7):E54.
- [31] Cavalari TGF, Sanches RA. Os efeitos da Vitamina C. *Revista Saúde em Foco*; 2018; 749-765.
- [32] Leite CEC. Novas cultivares de batatas-doces (*Ipomoea batatas* L. Lam.): potencial nutricional, composição de bioativos, propriedades antioxidantes e análise digital de imagem. 2017. 200p. Dissertação [Mestrado] - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.
- [33] Almeida MMB, Lopes MFG, Sousa PHM, Nogueira CLD, Magalhães CEC. Determinação de umidade, fibras, lipídios, cinzas e sílica em plantas medicinais. *Boletim do Centro de Processamento de Alimentos*; 2003, 21(2):343-50.
- [34] Uchôa VT, Noleto DCS, Silva CRP, Costa CLS. Caracterização físico-química de batata-doce (*Ipomoea batatas*) comum e biofortificada. *Ciência Agrícola*, Rio Largo; 2015, 13(1):59-68.
- [35] Jaarsveld PJV, Faber M, Tanumihardjo SA, Nestel P, Lombard CJ, Benadé AJ. Beta-carotene-rich orange-fleshed sweet potato improves the vitamin A status of primary school children assessed with the modified-relative-dose-response test. *The American Journal of Clinical Nutrition*; 2005, 81(5):1080-87.

- [36] Rodrigues AMG, Muzitano MF. Acidente vascular encefálico: flavonoides como possível estratégia neuroprotetora. *Perspectivas online: ciências biológicas e da saúde*; 2012, 2:9-19.
- [37] Liao WC, Lai YC, Yuan MC, Hsu YL, Chan CF. Antioxidative activity of water extract of sweet potato leaves in Taiwan. *Food Chemistry*; 2011, 127(3):1224-8. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.01.131
- [38] Tanaka M, Ishiguro K, Oki T, Okuno S. Functional components in sweetpotato and their genetic improvement. *Breeding Science*; 2017, 67:52-61.
- [39] Silva JBC, Melo WF, Buso JA, Nutti MR, Carvalho PGB. Beauregard: cultivar testada e indicada de batata-doce: batata-doce vitaminada. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças-CNPq, Brasília. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195007/1/digitalizar0171.pdf>; 2010 [acesso 27 de setembro de 2019].
- [40] Su X, Griffin J, Xua J, Ouyang P, Zhaod Z, Wanga W. Identification and quantification of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato leaves. *Heliyon*; 2019, 5(6):e01964.
- [41] Jang Y, Koh E. Antioxidant content and activity in leaves and petioles of six sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) and antioxidant properties of blanched leaves. *Food Science and Biotechnology*; 2019, 28(2):337-45.
- [42] Truong VD, McFeeters RF, Thompson RT, Dean LL, Shofran B. Phenolic acid content and composition in leaves and roots of common commercial sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) varieties in the United States. *Journal of Food Science*; 2007, 72:343-349. doi: 10.1111/j.1750-3841.2007.00415.x
- [43] Islam MS, Jalaluddin M. Genotypic variation of antimutagenicity and DPPH radical scavenging activity in *Ipomoea batatas* L. genotypes. *HortScience*; 2003, 38:831.
- [44] Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jiménez L. Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*; 2004, 79(5):727-47.
- [45] Prakash A, Miller E. Antioxidant activity. Medallion Laboratories, Analytical Progress, 2001.

6 ANEXOS

6.1 Nutrition Research

Guide for Authors

Nutrition Research publishes research articles, communications, and reviews on all aspects of basic and applied nutrition. The mission of Nutrition Research is to serve as the journal for global communication of nutrition and life sciences research on diet and health. The field of nutritional sciences includes, but is not limited to, the study of nutrients during growth, reproduction, aging, and disease.

Articles covering basic and applied research on all aspects of nutritional sciences are encouraged, including: nutritional biochemistry and metabolism; metabolomics, nutrient and gene interactions; nutrient requirements in health and disease; digestion and absorption; nutritional anthropology and epidemiology; the influence of socioeconomic and cultural factors on nutrition of the individual and the community; the impact of nutrient intake on disease response, work performance and behavior; the consequences of nutritional deficiency on growth and development, endocrine and nervous systems, and immunity; food intolerance and allergy; nutrient drug interactions; nutrition and aging; nutrition and cancer; obesity; diabetes; and intervention programs.

A principal focus of the journal is to publish research that advances the understanding of nutrients and health protectants in food for improving the human condition. Of interest are manuscripts on the development of biomarkers for assessing how dietary components influence health status in the human.

The journal also encourages submission of manuscripts describing investigations in animal models and cell cultures that utilize methodologic approaches or techniques in biochemistry, immunology, molecular biology, toxicology, and physiology. Epidemiologic studies on nutrient and phytochemical intakes in human populations and novel analytical techniques for these compounds are within the scope of the mission for Nutrition Research.

Dr. Bruce A. Watkins, Editor-in-Chief (baw@purdue.edu or bawatkins@ucdavis.edu)

Angela Ranalli-Curtis, Managing Editor (alrcurtis@gmail.com)

Nutrition Research

Department of Nutrition

University of California, Davis
One Shields Avenue
3135 Meyer Hall
Davis, CA 95616-5270, USA

Submission Checklist

Ethics in publishing

Please see our information pages on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication.

Nutrition Research has a policy to follow all aspects of publication ethics and depends on the authors of submitted manuscripts to provide complete information on conflict of interests for the execution of research and data collection. The editorial office and publishers of Nutrition Research rely on the authors and their respective institutions to follow the policies to preserve scientific integrity in research and support publication ethics. For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <https://www.elsevier.com/publishingethics> and <https://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Declaration of interest

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential competing interests include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. Authors must disclose any interests in two places: 1. A summary declaration of interest statement in the title page file (if double-blind) or the manuscript file (if single-blind). If there are no interests to declare then please state this: 'Declarations of interest: none'. This summary statement will be ultimately published if the article is accepted. 2. Detailed disclosures as part of a separate Declaration of Interest form, which forms part of the journal's official records. It is important for potential interests to be declared in both places and that the information matches. More information.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture or academic thesis, see 'Multiple, redundant or concurrent publication' for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Crossref Similarity Check.

Preprints

Please note that preprints can be shared anywhere at any time, in line with Elsevier's sharing policy. Sharing your preprints e.g. on a preprint server will not count as prior publication (see 'Multiple, redundant or concurrent publication' for more information).

Use of inclusive language

Inclusive language acknowledges diversity, conveys respect to all people, is sensitive to differences, and promotes equal opportunities. Articles should make no assumptions about the beliefs or commitments of any reader, should contain nothing which might imply that one individual is superior to another on the grounds of race, sex, culture or any other characteristic, and should use inclusive language throughout. Authors should ensure that writing is free from bias, for instance by using 'he or she', 'his/her' instead of 'he' or 'his', and by making use of job titles that are free of stereotyping (e.g. 'chairperson' instead of 'chairman' and 'flight attendant' instead of 'stewardess').

Author contributions

For transparency, we encourage authors to submit an author statement file outlining their individual contributions to the paper using the relevant CRediT roles: Conceptualization; Data curation; Formal analysis; Funding acquisition; Investigation; Methodology; Project administration; Resources; Software; Supervision; Validation; Visualization; Roles/Writing - original draft; Writing - review & editing. Authorship

statements should be formatted with the names of authors first and CRediT role(s) following. More details and an example

Authorship

All authors should have made substantial contributions to all of the following: (1) the conception and design of the study, or acquisition of data, or analysis and interpretation of data, (2) drafting the article or revising it critically for important intellectual content, (3) final approval of the version to be submitted.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see more information on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases.

For gold open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (more information). Permitted third party reuse of gold open access articles is determined by the author's choice of user license.

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. More information.

Elsevier supports responsible sharing

Find out how you can share your research published in Elsevier journals. Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of

the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Open access

Please visit our Open Access page for more information.

Elsevier Researcher Academy

Researcher Academy is a free e-learning platform designed to support early and mid-career researchers throughout their research journey. The "Learn" environment at Researcher Academy offers several interactive modules, webinars, downloadable guides and resources to guide you through the process of writing for research and going through peer review. Feel free to use these free resources to improve your submission and navigate the publication process with ease.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's Author Services.

Informed consent and patient details

Studies on patients or volunteers require ethics committee approval and informed consent, which should be documented in the paper. Appropriate consents, permissions and releases must be obtained where an author wishes to include case details or other personal information or images of patients and any other individuals in an Elsevier publication. Written consents must be retained by the author but copies should not be provided to the journal. Only if specifically requested by the journal in exceptional circumstances (for example if a legal issue arises) the author must provide copies of the consents or evidence that such consents have been obtained. For more information, please review the Elsevier Policy on the Use of Images or

Personal Information of Patients or other Individuals. Unless you have written permission from the patient (or, where applicable, the next of kin), the personal details of any patient included in any part of the article and in any supplementary materials (including all illustrations and videos) must be removed before submission.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

Submit your article

Please submit your article via our online system, EVISE

Referees

Please submit the names and institutional e-mail addresses of several potential referees. For more details, visit our Support site. Note that the editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

Research articles and Reviews should generally not exceed 6000 words and Communications should not exceed 2,500.

Each manuscript submitted must provide a title page, list of abbreviations, abstract page, introduction, methods and materials, results, discussion, list of references, and appropriate presentation of data in tables and figures. In some cases, the results and discussion sections can be combined (e.g., communications).

Text must be in 12-point font (Times New Roman or Arial), double-spaced, with 1-inch margins. Consecutive line numbers must be included in the left margin, starting with the title page and ending with the reference section. Page numbers must be included in the bottom right-hand corner of each page. Text must be aligned to the left only and include 2 hard returns at the end of each paragraph, heading, and subheading.

Text should be clear and concise. Tables, figures and references must be cited in sequence in the text. Past tense should be used in reference to the work on which

the paper is based, while present tense is normally limited to existing knowledge and prevailing concepts. Previous knowledge and new contributions should be clearly differentiated.

Peer review

This journal operates a single blind review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. More information on types of peer review.

Use of word processing software

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier). Note that source files of figures, tables and text graphics will be required whether or not you embed your figures in the text. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Embedded math

If you are submitting an article prepared with Microsoft Word containing embedded math equations then please read this related support information (https://service.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/302/). Displayed formulae should be numbered consecutively throughout the manuscript as (1), (2), etc. against the right-hand margin of the page. In cases where the derivation of formulae has been abbreviated, it is of great help to the referees if the full derivation can be presented on a separate sheet not to be published.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Glossary

Please supply, as a separate list, the definitions of field-specific terms used in your article.

Abbreviations and Symbols

Use only standard abbreviations (Scientific Style and Format, The CBE Style Manual for Authors, Editors, and Publishers, 6th ed. Council of Biology, Chicago IL 1994). Abbreviations should not be used in the title or major headings. The full term for which an abbreviation stands for should precede its first use in the text.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- Title. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- Author names and affiliations. Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail

address of each author.

- Corresponding author. Is responsible for ensuring that all research protocols were approved and for ethical execution of the research. Will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date. The requirements for the corresponding author are detailed in the Author Submission Checklist which must be completed for manuscript submission.

- Present/permanent address. If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Highlights

Highlights are optional yet highly encouraged for this journal, as they increase the discoverability of your article via search engines. They consist of a short collection of bullet points that capture the novel results of your research as well as new methods that were used during the study (if any). Please have a look at the examples here: example Highlights.

Highlights should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point).

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract (limited to 250 words) should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using

American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Experimental Diets

All studies that include experimental diets must provide a table that lists the ingredients and enough detail for the nutrient content of those diets. Reference to established diets (such as AIN 93G) is appropriate when the major ingredients are listed and the premix levels are provided (actual details of each vitamin and mineral source listed is not necessary in this case). Diets that are developed with different lipid sources should provide a fatty acid compositional analysis of the lipids. In addition, studies that test a botanical or phytochemical ingredient should provide enough chemical compositional analysis as well as the amount of the active compounds

Statistical Methods

Tests of statistical analysis must be fully described. Statements about statistical significance of results must be accompanied by indications of the level of significance. This information must be included where numerical and graphic presentation of data is made in the manuscript in footnotes to tables and in the captions of figures rather than in the text only. Also in the statistical methods section of the manuscript, indicate how the data are presented. For example, means - standard deviation must be shown. Always take special care to present only the significant figures for a measurement and appropriate sample size relevant to a power analysis.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence: This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other units are mentioned, please give their equivalent in SI.

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.

- Provide captions to illustrations separately.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.
- Submit each illustration as a separate file.
- Ensure that color images are accessible to all, including those with impaired color vision.

A detailed guide on electronic artwork is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g.,

ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. Please indicate your preference for color: in print or online only. Further information on the preparation of electronic artwork.

Illustration services

Elsevier's Author Services offers Illustration Services to authors preparing to submit a manuscript but concerned about the quality of the images accompanying their article. Elsevier's expert illustrators can produce scientific, technical and medical-style images, as well as a full range of charts, tables and graphs. Image 'polishing' is also available, where our illustrators take your image(s) and improve them to a professional standard. Please visit the website to find out more.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. Supply captions separately, not attached to the figure. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

- Must be numbered consecutively with Arabic numerals.
- Start each table on its own page.
- Use minimal horizontal lines and no vertical lines.
- Must have a description so that reader can understand the table without referring to the text.

- Must have an explanation of the values and statistics used for analysis of the data and properly referenced.

- Tables must be in an editable (word) file.

* All studies that include experimental diets must provide a table that lists the ingredients and enough detail for the nutrient content of those diets. Reference to established diets (such as AIN 93G) is appropriate when the major ingredients are listed and the premix levels are provided (actual details of each vitamin and mineral source listed is not necessary in this case). Diets that are developed with different

lipid sources should provide a fatty acid compositional analysis of the lipids. In addition, studies that test a botanical or phytochemical ingredient should provide enough chemical compositional analysis as well as the amount of the active compounds.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is highly encouraged.

A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference

was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley. Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. More information on how to remove field codes from different reference management software.

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/nutrition-research>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

Reference style

Text: Indicate references by number(s) in square brackets in line with the text. The actual authors can be referred to, but the reference number(s) must always be

given.

List: Number the references (numbers in square brackets) in the list in the order in which they appear in the text.

Examples:

Reference to a journal publication:

[1] Van der Geer J, Hanraads JAJ, Lupton RA. The art of writing a scientific article. *J Sci Commun* 2010;163:51–9. <https://doi.org/10.1016/j.Sc.2010.00372>.

Reference to a journal publication with an article number:

[2] Van der Geer J, Hanraads JAJ, Lupton RA. The art of writing a scientific article. *Heliyon*. 2018;19:e00205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>

Reference to a book:

[3] Strunk Jr W, White EB. *The elements of style*. 4th ed. New York: Longman; 2000.

Reference to a chapter in an edited book:

[4] Mettam GR, Adams LB. How to prepare an electronic version of your article. In: Jones BS, Smith RZ, editors. *Introduction to the electronic age*, New York: E-Publishing Inc; 2009, p. 281–304.

Reference to a website:

[5] Cancer Research UK. Cancer statistics reports for the UK, <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/>; 2003 [accessed 13 March 2003].

Reference to a dataset:

[dataset] [6] Oguro M, Imahiro S, Saito S, Nakashizuka T. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions, Mendeley Data, v1; 2015. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Note shortened form for last page number. e.g., 51–9, and that for more than 6 authors the first 6 should be listed followed by 'et al.' For further details you are referred to 'Uniform Requirements for Manuscripts submitted to Biomedical Journals' (*J Am Med Assoc* 1997;277:927–34) (see also Samples of Formatted References).

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations.

Data visualization

Include interactive data visualizations in your publication and let your readers interact and engage more closely with your research. Follow the instructions here to find out about available data visualization options and how to include them with your article.

Supplementary material

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

Research data

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the research data page.

Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the database linking page.

For supported data repositories a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

Mendeley Data

This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. During the submission process, after uploading your manuscript, you will have the opportunity to upload your relevant datasets directly to Mendeley Data. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online.

For more information, visit the Mendeley Data for journals page.

Data in Brief

You have the option of converting any or all parts of your supplementary or additional raw data into one or multiple data articles, a new kind of article that houses and describes your data. Data articles ensure that your data is actively reviewed, curated, formatted, indexed, given a DOI and publicly available to all upon publication. You are encouraged to submit your article for Data in Brief as an additional item directly alongside the revised version of your manuscript. If your research article is accepted, your data article will automatically be transferred over to Data in Brief where it will be editorially reviewed and published in the open access data journal,

Data in Brief. Please note an open access fee of 600 USD is payable for publication in Data in Brief. Full details can be found on the Data in Brief website. Please use this template to write your Data in Brief.

Data statement

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the Data Statement page.

Submission Checklist

- Please refer to the Author Submission Checklist which needs to be completed and included when submitting your manuscript to the journal
- The checklist must be completed and signed by the Corresponding Author and uploaded as a "supporting file" during the submission process.

Document File

- Title page - page 1

Title - single, declarative statement, stating the major finding of the work.

First name, Middle initial, and Last name of each author (no titles such as MD or PhD).

The affiliations of each author noted with superscripts.

Complete contact information for corresponding author.

Running heads, word counts, and any other information other than that stated above should not be included.

- Abbreviations page - page 2

Must include 1 abbreviation with meaning per line.

Abbreviations should be listed first followed by a semicolon and then the meaning.

Abbreviations must be spelled out when used in the text for the first time.

- Abstract page - page 3

A single, double-spaced paragraph (250 word limit) that includes the

hypothesis for the study, experimental design, use of the model for the study, major results, and conclusion.

Do not include subheadings in this section.

It must follow the same format as the rest of the text (alignment, spacing, line numbering, etc.).

- List of at least 5 keywords/phrases taken from the medical subject headings of the Index Medicus (<http://www.nlm.nih.gov/mesh/>) below the abstract. The model used in the study must be included in the keywords.

- Manuscript text
- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- Main headings and subheadings must be numbered with Arabic numerals.
- Text must start on a new page and include the following main headings:

Introduction - must state the hypothesis for the research and the supporting objectives to test the hypothesis. Must also state how this study advances human nutrition.

Methods and materials - must explain the experimental design, control and treated groups; details of ingredient composition of diets should be presented in a table; all procedures and techniques must be explained and referenced; method of euthanasia for experimental animals must be stated; statistical analyses section must be complete with information on data presentation; must contain statistical tests and appropriate references; and must include an institutional statement of protocol approval for animal or human subjects (human consent is required).

Results - must thoroughly describe the data presented in tables and figures.

Discussion- should contain a specific description of the literature findings relevant to the results of the current investigation but not go beyond the data presented in the results. The limitations of the study should be included in this section.

Acknowledgment (note spelling).

- Technical or editorial assistance must be acknowledged.
- Financial (grants or gifts) and other support as deemed as appropriate for the study must be indicated.

Do not include author contributions or individual titles (i.e., Dr., PhD, etc...) in this section.

If there is a conflict of interest, that must be stated in this section.

- References

Number consecutively in the order in which they are first mentioned in the text.

In-text citations and reference list numbers must be enclosed within brackets, e.g., [1,2].

The author should make certain that there is a strict one-to-one correspondence between references cited in the text and those in the reference list.

- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)

- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print

- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes.

For any further information please visit our customer support site at <https://service.elsevier.com>.

Online proof correction

To ensure a fast publication process of the article, we kindly ask authors to provide us with their proof corrections within two days. Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of

any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author will, at no cost, receive a customized Share Link providing 50 days free access to the final published version of the article on ScienceDirect. The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's Author Services. Corresponding authors who have published their article gold open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

Physico-chemical characterization and bioactive compounds of the leaves of common sweet potato and biofortified sweet potato (Ipomea batatas L.)

Maria Elisabete Fagundes ^{a*}, Luciano Lucchetta^b, Ellen Kayumi Mariano Sawazaki^a, Carolina Panis^a, Diane Maschio de Souza^c, Thaís Dacolativo, Nicolý Loise Giasson^c, Ana Tereza Bittencourt Guimarães^c, Luciana Bill Mikito Kottwitz^c

^a Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Francisco Beltrão, Paraná, Brasil.

^b Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão, Paraná, Brasil.

^c Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Cascavel, Paraná, Brasil.

*Corresponding author. Tel: +55 46 99910-7370

Email address: beti.fagundes2015@gmail.com (M.E., Fagundes), lucianolucchetta@gmail.com (L. Lucchetta), ellen.kms@gmail.com (E.K.M. Sawazaki), carolpanis@hotmail.com (C. Panis), dianemaschio6@gmail.com (D. Maschio), tdacolativo@hotmail.com (T. Dacolativo), nicoly.giasson@hotmail.com (N.L. Giasson), anatbguimaraes@gmail.com (A.T.B. Guimarães), lukottwitz@yahoo.com.br (L. B. M. Kottwitz).

List of abbreviations

cv – Cultivation

CIP – International Potato Center (from Spanish: Centro Internacional de la Papa)

g – Grams

HIV – Human Immunodeficiency Virus

Cfa – Subtropical Climate

DIC – Completely randomized experimental design

m – Meters

mL – Milliliters

mg – Milligrams

°C – Degrees Celsius

µg – Micrograms

pH – Hydrogenionic potential

nm - Nanometer

kcal - Kilocalories

Abstract

Better known as genetic improvement, the crossing of plants of the same species, produces more nutritious cultivars, since it has the purpose of enriching one or more essential micronutrients. Biofortification is a strategy in the fight against malnutrition, and one example is the Beauregard sweet potato, which has numerous benefits to human health. Given this context, the present study aimed to compare the physical-chemical composition of bioactive compounds and the antioxidant potential present in the leaves of common and biofortified sweet potatoes (cultivar Beauregard). A randomized experimental design (DIC) was used, with two treatments (sweet potato leaves BRS Rubissol and Beauregard) and six repetitions, in a total of 12 parcels. The statistical analysis was performed applying the Mann-Whitney test, using means and standard deviation, with a significance level of 5%. The average results of the physical-chemical analysis indicated expressive percentages of proteins in the leaves of common (28.98%) and biofortified sweet potato (28.41%), as well as of total fibers, with 28.07% and 24.56 %, respectively. Regarding the concentrations of total carotenoids, flavonoids, anthocyanins, phenolic compounds, as well as antioxidant activity, higher mean levels were observed in the Beauregard cultivar and a significant difference ($p < 0.05$) between the cultivars. Considering the composition of the sweet potato leaves of the two varieties evaluated in this research, it is possible to highlight the nutritional importance and relevance in bioactive components of this part of the plant, usually discarded when compared to the roots that are commonly consumed, and also evince the possibility of its introduction into human food.

Keywords: Biofortified sweet potatoes; nutritional composition; bioactive substances; antioxidant activity; phenolic compounds; polyphenols.

1. Introduction

The sweet potato (*Ipomea batatas* L.) is a dicotyledonous plant of the *Convolvulaceae* family, native to Central and South America [1]. It is a tuberous root that is easy to cultivate, has multiple forms of use, dispenses with the use of advanced

technologies and is therefore an excellent culture for family farming, school and community kitchen gardens. In addition, it plays an important nutritional role in the menu of people with dietary restrictions and nutritional deficiencies [2].

According to data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics [3], presented in the Municipal Agricultural Production survey in 2018, an area of 53,024 hectares of sweet potatoes was planted in Brazil, where 741,203 tons of tubers were produced, of which 14 tons were harvested per hectare.

Due to the wide range of sweet potato cultivation, biofortification has been one of the alternatives for its nutritional enrichment. Biofortification is characterized by the development of natural foods that contain an amount of nutrients capable of meeting the needs of the human body when inserted into the population's diet [4].

One of the biofortified cultivars (cv) is the cv Beauregard sweet potato, which was improved by the Louisiana Agricultural Experiment Station. In 2008, it was brought to Brazil through an agreement with Peru's International Potato Center (CIP), being tested and recommended by Embrapa Hortaliças [5].

This cv has an excellent nutritional value, has antioxidant activity and is rich in bioactive compounds [6], food components that have a physiological influence and participate in cellular activities that benefit health [7]. One of the main characteristics of these compounds is the antioxidant capacity, the ability to reduce oxidative stress, present in several chronic pathologies [8].

Sweet potatoes have many edible parts, including their leaves, which are excellent sources of antioxidative polyphenols [9], including anthocyanins and phenolic acids. In addition, they have high nutritional value, being sources of B-Complex vitamins, beta-Carotene, potassium, phosphorus, calcium, magnesium, iron, manganese, copper, zinc, fibers and proteins [10]. The protein value found in the leaf (2.99g / 100g dry weight) is greater than the value found in the root (1.28-2.3g / 100g dry weight), as well as the values of micronutrients that act as antioxidants in glucose homeostasis, calcium mobilization, iron absorption, gene expression, enzymatic reactions and cardiac rhythm [11].

From a sensory point of view, biofortified cultures are well accepted by the population, both in traditional consumption and when used as ingredient in food preparation, as shown in a study conducted in some countries in Africa, where there is a rich acceptance and adoption of them by the populations of these places, including the biofortified sweet potato leaf (orange flesh). Producers and consumers,

after receiving nutritional information for that food crop, agreed to pay a higher price for bread and cakes made from sweet potato leaf flour [12]. Chelfant et al. [13], also found that sweet potato leaves and petioles have a high protein and nutritional value and can be eaten like any other leaf vegetable, in raw or cooked salads.

Therefore, the consumption of the leaves of this cultivar as a vegetable can be an important alternative in combating food scarcity. Farmers and scientists are increasingly motivated by the production of these formerly neglected plants, because they can be harvested several times during the year and they are resistant to certain climatic adversities, humidity, diseases and pests [14]. According to Islan [14], researches points that consumption of sweet potato leaves promotes health due to its nutritional and bioactive components that have several physiological functions, such as polyphenols and anthocyanins that have antioxidant activity, fighting free radicals, have anticarcinogenic, antimutagenic, antidiabetic, antihypertensive, anti-inflammatory, antimicrobial and even anti-Human Immunodeficiency Virus (HIV) effects, as well as fibers that contribute to the maintenance of the gut microbiota.

Considering the scarcity of studies regarding the composition of sweet potato leaves, the objective of the present research is to know and compare the nutritional potential present in Rubissol and Beauregard cv sweet potato leaves (*Ipomoea batatas* L.), and which bioactive compounds are present in them that can contribute positively to human health.

2. Material and methods

2.1. Raw material

The leaves of common sweet potato Rubissol cultivar were acquired in a rural area located on the Peroba Line, in the municipality of Cascavel, State of Paraná (latitude 25 ° 0334.33 "O, longitude 53 ° 5032." O).

The biofortified sweet potato leaves were acquired in a rural area located on the São João Line, in the municipality of Cascavel, State of Paraná (latitude 24 ° 5815.18"S and longitude 53 ° 1410.96"O).

The climate is considered a humid subtropical climate (Cfa), with an average annual rainfall greater than 1800mm, with no defined dry season, with the possibility of frost during the winter. Dystrophic Red Latosol soil [15].

A completely randomized design (DIC) was used, with two treatments and six replications, in a total of 12 experimental parcels. Each experimental parcel consisted

of a flower bed with dimensions of 3.0 x 3.0 m, with a spacing of 0.4 m between plants and 1.0 m between beds. From each parcel, between February and May 2019, 800 g of leaves were harvested, sanitized and frozen until processing and analysis.

2.2. Extracts preparation

To perform the analysis of phenolic compounds, anthocyanins and flavonoids, extracts were obtained using the procedure described by Coseteng and Lee [16] mentioned by Intisar [17] partially modified. Also, 10 mg of sample were homogenized with 10 ml of solvent (mixture of water and 80% ethanol, respectively) for 5 minutes in a homogenizer. The mixture was then heated to 100 °C for 5 minutes under an exhaust fan. The resultant was taken to the centrifuge for 10 minutes at 5,000 rpm. The supernatant was again homogenized with an additional 5 ml of solvent (water and 80% ethanol), returning to the boil and centrifuge for the same time and rotation. The precipitates and extracts were frozen for further analysis.

2.3. Physicochemical analysis

The centesimal evaluation of sweet potato leaves var. BRS Rubissol and the biofortified sweet potato leaves, in triplicate, were carried out according to the methodologies described in the Analytical Standards of the Adolfo Lutz Institute (IAL, 2008), through the following analyzes: moisture content in an stove, at $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$ to constant weight, total solids were calculated by the difference from moisture, ash determination by the gravimetric method for determination of residue by incineration (or fixed mineral residue, RMF) in a muffle at 550°C , titratable acidity, total proteins by the methodology Kjeldahl ($\% \text{N} \times 6.25$), lipids by direct extraction in Soxhlet, and crude fiber. Carbohydrates were estimated by calculating the difference between 100g of product and the sum of the values found for moisture, proteins, lipids, ash and crude fiber.

2.4. Determination of bioactive compounds

Total carotenoids: This analysis was performed based on method 355/IV carotenoids determination in natural products [18]. Alpha and beta carotenoids are identified by the relative position of the pigments in the column and by spectrophotometry and are expressed in $\mu\text{g} / \text{g}$ (micrograms of carotenoids per gram of extract).

Total flavonoids: The content of total flavonoids was determined according to the methodology described by Zhishen et al. [19]. The flavonoid content was determined using a standard catechin curve and the results were determined from a regression equation, expressed in milligrams of catechin equivalents per liter (mg ECA L-1).

Total phenolic compounds: The technique was performed according to Singleton and Rossi [20] where a colorimetric method was used with Folin Ciocalteu's reagent (yellow) as an indicator of phenolic compounds (blue) and expressed in mg GAE / 100g.

Anthocyanins: The methodology used to determine total anthocyanins in the extracts was pH-differential (1.0 and 4.5), according to Lee, Durst and Wrolstad [21], with readings at 520 nm and 700 nm. The final concentration of anthocyanins was expressed in mg / 100g and was calculated based on the volume of extract and weight of the sample.

2.5. Antioxidant activity

The antioxidant activity potential was determined by scavenging free radicals from a standard curve of DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) according to Rufino et al. [22] with adaptations, expressed in g of EC / g DPPH (grams of extract required to inhibit oxidation by 50%).

2.6. Data analysis

The data of the variables were compared between the leaf of the common sweet potato cv RBS Rubissol and the leaf of the biofortified potato cv Beauregard using the Mann-Whitney non-parametric test program, since the normality assumptions (Shapiro-Wilk test) and homoscedasticity (Test F) were not achieved.

Then, the matrices of these variables (phenolic compounds, flavonoids, carotenoids, anthocyanin and antioxidant activity) were standardized and analyzed using principal component analysis (PCA). In the PCA the factorial loads are defined, which are defined as the correlations of each variable with the factor composition, the factor being a new statistical variable defined by the set of factor loads. In all statistical tests, the significance level used was 0.05, being performed with the computer program R (R Core Team, 2019).

3. Results

3.1. Physical-chemical characterization

Regarding the physical-chemical characterization, expressive percentages of proteins, fibers, carbohydrates and vitamin C were observed in the leaves of the two sweet potato varieties analyzed, however only moisture ($p = 0.030$), lipids ($p = 0.030$) and carbohydrates ($p = 0.013$) showed statistically significant differences (Table 1).

Considering the average values obtained, sweet potato leaves cv RBS Rubissol presented a higher percentage of moisture ($90.19 \pm 0.55\%$), ash ($9.36 \pm 0.53\%$), acidity ($0.46 \pm 0.09\%$), lipids ($1.24 \pm 0.28\%$), fibers ($28.07 \pm 2.19\%$), proteins ($28.98 \pm 1.48\%$) and vitamin C ($13.21 \pm 5.56\%$). On the other hand, carbohydrates ($37.59 \pm 2.30\%$) and kilocalories ($271.41 \pm 6.81 \text{ kcal} / 100$) were found in higher quantities in the sweet potato leaves cv Beauregard (Table 1).

Table 1. Average results and standard deviation of the physicochemical characteristics of the sweet potato leaves cv RBS Rubissol and cv Beauregard.

Variables	cv Common leaf (Mean \pm SD)	cv Beauregard leaf (Mean \pm SD)	P value*
Umidity%	90,19 \pm 0,55	88,08 \pm 0,55	0,030*
Ashes%	9,36 \pm 0,53	8,79 \pm 0,08	0,128
Acidity%	0,46 \pm 0,09	0,34 \pm 0,00	0,061
Lipids%	1,24 \pm 0,28	0,87 \pm 0,16	0,030*
Fibers%	28,07 \pm 2,19	24,56 \pm 1,90	0,092
Proteins%	28,98 \pm 1,48	28,41 \pm 1,62	0,471
Vitamin C mg%	13,21 \pm 5,56	9,79 \pm 1,39	0,531
Carbohydrates%	32,36 \pm 2,64	37,59 \pm 2,30	0,013*
Kilocalories kcal/100	254,66 \pm 11,26	271,41 \pm 6,81	0,065

Note: * Mann-Whitney test, with a 5% significance level. SD = standard deviation.

3.2. Bioactive compounds

It was possible to verify a significant statistically difference regarding the bioactive compounds evaluated between the two sweet potato varieties ($p < 0.05$);

average values of sweet potato leaves of cv Beauregard higher than the values of common sweet potato leaves of cv RBS Rubissol (Table 2).

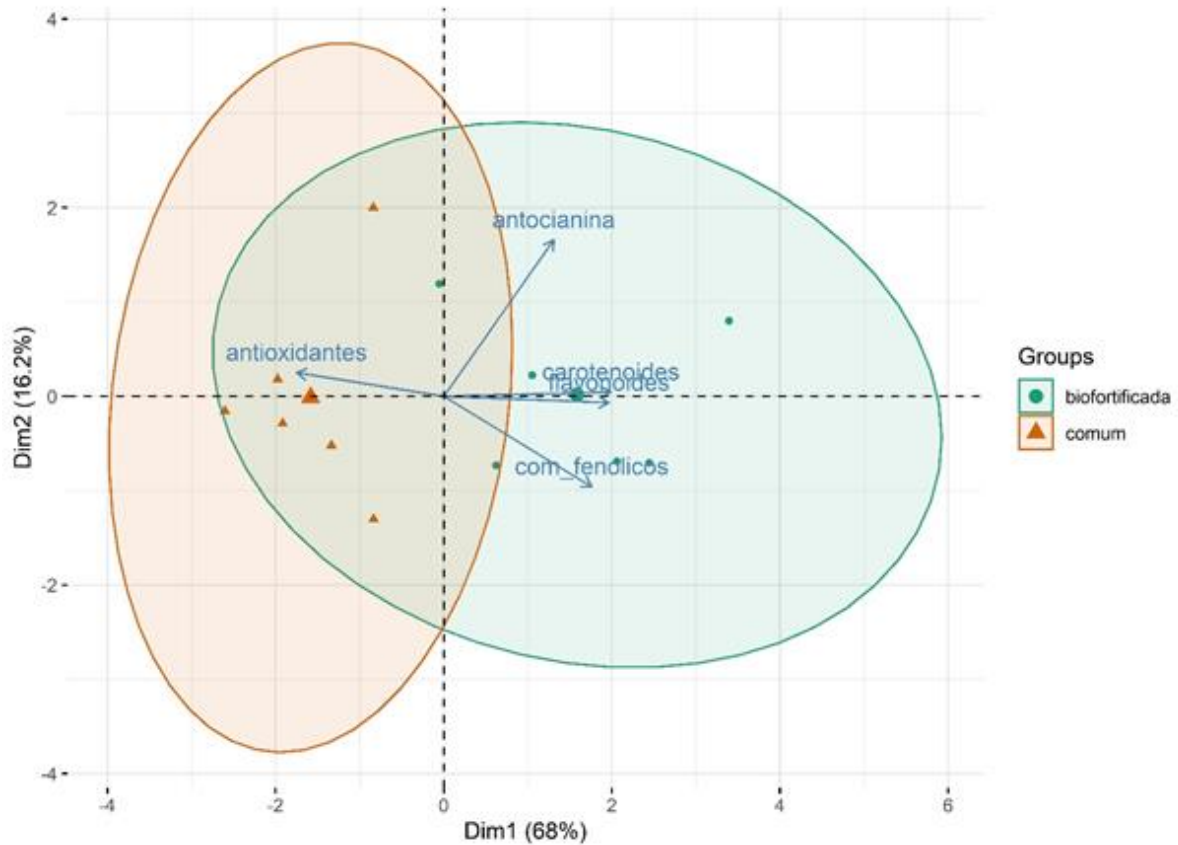
Table 2. Medians (Md) and interquartile ranges (1°Q - 3°Q) of the bioactive compounds in sweet potato leaves cv RBS Rubissol and cv Beauregard.

Variables	cv Common leaf Md [1°Q – 3°Q]	cv Beauregard leafMd [1°Q – 3°Q]	p value*
Total carotenoids µg/g	13,13 [10,88 – 16,12]	114,49 [94,64 – 128,89]	0,004
Flavonoids mgCE/100g	64,25 [62,92 – 67,40]	81,11 [70,55 – 84,52]	0,031
Anthocyanins mg/100g	0,835 [0,0 – 1,67]	7,93 [7,58 – 11,83]	0,044
Total Phenolics mgEAG/100g	183,9 [170,5 – 211,7]	279,7 [230,8 – 308,4]	0,023
Antioxidant Activity g/g DPPH	172,7 [170,4 – 219,5]	130,3 [121,1 – 141,2]	0,005

Note: * Mann-Whitney test, with a 5% significance level.

From the multivariate evaluation, the linear relationships between the variables under study were verified, with differences between the groups of common sweet potato cv RBS Rubissol and the leaf of biofortified potato cv Beauregard. The first main component was defined as the variation in the values of carotenoids, flavonoids and antioxidant activity (Eigenvalue = 3.40; Variability = 67.96%), the last variable being indirectly related to the others. This first main component can be considered as the linear sum of these variables, being a new statistical variable called "Antioxidant capacity". It is worth mentioning that the scores of this component indicate that the samples of the biofortified potato leaf have higher concentrations of carotenoids and flavonoids, which promotes the sequestration of antioxidant molecules from the environment. The second main component represents the association between phenolic compounds and anthocyanin (Eigenvalue = 0.81; Variability = 16.21%), which are inversely related to each other. This second main component summarized that in both groups of potato leaves the samples that had the highest values of phenolic compounds had the lowest concentrations of anthocyanin (Graph 1).

Graph 1. Comparison between the composition of bioactive compounds present in sweet potato leaves cv. Rubissol (common) and cv. Beauregard (biofortified).



4. Discussion

4.1. Physical-chemical characterization

The physical-chemical characterization of the leaves of the two sweet potato varieties evaluated in this research registered expressive averages for macro and micronutrients, showing the nutritional importance of this part of the plant that is often discarded, however, there were no statistically significant differences, as well as in the study by Santos et al. [24], who evaluated the mineral and centesimal composition among conventional and organic sweet potato cultivars.

When analyzing the protein content of the leaves of both varieties, they presented themselves as an excellent food source of the nutrient, being the sweet potato leaf of cv Rubissol with 28.98% and cv Beauregard with 28.41% . This result is confirmed by Nkongho et al. [25] and Antia et al. [26], who recorded averages between 15.10% to 27.10% and 24.85%, respectively. It is worth mentioning that

when evaluating the usually edible part of the potatoes, that is, the roots, the studies observed a lower average amount of proteins in comparison to the leaves, varying from 1.4 to 5.6% [2, 24].

The potato leaves evaluated can also be characterized as important sources of fiber (28.07% and 24.56%), as confirmed by Nkongho et al. [25], who discovered that the analyzed potato leaves contained 27% to 29% of it. It is worth noting that the leaves have a higher fiber content than the roots [2]. Still, the crude fiber found in the leaves corresponds to the part of the food in which the cellulose and lignin fractions are found, responsible for gastrointestinal benefits, since they stimulate peristaltic movements, increase fecal mass and reduce bad blood cholesterol; however, they do not provide energy, because they can't be metabolized by enzymes present in the human intestine [27, 28].

Regarding vitamin C, the result found of 13.21% and 9.79% for leaves of cv Rubissol and cv Beauregard, respectively, were higher than the values described in the literature [29, 30]. The results regarding the vitamin C content in the evaluated leaves are important, since this vitamin, besides acting as an antioxidant, has positive effects against cancer, cardiovascular diseases, cataracts and yet favors the healing of wounds and immune modulation [31].

Still, the average values observed for ash contents, 9.36% for sweet potato leaves cv Rubissol and 8.79% for cv Beauregard, are satisfactorily higher than those obtained when analyzing the roots of the plant [2, 32], and indicate abundance of mineral elements [33].

4.2. Bioactive compounds

Considering the contents of bioactive compounds, it is possible to evidence a statistical difference between the varieties ($p < 0.05$), where the average values of the leaves of the Beauregard cv were higher than the values of the common cv leaves. Similar results were observed in the study by Uchôa et al. [34], which characterized the composition of common and biofortified sweet potatoes.

Carotenoids are antioxidant substances, capable of minimizing the effects of free radicals in the body, and some types of carotenoids, such as beta-carotene, are also precursors of vitamin A [35]. Jaarsveld et al. [35], in a study evaluating the intake of orange-fleshed sweet potatoes by children aged 5 to 10 years, observed an increase in vitamin A content in the group of children who consumed sweet potatoes,

differently from the group of children who did not consume them, demonstrating to be effective in preventing diseases related to nutritional deficiencies and in combating free radicals, since the orange-fleshed sweet potato is a source of carotenoids.

During the analyzes, it was observed that the value of total carotenoids in the biofortified leaves was higher than that found in the leaves of the common cv, confirming the prediction due to the biofortification with beta-carotene, as well as the presence of beta-carotene in the biofortified cv was confirmed in the work of Uchôa et al. [34]; as well as Nkongho et al. [25], when analyzing the nutritional profile of sweet potato leaves, also found expressive results of total carotenoids (1414.6 to 3556.9 $\mu\text{g} / \text{g}$).

When analyzing the total carotenoid content of sweet potato roots, Leite [32], when quantifying the bioactive compounds and the antioxidant potential of roots of new sweet potato cultivars, observed the result of 40.85 $\mu\text{g} / \text{g}$; whereas Camargo [2], when evaluating the biofortified sweet potato flesh, obtained the result of 77.43 $\mu\text{g} / \text{g}$, highlighting that both findings are inferior to that observed in the present study.

Flavonoids are bioactive antioxidant compounds from the group of polyphenols found in most fruits and vegetables. They are promising molecules in the prevention or reduction of tissue aggression in ischemic stroke [36]. According to Rodrigues and Muzinato [36], diets rich in flavonoids are related to the prevention of vascular brain diseases, with the therapeutic action attributed to the high antioxidant and anti-inflammatory capacity of these compounds. Sweet potato leaves contain high concentrations of polyphenols, among these flavonoids, when compared to other commercial vegetables such as broccoli, kale, spinach and lettuce, and are considered a great functional food, capable of bringing numerous benefits to human health [14] .

The average levels of flavonoids found in this work are similar to the results found in the work of Liao et al. [37], in which the authors obtained values of 72.7 mgCE / 100g for variety TNG10 green leaf and white root and 65.2 mgCE / 100g for variety TNG 57 green leaves and yellow root. In the study developed by Pari [1], the value of total flavonoids was 104.14 mgEC / 100g of sample for the lyophilized extract of purple sweet potato root. In turn, Leite [32] observed in his study lower flavonoid values in the roots of the varieties SCS370 Luiza 5.08 mgCE / 100g, SCS371 Katij 4.63 mgCE / 100g, SCS372 Marina 1.34 mgCE / 100g and Beauregard 0, 75 mgCE / 100g.

Anthocyanins, after chlorophyll, are the most important group of pigments of plant origin, responsible for colors ranging from pale pink to purple and deep blue. They are present in a wide variety of plant tissues, mainly flowers and fruits, but also storage organs, such as roots and storage tubers [38].

The average amount of total anthocyanins found in this study for the two varieties was not significant, as the two varieties do not have characteristic pigments for this parameter, however, in the leaves of the Beauregard cv it is possible to observe an average value higher than that of the cv Rubissol, this occurs due to the leaves of that cultivar showing a slight purplish at the apex of the petiole and in the leaf axilla [39]. Su et al. [40], when characterizing the anthocyanins present in samples of sweet potato roots, observed anthocyanin content present in the Beauregard samples (orange flesh) equal to 334 mg / kg of dry matter, equivalent to 33.4 mg / 100g. In the study of Su et al. [40], more expressive value of the anthocyanins was found in the root (1310 mg / 100g) than in the leaves (3.27 mg / 100g). The results of anthocyanins found by Antia et al. [26], in their work on the nutritional and anti nutritive evaluation of sweet potato leaves, were expressive, found 30.24 ± 0.02 mg / 100 g of cyanidin concentration, which, according to Islam [14], is a substance that characterizes anthocyanins present in sweet potatoes.

Antioxidant substances such as phenolic compounds, present in most vegetables, act in the prevention of oxidative stress and aging and chronic diseases, therefore, there are indications that the introduction of sweet potato leaves in the human diet would mitigate several effects caused by stress oxidative, inflammation, hypertension and diabetes [29].

The content of total phenolic compounds present in the studied leaves was 196.04 ± 48.19 and 269.43 ± 46.15 mgEAG / 100g for cv Rubissol and cv Beauregard, respectively. These results were superior to those of Liao et al. [37], 28.01 to 130 mg EAG / 100g and lower than the results of Jang and Koh's work [41], from 0.65 to 1.91 gEAG / 100g, where the authors compared the antioxidant content and the antioxidant activity on the petioles and leaves of six of the main genetically modified sweet potato varieties in South Korea. Truong et al. [42], reported that the total phenolic content in the leaves of three sweet potato cultivars in the United States ranged from 1.22 to 1.30 gEAG / 100g.

It is noticed that the values found in this work are similar to the work of Pari [1] where the total phenol content in the purple sweet potato extract was 248.89 ± 15.34

mgEAG / 100g. On the other hand, they are higher than the value of total phenolics of the roots of cv Beauregard found in Leite's work [32] of 17.40 EAG / 100g. Islam and Jalaluddin [43] reported that the highest concentration of polyphenols was found in sweet potato leaves, followed by petioles, stems and tubers.

According to José [9], the flesh extracts of the sweet potato root of white and yellow flesh showed different levels of polyphenols, 27.7 mg / 100g for white sweet potatoes and 55 mg / 100g for yellow sweet potatoes. The low content of polyphenols in the white access flesh extract may be related to the absence or reduced presence of pigments.

Manach et al. [44] report that polyphenols are highly soluble in water and that the more purple the plant has, the more polyphenol content can be found, which, to a certain extent, meets the results of this work, since the leaf of the yellow sweet potato had a petiole and leaf veins full of purple, unlike the structures of the white sweet potato leaf.

The main characteristic of the vast majority of bioactive compounds is the antioxidant capacity, which shows the free radicals sequestration generated by metabolic reactions. These compounds play an important role in preventing diseases such as cancer, hypertension and heart disease [45].

The antioxidant activity is expressed in extract concentration (EC) to eliminate 50% of free radicals (DPPH), ie EC 50 g / g DPPH, the lower the value found, the more expressive the antioxidant activity will be [41]. The value found in the studied leaves was lower in the Beauregard variety, meaning that it has greater antioxidant activity than the Rubissol variety.

Equivalent results (130 g / g DPPH) in sweet potato leaves were observed in the works of Jang and Koh [41], where they observed results of polyphenols and superior antioxidant activity in leaves when compared to the results of petioles of sweet potato varieties.

Nevertheless, it is important to highlight that there was a positive correlation between the antioxidant activity and the result of phenolic compounds present in the leaves of the cultivars, since the higher the result of phenolic compounds, the greater the antioxidant activity found.

The results of this study shows that sweet potato leaves contain a significant concentration of nutrients, mainly proteins, fibers, vitamin C, beta-carotene and bioactive compounds, with the highest levels in cv Beauregard standing out.

Considering the composition of the sweet potato leaves, of the two varieties evaluated in this research, comparing to studies that evaluated the usually edible part of this vegetable, which are the roots, it is possible to verify the nutritional importance as well as bioactive compounds that exhibit potential for antioxidant activities and antimutagenic properties of this usually discarded part.

References

- [1] Pari YNV. Avaliação das propriedades antioxidantes presentes no extrato de batata doce roxa (*Ipomoea batatas* (L.) lam). 2015. 83p. Dissertação [Mestrado] – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas. 2015.
- [2] Camargo VCS. Avaliação in vivo de retinol em produtos (farinha e bolo sem glúten) oriundos de batata-doce (*Ipomoea batatas* L) cultivar Beauregard biofortificada com carotenóides. 2018. 174f. Dissertação [Mestrado] – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências da Saúde do Centro de Ciências da Vida, Pontifícia Universidade Católica, Campinas, 2018.
- [3] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Produção Agrícola Municipal (PAM) 2018. Produção Agrícola Municipal, Rio de Janeiro; 2018, 45:1-8.
- [4] Silva JBC. Batata-doce biofortificada. 2007. http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_1/pal16.pdf; 2019 [Acesso 20 de dezembro de 2019].
- [5] Rios SA, Alves KR, Costa NMB, Martino HSD. Biofortificação: culturas enriquecidas com micronutrientes pelo melhoramento genético. Revista Ceres, Viçosa; 2009, 56(6):713-18.
- [6] Low JW, Arimond M, Osman N, Cunguara B, Zano F, Tschirley D. A food-based approach introducing orange-fleshed sweetpotato increased vitamin A intake and serum retinol concentrations in young children in rural Mozambique. The Journal Of Nutrition; 2007, 137(5):1320-27.
- [7] Kris-Etherton PM, Lefevre M, Beecher GR, Gross MD, Keen CL, Etherton TD. Bioactive compounds in nutrition and health-research methodologies for establishing biological function: The antioxidant and anti-inflammatory effects of flavonoids on atherosclerosis Annual Review of Nutrition; 2004, 24:511-38.
- [8] Shahidi E. Functional Foods: Their Role in Health Promotion and Disease Prevention. Journal of Food Science; 2004, 69:146-9. doi:10.1111/j.1365-

2621.2004.tb10727.x

- [9] José EA. Compostos fenólicos e atividade antibacteriana em acessos de Ipomoea Batatas (L.) Lam (Batata-doce). 2012. 90p. Dissertação [Mestrado] - Programa de Pós graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre, BR-RS, 2012.
- [10] Woolfe JA. Sweet potato: an untapped food resource. Cambridge: Cambridge University Press. 1992.
- [11] Sun H, Mu T, Xi L, Zhang M, Chen J. Sweet potato (*Ipomea batatas* L.) leaves as nutritional and functional foods. *Food Chemistry*; 2014, 156:380-9. doi:10.1016/j.foodchem.2014.01.079
- [12] Talsma EF, Melse-Boonstra A, Brouwer ID. Acceptance and adoption of biofortified crops in low- and middle-income countries: A systematic review. *Nutrition Reviews*; 2017, 75(10):798–829. doi:10.1093/nutrit/nux037
- [13] Chalfant RB, Jansson RK, Seal DR, Schalk JM. Ecology and management of sweet potato insects. *Annual Review of Entomology*; 1990, 35:157-80.
- [14] Islam S. Sweet Potato (*Ipomea batatas* L) leaf its Potential Effect on Human Health and Nutrition. *Journal Of Food Science*; 2006, 71(2):13-121.
- [15] Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. A cultura da batata-doce. 1995. 94 p. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional Pesquisa de Hortaliças. - Brasília EMBRAPA-SPI, 1995.
- [16] Coseteng MY, Lee CY. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *Journal of Food Science*; 1987, 52:985-89.
- [17] Intisar I, Shaikh AU, Shahidu IM. Antioxidative and Antimutagenic Potentials of Phytochemicals from *Ipomoea batatas* (L.) Lam. *International Journal of Cancer Research*; 2009, 5:83-94.
- [18] Instituto Adolfo Lutz - IAL. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos Químicos e Físicos para Análises de Alimentos. 4 ed. São Paulo: IMESP, 2005.
- [19] Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*; 1999, 64(4):555-9. doi:10.1016/S0308-8146(98)00102-2
- [20] Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-

phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture; 1965, 16:144-58.

[21] Lee J, Durst RW, Wrolstad RE. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH. Journal of AOAC International; 2005, 88(5):1-10.

[22] Rufino MSM, Alves RE, Brito ES, Morais SM, Sampaio CG, Pérez-Jiménez J et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Comunicado técnico nº 127 - Embrapa Agroindústria Tropical, 2007.

[23] Andrade DF. Estatística para as ciências agrárias e biológicas: com noções de experimentação. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2010, 470p.

[24] Santos AMP, Lima JS, Santos IF, Silva EFR, Santana FA, Araujo a DGGR. Mineral and centesimal composition evaluation of conventional and organic cultivars sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) using chemometric tools. Food Chemistry; 2019, 273:166-71. doi:10.1016/j.foodchem.2017.12.063

[25] Nkongho GO, Achidi AU, Ntonifor NN, Numfor FA, Dingha BN, Jackai LEN et al. Sweet potatoes in Cameroon: Nutritional Profile of leaves and their potential new use in local foods. African Journal of Agricultural Research; 2014, 9(18):1371-77.

[26] Antia BS, Akpan EJ, Okon PA, Umoren IU. Nutritive and Anti-Nutritive Evaluation of Sweet Potatoes (*Ipomoea batatas*) Leaves. Pakistan Journal of Nutrition; 2006, 5(2):166-8.

[27] Silva JBC, Melo WF, Buso JA, Nutti MR, Carvalho PGB. Beauregard: cultivar testada e indicada de batata-doce: batata-doce vitaminada. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças-CNPH, Brasília.
<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195007/1/digitalizar0171.pdf>; 2010 [acesso 27 de setembro de 2019].

[28] Garcia EL. Composição dos tubérculos, extração e caracterização de amidos de diferentes cultivares de batata. 2013. 82p. Dissertação [Mestrado] - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2013.

[29] Islam S. Nutritional and Medicinal Qualities of Sweetpotato Tops and Leaves. Cooperative Extension Service, University of Arkansas. <https://www.uaex.edu/publications/PDF/FSA-6135.pdf>; 2014 [acesso 10 de outubro de 2019].

- [30] Amagloh FK, Atuna RA, McBride R, Carey EE, Christides T. Nutrient and total polyphenol contents of dark Green leafy vegetables, and estimation of their iron bioaccessibility using the in vitro digestion/caco-2 cell model. *Foods*; 2017; 6(7):E54.
- [31] Cavalari TGF, Sanches RA. Os efeitos da Vitamina C. *Revista Saúde em Foco*; 2018; 749-765.
- [32] Leite CEC. Novas cultivares de batatas-doces (*Ipomoea batatas* L. Lam.): potencial nutricional, composição de bioativos, propriedades antioxidantes e análise digital de imagem. 2017. 200p. Dissertação [Mestrado] - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.
- [33] Almeida MMB, Lopes MFG, Sousa PHM, Nogueira CLD, Magalhães CEC. Determinação de umidade, fibras, lipídios, cinzas e sílica em plantas medicinais. *Boletim do Centro de Processamento de Alimentos*; 2003, 21(2):343-50.
- [34] Uchôa VT, Noletto DCS, Silva CRP, Costa CLS. Caracterização físico-química de batata-doce (*Ipomoea batatas*) comum e biofortificada. *Ciência Agrícola*, Rio Largo; 2015, 13(1):59-68.
- [35] Jaarsveld PJV, Faber M, Tanumihardjo SA, Nestel P, Lombard CJ, Benadé AJ. Beta-carotene-rich orange-fleshed sweet potato improves the vitamin A status of primary school children assessed with the modified-relative-dose-response test. *The American Journal of Clinical Nutrition*; 2005, 81(5):1080-87.
- [36] Rodrigues AMG, Muzitano MF. Acidente vascular encefálico: flavonoides como possível estratégia neuroprotetora. *Perspectivas online: ciências biológicas e da saúde*; 2012, 2:9-19.
- [37] Liao WC, Lai YC, Yuan MC, Hsu YL, Chan CF. Antioxidative activity of water extract of sweet potato leaves in Taiwan. *Food Chemistry*; 2011, 127(3):1224-8. doi: 10.1016/j.foodchem.2011.01.131
- [38] Tanaka M, Ishiguro K, Oki T, Okuno S. Functional components in sweetpotato and their genetic improvement. *Breeding Science*; 2017, 67:52-61.
- [39] Silva JBC, Melo WF, Buso JA, Nutti MR, Carvalho PGB. Beauregard: cultivar testada e indicada de batata-doce: batata-doce vitaminada. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças-CNPH, Brasília.
<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195007/1/digitalizar0171.pdf>; 2010 [acesso 27 de setembro de 2019].

- [40] Su X, Griffinb J, Xua J, Ouyangc P, Zhaod Z, Wanga W. Identification and quantification of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato leaves. *Heliyon*; 2019, 5(6):e01964.
- [41] Jang Y, Koh E. Antioxidant content and activity in leaves and petioles of six sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) and antioxidant properties of blanched leaves. *Food Science and Biotechnology*; 2019, 28(2):337-45.
- [42] Truong VD, McFeeters RF, Thompson RT, Dean LL, Shofran B. Phenolic acid content and composition in leaves and roots of common commercial sweet potato (*Ipomea batatas* L.) varieties in the United States. *Journal of Food Science*; 2007, 72:343-349. doi: 10.1111/j.1750-3841.2007.00415.x
- [43] Islam MS, Jalaluddin M. Genotypic variation of antimutagenicity and DPPH radical scavenging activity in *Ipomoea batatas* L. genotypes. *HortScience*; 2003, 38:831.
- [44] Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jiménez L. Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*; 2004, 79(5):727-47.
- [45] Prakash A, Miller E. Antioxidant activity. Medallion Laboratories, Analytical Progress, 2001.