FAG Journal of Health

journal homepage: <https://fjh.fag.edu.br>

Effect of drying and extraction methods on the antioxidant activity of beet

Efeito dos métodos de secagem e extração sobre a atividade antioxidante da beterraba

Bárbara Miranda Kopp¹, Juliana Aparecida Mirante da Silva², Ortência L. G. da Silva Nunes³, Frederico Lovato⁴, Jussara Kowaleski⁴, Ricardo Fiori Zara^{1,3}, Solange Maria Cottica^{1,3*}

¹COPEQ, ²COEBB, PPGQB³, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Toledo, PR - Brasil.

⁴Fundação para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Cascavel, PR - Brasil.

Original article

ARTICLE INFO

Article history:

Received 29 September 2020

Revised 1 November 2020

Accepted 21 November 2020

Available online 18 December 2020

Blind reviews

Keywords:

Bioactive Compounds

Ultrasound

Reflux

Freeze-Drying

Heat Drying

ABSTRACT

The beet is a purplish red tuberous root due to the presence of betalains, which are great antioxidants. The aim of this work was to evaluate drying methods (freeze and oven drying) and extraction methods (reflux and ultrasound) regarding to the beet bioactivity. DPPH and ABTS methods were used to determine antioxidant activity and the content of flavonoids and total phenolic compounds to determine bioactive compounds. In addition, the content of beet minerals, moisture, ashes, proteins, lipids and fibers were also determined. Extraction performed with the aid of ultrasound resulted in better values of antioxidant activity and bioactive compounds. The same behavior was observed for freeze-dried samples.

RESUMO

A beterraba é uma raiz tuberosa de cor vermelho-arroxeadada em virtude da presença de betalainas, as quais são ótimos antioxidantes. O objetivo do trabalho foi avaliar os métodos de secagem (liofilização e secagem em forno) e de extração (refluxo e ultrassom) sobre a bioatividade da beterraba. Utilizaram-se os métodos DPPH e ABTS para determinar a atividade antioxidante e o teor de flavonoides e compostos fenólicos totais para determinar os compostos bioativos. Além disso, o teor de minerais, umidade, cinzas, proteínas, lipídios e fibras da beterraba também foram determinados. A extração realizada com auxílio de ultrassom resultou em melhores valores de atividade antioxidante e compostos bioativos. O mesmo comportamento foi observado para as amostras secas em liofilizador.

* Corresponding author at:

smcottica@utfpr.edu.br

<https://orcid.org/0000-0003-3183-2531>

1. Introdução

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é uma olerícola pertencente à família *Chenopodiaceae* (FILGUEIRA, 2008), originária de regiões europeias e do Norte da África, de clima temperado. No Brasil, ela é cultivada principalmente nas regiões Sul e Sudeste (TIVELLI e TRANI, 2008).

De acordo com as informações apresentadas na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (2011), a beterraba crua possui em média, 11,1% de carboidrato, seu maior constituinte, 1,9% de proteína, 0,1% de lipídeos, 3,4% de fibra alimentar, 0,9% de cinzas e um teor de umidade de 86%. Em termos de minerais, os mais expressivos são o potássio (375 mg), o magnésio (24 mg), o fósforo (19 mg) e o cálcio (18 mg).

A coloração vermelho-intensa da beterraba é devido à presença de pigmentos betalaínas que são compostos hidrossolúveis semelhantes às antocianinas e flavonoides (VITTI et al, 2003). De acordo com Fenema (1995), as betalaínas são divididas em betacianina (responsável pela coloração avermelhada) e betaxantina (responsável pela coloração amarelada). As betalaínas além de serem empregadas como corante natural em alimentos (DRUNKLER et al, 2006), possuem elevada atividade antioxidante avaliada por meio da capacidade anticadicalar (ZABOTTI e GENENA, 2013; VITTI et al, 2003). Essa capacidade antioxidante tem sido associada à presença de compostos fenólicos que permitem benefícios para a saúde na prevenção de doenças degenerativas e câncer (YANG et al, 2001; RICE-EVANS et al, 1996).

Os métodos de extração de compostos antioxidantes podem variar em termos de solventes, agitação e temperatura. Dentre os métodos mais empregados, destacam-se os convencionais como maceração, percolação e extração pelo Soxhlet e os não convencionais: ultrassom, extração com fluido supercrítico e extração com líquido pressurizado (MELECCHI, 2005). O método de extração assistida por ultrassom consiste na aplicação de ondas mecânicas em uma frequência acima do limiar da audição humana. Esse método tem como vantagem o menor tempo de processo, consumo baixo de solvente e a alta reprodutibilidade dos ensaios (CHEMAT et al, 2011).

Assim como o método de extração, o método de secagem também pode resultar em diferenças na atividade antioxidante de alimentos (ELIAS, 2009). O processo de secagem quando envolve temperaturas altas por um longo período, causa alterações na composição dos alimentos, perda de nutrientes e modificações na sua estrutura e cor. Porém, esse tratamento térmico pode causar a decomposição térmica de polifenóis que depende da matriz do alimento e das condições de processo. Portanto, esse processo pode aumentar ou eliminar a atividade antioxidante dos vegetais dependendo da natureza ou do substrato (MRKIC et al., 2006). Por outro lado, a liofilização é uma técnica de desidratação em que uma solução aquosa é congelada e em seguida seca por sublimação sob vácuo. É um processo que pelas condições de baixa pressão e temperatura preserva a qualidade nutricional do alimento. Assim, as proteínas, os lipídeos e as vitaminas ficam protegidos das reações enzimáticas e oxidativas (BORCHANI et al, 2011).

Dessa forma, o presente trabalho visa avaliar a influência do método de secagem e do método de extração sobre as propriedades antioxidantes da beterraba.

2. Metodologia

2.1. Coleta e Secagem das Amostras

As beterrabas foram obtidas em agosto de 2019 em um comércio local de Cascavel, PR. As amostras foram lavadas em água corrente e fatiadas em um ralador.

Inicialmente foram feitos ensaios preliminares para definir os parâmetros tempo e temperatura de secagem em estufa com circulação e ar (TECNAL – TE-394) para se atingir umidade abaixo de 15%, valor de referência estabelecido pela legislação para farinha de trigo (Brasil, 2005). Assim, fatias de beterraba *in natura* foram colocadas diretamente nas grades de alumínio perfuradas em círculos de 3 cm de diâmetro, na estufa com circulação de ar.

Para os ensaios de secagem das amostras de beterraba *in natura*, 2 Kg de amostra foram submetidos à secagem em liofilizador (Liobras, Liotop L101) e 3 Kg foram submetidos à secagem em estufa com circulação de ar, por 6 horas, à temperatura de 60 ± 2 °C, conforme Ferreira (2010), com modificações.

Após o ensaio de secagem, as amostras foram embaladas a vácuo e congeladas a -20 °C até o momento da sua utilização.

2.2. Extração de Antioxidantes

Os compostos antioxidantes das amostras secas foram extraídos por dois métodos: ultrassom (Desruptor de célula – marca Ultronique) em água, por 10 minutos, com uma potência de 100 W, e por refluxo em água, durante 3 horas. As extrações foram feitas em triplicata. Em ambos os métodos foram utilizados 15 g de amostra para 150 mL de água. Após a extração, as amostras foram filtradas, liofilizadas (Liobras, Liotop L101), armazenadas sob vácuo e congeladas a -20 °C até o momento da sua utilização.

2.3. Composição centesimal

A composição centesimal da beterraba *in natura* foi determinada, em triplicata, de acordo com os Métodos físico-químicos para análise de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008), para as metodologias de umidade (0,12/IV), cinzas (018/IV), proteínas (037/IV), utilizando o fator de conversão 5,75 para proteínas vegetais, lipídios (032/IV) e fibra bruta (044/IV). E o teor de carboidrato foi obtido por diferença.

2.4. Determinação de minerais

Os minerais foram avaliados em equipamento de espectrometria por emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES), modelo ICAP-3600-DUO, da marca Thermo Scientific. O método de digestão foi efetuado por aquecimento em chapa aquecedora com ácido nítrico e peróxido de hidrogênio conforme disposto por Jiménez-Aguilar e Grusak (2015).

2.5. Atividade antioxidante pela captura do radical ABTS

Preparou-se uma solução estoque de ABTS 7 mol L⁻¹ e outra de persulfato de potássio 140 mM. Na sequência, preparou-se o radical ABTS, utilizando 5 mL da solução estoque de ABTS misturado com 88 mL da solução de persulfato de potássio. Após 16 h no escuro, foi diluído 1 mL dessa mistura chamada de radical ABTS em álcool etílico e obteve uma absorbância de $0,70 \text{ nm} \pm 0,05 \text{ nm}$ a 734 nm. Por último, foi preparada a solução padrão de Trolox 2 µ mol L⁻¹. A curva padrão do Trolox foi determinada utilizando as concentrações 100 µ mol L⁻¹, 500 µ mol L⁻¹, 1.000 µ mol L⁻¹, 1.500 µ mol L⁻¹ e 2.000 µ mol L⁻¹. A determinação da atividade

antioxidante total dos pontos da curva e dos extratos das amostras foi feita em triplicata, segundo Rufino et al, (2007), transferindo-se uma alíquota de 30 µL da amostra para tubos de ensaio contendo 3 mL do radical ABTS e fazendo a leitura em um comprimento de onda de 734 nm após 6 minutos de reação em espectrofotômetro (BOROSKI et al, 2015).

2.6. Capacidade de captura do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH)

Todos os testes para determinar a capacidade de capturar os radicais livres foram feitos em triplicata e para isso utilizou-se o DPPH, com modificações. No início, utilizou-se 50 µL de soluções aquosas dos extratos (2,5 mg mL⁻¹), adicionou-se 3 mL de solução metanólica de DPPH (0,06 mmol L⁻¹), feita no escuro e mantida por 30 minutos a temperatura ambiente. Utilizou água destilada como branco para medir a absorbância no espectrofotômetro a 517 nm em espectrofotômetro (BOROSKI et al, 2015).

2.7. Compostos fenólicos totais (TPC)

O TPC foi determinado pela metodologia criada por Singleton e Rossi (1965), onde utiliza-se reagentes Folin-Ciocalteu, porém com algumas mudanças. Adicionou-se em tubos de ensaio 250 µL de soluções aquosas preparadas anteriormente com extrato na concentração de 2,5 mg mL⁻¹ contidos com 250 µL do reagente de Folin-Ciocalteu, diluído em água destilada em uma proporção de 1:1, colocou-se também 500 µL de uma solução saturada de carbonato de sódio (Na₂CO₃) e 4 mL de água destilada. As soluções foram incubadas no escuro por 25 minutos, centrifugadas por 10 minutos a 3.000 rpm e para medir a absorbância no espectrofotômetro UV-VIS, utilizou-se uma medida de 725 nm contra o branco. Todas as análises foram realizadas em triplicata. Utilizou-se ácido gálico para realizar a curva de calibração.

2.8. Teor de flavonoides (FLA)

O FLA (teor de flavonoides) foi determinado pelo método escrito por Woiski e Salatino (1998), porém, com modificações. Inicialmente, foram preparadas soluções aquosas de extratos (2,5 mg mL⁻¹), 500 µL dessa solução foi colocada em tubos de ensaio, logo em seguida, adicionou-se 250 µL de AlCl₃ 5% (m/v em metanol) e 4,25 mL de metanol, após 30 minutos mediu-se a absorbância em um espectrofotômetro UV-VIS a 425 nm, medida em temperatura ambiente. Todas as análises foram feitas em triplicata. E utilizou-se quercetina para a realizar a curva de calibração.

2.9. Análise estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em média ± desvio padrão. Os resultados contendo duas médias foram submetidos ao teste T (5% de probabilidade), e os resultados com três ou mais médias foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguida de comparação das médias pelo teste de Tukey (5% de probabilidade) realizada pelo RStudy.

3. Resultados e Discussão

Os valores da composição química e nutricional da matéria-prima, beterraba *in natura* (*Beta vulgaris*, L.), são apresentados na Figura 1.

A beterraba *in natura* possui um elevado teor de umidade e dentre os demais constituintes da composição centesimal, o teor de carboidratos obtido por diferença foi o

que teve maior destaque, 5,10%. De um modo geral, os teores dos nutrientes estão em concordância com os encontrados por Bovi et al (2019) e Crocetti et al, (2016). As pequenas variações observadas nas porcentagens dos nutrientes apresentadas neste trabalho quando comparada com os demais autores, decorrem das condições edafoclimáticas e de adubação que, por ventura, cada matéria-prima recebeu durante o plantio.

Figura 1. Composição centesimal da amostra de beterraba *in natura* (g 100g⁻¹).

(Fonte: Autoria própria)

A beterraba seca em liofilizador apresentou teor de umidade de 3,85%, coloração vermelho-escuro característica e aspecto de pó. Deve-se salientar que a liofilização é um processo que preserva a qualidade nutricional do alimento pelo fato de utilizar condições de baixa pressão e temperatura (BORCHANI et al, 2011). As amostras secas diretamente em estufa a 60 °C por 6 horas, apresentaram teor de umidade de 9,26% (Figura 2), abaixo de 15 % que é o padrão preconizado pela legislação para farinha de trigo (BRASIL, 2005). Nesse processo de secagem, o inconveniente foi o aspecto quebradiço apresentado pelas amostras fatiadas.

A Figura 2 mostra que, inicialmente, a secagem foi realizada a 60 °C por 4h, conforme estabelecido por Ferreira (2010). Porém, nesse binômio tempo/temperatura o teor de umidade ficou elevado, 35,59%. Nesse sentido, a secagem em estufa teve que continuar para atingir valores seguros para manter a qualidade da amostra, sem correr o risco de degradação dos nutrientes.

Figura 2. Redução do teor de umidade da beterraba seca em estufa com circulação de ar a 60°C.

(Fonte: Autoria própria)

Na Tabela 1 encontram-se os valores dos minerais da amostra *in natura*, seca em estufa com circulação de ar a 60 °C

por 6 h e também para a amostra liofilizada. Os valores obtidos pela amostra de beterraba *in natura* são um pouco superiores aos encontrados por Oliveira et al (2013) que obtiveram os valores de 109 mg 100g⁻¹ para cálcio, 177 mg 100g⁻¹ para fósforo, 189 mg 100g⁻¹ para magnésio, 99 mg 100g⁻¹ para sódio, e por Grangeiro et al (2007) que encontraram 252,37 mg 100g⁻¹ para o magnésio. O processo de desidratação da beterraba reduziu drasticamente os teores dos minerais. Comparando os dois processos de secagem, a amostra liofilizada apresentou valores de minerais ligeiramente superiores que o processo de secagem em estufa a 60°C por 6 horas.

Tabela 1. Minerais presentes nas amostras da beterraba *in natura*, secas em estufa e liofilizadas.

Minerais (mg 100g ⁻¹)*			
Minerais	<i>In natura</i>	Estufa com circulação de ar (60 °C/6h)	Liofilizada
Cálcio	195,69 ± 0,17	43,00 ± 3,27	49,31 ± 3,08
Fósforo	218,93 ± 0,30	49,73 ± 1,73	62,06 ± 7,41
Ferro	3,49 ± 0,01	0,81 ± 0,02	0,99 ± 0,11
Zinco	5,73 ± 0,01	1,32 ± 0,08	1,64 ± 0,04
Mangânês	10,97 ± 0,02	2,29 ± 0,19	3,48 ± 0,18
Magnésio	265,26 ± 1,18	59,04 ± 4,21	66,13 ± 3,47
Sódio	113,58 ± 0,64	26,73 ± 2,73	29,99 ± 2,62
Potássio	4068,91 ± 2,67	898,05 ± 44,50	997,20 ± 20,35

*Base seca

(Fonte: Autoria própria)

Na Tabela 2, comparam-se as duas formas de extração, refluxo e ultrassom, para cada tipo de secagem, liofilizada e seca em estufa a 60 °C por 6 horas. Para os fenólicos totais houve uma diferença significativa (P<0,05%) entre o tipo de extração para as amostras liofilizadas, porém, o mesmo não ocorreu para as amostras secas em estufa.

Tabela 2. Teores de compostos fenólicos totais e flavonoides considerando o processo de extração e o processo de secagem.

Tipo de secagem		
Tipo de Extração	Liofilizada	Estufa
Fenólicos Totais (mg EAG g ⁻¹ extrato)		
Refluxo	13,21 ± 0,28 ^{Ba}	12,64 ± 0,24 ^{Aa}
Ultrassom	10,34 ± 0,12 ^{Aa}	12,36 ± 0,19 ^{Ab}
Flavonoides (mg EQ g ⁻¹ extrato)		
Refluxo	2,12 ± 0,14 ^{Ab}	1,70 ± 0,07 ^{Aa}
Ultrassom	5,54 ± 0,23 ^{Bb}	4,15 ± 0,23 ^{Ba}

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna representam diferença significativa (P<0,05) em cada análise para cada tipo de secagem; Letras minúsculas diferentes na mesma linha representam diferença significativa (P<0,05) em cada análise para cada tipo de extração. (Fonte: Autoria própria)

Houve diferença significativa (P<0,05%) também entre o tipo de secagem para a extração por ultrassom. O mesmo não foi observado para as amostras com extração por refluxo. No caso dos flavonoides, houve uma diferença significativa superior (P<0,05%), mais que o dobro, para a extração por ultrassom, independente do tipo de secagem. Aguiar (2017) encontrou em amostras de beterraba o valor médio de flavonoides de 1,02 ± 0,01 (mg EQ g⁻¹ extrato),

próximo ao obtido na amostra extraída por refluxo e secagem em estufa a 60°C (1,70 ± 0,07 mg EQ g⁻¹ extrato). Os compostos fenólicos, apesar de não apresentarem importância nutricional direta, têm importância devido à sua atividade biológica. Pesquisas indicam que os metabólitos secundários de vegetais apresentem efeitos benéficos à saúde, como anti-inflamatórios e antioxidantes (HARBORNE e WILLIAMS, 2000).

Na Tabela 3 verifica-se a atividade antioxidante das amostras de beterraba. Para o método envolvendo a captura do radical livre DPPH, houve diferença significativa (P<0,05%) entre os tipos de extração e a forma de secagem. O melhor resultado é observado para a amostra com extração por ultrassom e secagem em estufa a 60°C (52,37 µmol ET g⁻¹ extrato). Este resultado é ligeiramente inferior ao potencial antioxidante do BHT (67 µmol ET g⁻¹ extrato), apresentado no trabalho de Cruz (2016). Portanto, o extrato de beterraba apresenta potencial para emprego como antioxidante industrial.

Para o método de captura do cátion radical ABTS houve diferença significativa (P<0,05%) entre os métodos de extração e a forma de secagem. O melhor resultado é observado para a amostra com extração por ultrassom e liofilizada 112,20±6,24 µmol ET g⁻¹ extrato. Quando avaliou o potencial antioxidante pelo ABTS, dos extratos de talo de beterraba obtidos por ultrassom, Bergamaschi (2010) encontrou 121,48 (µM ET g⁻¹ extrato), utilizando etanol (80 %) e 79,67 µM ET g⁻¹ extrato quando a extração foi em água.

Tabela 3. Atividade antioxidante das amostras de beterraba submetidas ao processo de extração e secagem.

Tipo de secagem		
Tipo de extração	Liofilizada	Seca em estufa
DPPH (µmol ET g ⁻¹ extrato)		
Refluxo	47,04 ± 2,12 ^{Bb}	40,64 ± 0,80 ^{Aa}
Ultrassom	25,44 ± 3,49 ^{Aa}	52,37 ± 1,22 ^{Bb}
ABTS (µmol ET g ⁻¹ extrato)		
Refluxo	74,20 ± 9,17 ^{Aa}	74,20 ± 3,61 ^{Aa}
Ultrassom	112,20 ± 6,24 ^{Bb}	83,87 ± 4,16 ^{Ba}

Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna representam diferença significativa (P<0,05) em cada análise para cada tipo de secagem; Letras minúsculas diferentes na mesma linha representam diferença significativa (P<0,05) em cada análise para cada tipo de extração. (Fonte: Autoria própria)

4. Considerações finais

Pelos resultados obtidos em amostras de beterraba é possível concluir que para a obtenção de compostos fenólicos, a extração por refluxo foi a melhor, independente do processo de secagem. Para os flavonoides, o processo de ultrassom extraiu mais e a desidratação por liofilização preservou melhor esses compostos. No caso da atividade antioxidante medida pelos radicais DPPH e ABTS, a extração por ultrassom foi a mais eficiente nos dois casos, entretanto, para o DPPH, a secagem em estufa a 60 °C proporcionou melhor resultado, enquanto que para o ABTS, a liofilização foi o destaque.

5. Conflito de interesse

Os autores afirmam não haver conflito de interesse.

6. Referências

BERGAMASCHI, K.B. **Capacidade antioxidante e composição química de resíduos vegetais visando seu aproveitamento.**

- Piracicaba, 2010, 96p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (USP). DOI: 10.11606/D.11.2010.tde-10022011-144122.
- BORCHANI, C. BESBES, S.; MASMOUDI, M.; BLECKER, C.; PAQUEOT, M.; ATTIA, H. Effect of drying methods on physico-chemical and antioxidant properties of date fiber concentrates. **Food Chemistry**, v. 125, p. 1194–1201, 2011. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.10.030.
- BOROSKI, M.; VISENTAINER, J. V.; COTTICA, S. M.; MORAIS, D. R. **Antioxidantes: princípios e métodos analíticos**. 1. Ed., Curitiba, Appris, 2015. 141p.
- BOVI, D. C. M. DE L.; CORREIA, A. F. K.; GUTIERREZ, E. M. R.; BOVI, V. M. L.; HARDER, M. N. C. Determinação dos teores de betalaína e composição centesimal de beterraba in natura e tipo chips. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 10 n. 2, p. 80-92, 2019. DOI: 10.3895/rebrapa.v10n2.9521.
- BRASIL. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 set. 2005, Seção 1, n. 184, p. 368-369.
- CHEMAT, F.; HUMA, Z.; KHAN, M. K. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. **Ultrason Sonochem**, v. 18(4) p. 813–835, 2011. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2010.11.023.
- CROCETTI, A.; OGLEARI, C. H.; GOMES, G.; SARE, I.; CAMPOS, F. R.; BALBI, M. E. Determinação da composição centesimal a partir de dois métodos de secagem para a produção da farinha de beterraba (*Beta vulgaris*, L. - família Amaranthaceae). **Visão Acadêmica**, v.17, n.4, p.1-14, 2016. DOI: 10.5380/acd.v17i4.51359.
- CRUZ, P.N. da. **Potencial antioxidante e antimicrobiano dos extratos obtidos da semente de butiá da praia (*Butia catarinensis*)**. Florianópolis, 2016, 149p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).
- DRUNKLER, D. A.; FETT, R.; LUIZ, M. T. B. Avaliação da estabilidade de betalaínas em extrato de beterraba (*Beta vulgaris* L.) com α -, β - e γ ciclodextrinas. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 24, n. 1, p. 259-276, 2006. DOI: 10.5380/cep.v24i1.5272.
- ELIAS, M. C.; LOPES, V.; GUTKOSKI, L. C.; OLIVEIRA, M.; MAZZUTTI, S.; DIAS, A. R. G. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). **Ciência Rural**, v. 39, n. 1, p.25-30. Santa Maria, 2009.
- FENEMA, O.R. **Química de los alimentos**. 2 ed. Zaragoza: ACRIBIA, 1995.
- FERREIRA, N. A. **Aproveitamento de resíduos do processamento mínimo de beterraba: elaboração de produtos tecnológicos, avaliação sensorial, físico-química e de compostos funcionais**. Brasília, 2010, 149p. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana), Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília (UNB).
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2008.
- GRANGEIRO, L. C.; NEGREIROS, M. Z. DE; SOUZA, B. S. DE; AZEVÊDO, P. E. DE; OLIVEIRA, S. L. DE; MEDEIROS, M. A. DE. Acúmulo e exportação de nutrientes em beterraba. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p.267-273, 2007. Doi: 10.1590/S1413-70542007000200001.
- HARBONE, J. B.; WILLIAMS, C. A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, 55: 481-504. 2000. DOI: 10.1016/S0031-9422(00)00235-1.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.
- JIMÉNEZ-AGUILAR, D. M.; GRUSAK, M. A. Evaluation of Minerals, Phytochemical Compounds and Antioxidant Activity of Mexican, Central American, and African Green Leafy Vegetables. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 70, n. 4, p.357–364, 2015. DOI: 10.1007/s11130-015-0512-7.
- MELECCHI, M. I. S. **Caracterização química de extratos de *Hibiscus tiliaceus* L.: estudo comparativo de métodos de extração**. Porto Alegre, 2005. 197p. Tese (Doutorado em Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRG).
- MRKIC, V.; COCCI, E.; ROSA, M.D.; SACCHETTI, G. Effect of drying conditions on bioactive compounds and antioxidant activity of broccoli (*Brassica oleracea* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n10, p.1559- 1566, 2006. DOI: 10.1002/jsfa.2554.
- OLIVEIRA, L. P. de; CESCONETTO, G. B. S.; FOPPA, T. Avaliação e composição nutricional da farinha de beterraba e sua utilização no preparo de sobremesas. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, v. 2, n. 1, p.13-19, 2013.
- RICE-EVANS, C. A; MILLER, N. J; PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology and Medicine**, 20 (7), p.933–956, 1996. doi:10.1016/0891-5849(95)02227-9.
- RUFINO, M. do S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M. de; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. **Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Comunicado Técnico Embrapa, 127: p.1-4, 2007.
- SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p.144-158, 1965.
- TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS / NEPA – UNICAMP. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 161p.
- TIVELLI, S.W.; TRANI, P.E. Hortaliças: Beterraba (*Beta vulgaris* L.). 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2008_3/beterraba/index.htm>. Acesso em 25/09/2020.
- VITTI, M. C. D.; KLUGE, R. A.; YAMAMOTTO, L. K. Comportamento da beterraba minimamente processada em diferentes espessuras de corte. **Horticultura Brasileira**. v. 21, n. 4, p. 623-626, 2003. Doi: 10.1590/S0102-05362003000400009.
- WOISKY, R. G.; SALATINO, A. 1998. Analysis os propolis: some parameters and procedure for chemical quality control. **J. Apicultural Research**. 37(2) p.99-105, 1998. DOI: 10.1080/00218839.1998.11100961.
- YANG, CS; LANDAU, J. M.; HUANG, M.-T.; NEWMARK, H. L. Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compound. **Annual Review of Nutrition**, 21(1), 381–406. DOI:10.1146/annurev.nutr.21.1.381.
- ZABOTTI, C.; GENENA, A. K. Avaliação do potencial antioxidante do extrato obtido a partir da beterraba vermelha 2 (*Beta vulgaris* L.) por meio do uso da água como solvente de extração. **Cultivando o Saber**. v. 6, n. 4, p.195 - 200, 2013.