



ISSN: 1984-3151

OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS DA CASCA DE MANGA (*TOMMY ATKINS*) UTILIZANDO PROCESSO ASSISTIDO POR ULTRASSOM OPTIMIZATION OF EXTRACTION COMPOUNDS PHENOLICS FROM MANGO PEEL (*TOMMY ATKINS*) USING ULTRASOUND-ASSISTED PROCESS

Ana Paula Guerra¹; Vitor Augusto dos Santos Garcia²; Camila da Silva³

- 1 Graduação em Engenharia de Alimentos. UEM, 2015. Universidade Estadual de Maringá - UEM. Umuarama, PR. anapaula-guerra2012@hotmail.com.
- 2 Doutor em Engenharia de Alimentos. USP, 2016. Professor do Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá. Umuarama, PR. garcia.vitoraugusto@gmail.com.
- 3 Doutora em Engenharia Química. UEM, 2009. Professora do Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá. Umuarama, PR. camiladasilva.eq@gmail.com.

Recebido em: 19/03/2016 - Aprovado em: 29/05/2016 - Disponibilizado em: 31/05/2016

RESUMO: A casca de manga é considerada um resíduo da indústria de alimentos, rico em compostos fenólicos e o ultrassom tem se destacado entre as técnicas tradicionais na extração destes compostos. O principal objetivo deste trabalho é discutir os parâmetros que influenciam na extração de compostos fenólicos da casca de manga por ultrassom. Para esse fim, concentração de álcool etílico (30, 50 e 70%), temperatura (40, 50 e 60 °C) e tempo (30, 40 e 50 minutos) foram avaliados, por meio do planejamento de Box-Behnken. Os resultados mostraram que todas as variáveis avaliadas apresentaram efeito positivo na extração de compostos fenólicos, exceto a interação tempo e a concentração de etanol. A cinética de extração em ultrassom foi realizada na condição otimizada (temperatura de 60 °C por 60 minutos e 50% álcool etílico) e comparada a extração realizada em banho com água, onde verificou-se a eficiência do ultrassom na extração do maior teor de compostos fenólicos da casca de manga. Adicionalmente pode-se verificar que a casca de manga é considerada uma fonte de compostos ativos e a utilização de ultrassom pode auxiliar na maior extração destes compostos.

PALAVRAS-CHAVE: Compostos fenólicos. Casca de manga. Ultrassom.

ABSTRACT: The mango peel is considered a waste of the food industry, rich in phenolic compounds and the ultrasound It has excelled between traditional techniques in the extraction of these compounds. The main objective of this paper is to discuss the parameters that influence the extraction of phenolic compounds of ultrasound mango peel. In order to do this, the ethyl alcohol concentration (30, 50 and 70%), temperature (40, 50 and 60 °C) and time (30, 40 and 50 minutes) were evaluated by means of the Box-Behnken planning. The results showed that all variables had a positive effect on the extraction of phenolic compounds, except the interaction between time and the concentration of ethanol. The ultrasound in extraction kinetics was carried out in optimized condition (temperature 60 °C for 60 minutes and 50% ethanol) and compared the extraction performed in bath with water, which verified the ultrasound efficiency in the higher content extraction phenolic compounds of the mango peel. Additionally it can be seen that the mango peel is considered a source of active compounds and the use of higher ultrasound can aid in extraction of these compounds.

KEYWORDS: Phenolic compounds. Mango peel. Ultrasound.

1 INTRODUÇÃO

Os frutos, além dos nutrientes essenciais e de micronutrientes como minerais, fibras e vitaminas, possuem diversos compostos antioxidantes benéficos para saúde, presentes na casca, polpa e sementes. A manga (*Mangifera indica* L.) gera uma grande quantidade de resíduos durante o seu processamento, oriundos da remoção das cascas (12 a 15%) e amêndoas (15 a 25%) (ARBOS *et al.*, 2013). De acordo com relatos na literatura, esses resíduos podem ser considerados fontes de compostos ativos (AJILA *et al.*, 2007), amplamente conhecidos pelas propriedades promotoras de saúde e aplicações tecnológicas. De acordo com Ribeiro *et al.* (2008) a ação antioxidante desses subprodutos, provenientes do processamento, pode ser superior à apresentada pela porção comestível da fruta.

Silva, Rogez e Larondelle (2007a) relataram que o interesse em antioxidantes como compostos fenólicos aumentou notavelmente na última década, devido à sua elevada capacidade de eliminação de radicais livres associados à várias doenças.

Os compostos fenólicos presentes em fontes naturais, como a manga, de acordo com Luthria (2008) possuem estruturas e propriedades físico-químicas diferentes, podendo apresentar interações com os constituintes da planta, como açúcares, ácidos, grupos alquila, entre outros (MITIC *et al.* 2010), o que poderia dificultar a sua extração. Dessa forma, a utilização de técnicas não convencionais para extração de compostos fenólicos se faz necessária.

Técnicas convencionais como refluxo e maceração, requerem elevado tempo para a extração de compostos fenólicos. Além de poder causar a degradação dos compostos de interesse, devido à alta temperatura (KHAN *et al.*, 2010). Tentando minimizar a perda de compostos ativos a extração assistida por ultrassom está sendo estudada (CHEMAT; HUMA;

KHAN, 2011; TABARAKI; HEIDARIZADI; BENVIDI, 2012). Quando comparada às técnicas tradicionais, apresenta vantagens como menor consumo de reagentes e tempo de extração reduzido (CHEMAT; HUMA; KHAN, 2011), além da melhora na eficiência com aumento do rendimento. Tabakari, Heidarizadi e Benvidi (2012) relatam que o ultrassom pode oferecer além de reduzido tempo de extração, uma menor temperatura com uma alta taxa de extração de compostos ativos.

Entre os solventes utilizados para a extração de compostos fenólicos o etanol apresenta algumas vantagens como ser considerado um solvente ambientalmente amigável, não tóxico, de grau alimentício (NAKAMIYA; FURUICHI; ISHII, 2003) e recomendado pela FDA – Food and Drug Administration. De acordo com Maisuthisakul, Pongsawatmanit e Gordon (2007) e Zhang, Yang e Liu (2008) misturas de água e etanol podem ser utilizados como solvente na extração de compostos fenólicos.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a extração assistida por ultrassom de compostos fenólicos da casca de manga. Buscando tal propósito avaliou-se o efeito das variáveis operacionais: concentração de etanol, tempo e temperatura, visando maximizar a extração dos compostos de interesse, bem como o efeito da aplicação do ultrassom no processo. Adicionalmente comparou-se a cinética de extração na condição otimizada por ultrassom com a extração realizada em banho com água.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Mangas de variedade *Tommy atkins* foram adquiridas no mercado local de Umuarama – PR. Álcool etílico (Anidrol, 95%) foi utilizado como solvente e para determinação de compostos fenólicos utilizou-se Folin-

Ciocalteau (Dinâmica), carbonato de sódio (Anidrol) e ácido gálico (Vetec).

Fonte - Próprio autor

2.2 PREPARAÇÃO DO MATERIAL

Inicialmente os frutos foram lavados e selecionados (teor de sólidos solúveis de $11,7 \pm 0,7$ °Brix), em seguida foram descascados com auxílio de facas. As amostras de casca de manga foram submetidas à secagem em estufa com circulação e renovação de ar (Marconi, MA 035-5) à 60 °C (SOGI *et al.*, 2013) por aproximadamente 17 horas, apresentando umidade final de $6,88 \pm 0,52\%$. Utilizando moinho elétrico (IKA, A 11/B), as cascas foram trituradas e classificadas utilizando peneiras da série Tyler (Bertel, ASTM), sendo o material retido na peneira de 32 mesh utilizado para a condução dos experimentos.

2.3 EXTRAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS

A extração dos compostos fenólicos foi realizada em banho de ultrassom com contato indireto (Ultranique Q5. 9/40 A – com frequência de 40 KHz e potência de 123 W). Em cada experimento, 0,02 g da casca de manga foram colocados em tubos de ensaio com 8 mL de solvente.

O planejamento fatorial Box-Behnken foi utilizado para determinar a influência das variáveis operacionais (temperatura, tempo e concentração de álcool etílico) na extração dos compostos fenólicos. Na Tabela 1 são apresentados os níveis das variáveis estudadas.

Tabela 1

Valores reais e codificados (- nível inferior, 0 intermediário, + nível superior) para as variáveis independentes avaliadas na determinação de compostos fenólicos totais

Variáveis	-1	0	+1
Temperatura (°C) [T]	40	50	60
Tempo (min) [t]	30	45	60
Concentração de etanol (%) [C]	30	50	70

Utilizou-se o *software* Statistica 8.0 (STATSOFT TM, Inc) para a análise estatística dos dados com intervalo de confiança de 95%.

Na condição otimizada, a partir da aplicação do planejamento experimental, foi determinada a cinética de extração dos compostos fenólicos em ultrassom. Experimentos sem aplicação do ultrassom foram conduzidos em banho de água (Dubnoff SL – 157) com agitação de 100 rpm. Em tempos pré-determinados, 15, 30, 45, 60, 90, 120 e 180 minutos, alíquotas de 0,5 mL foram retiradas para determinação da concentração de compostos fenólicos. As análises foram realizadas de forma destrutiva.

Assumindo o tempo necessário para extração máxima de compostos fenólicos, os parâmetros cinéticos foram determinados a partir da Eq. 1 (HIGUCHI, 1961):

$$\frac{M_t}{M_\infty} = k\sqrt{t+b} \quad (1)$$

onde: $\frac{M_t}{M_\infty}$ = fração de compostos fenólicos liberados

ao longo do tempo (mg de equivalente de ácido gálico 100 g^{-1}); k = constante cinética; t = tempo (minutos); b = concentração inicial de compostos fenólicos (mg de equivalente de ácido gálico 100 g^{-1}).

2.4 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

O teor de compostos fenólicos totais foi determinado de acordo com Singleton, Orthofer e Lamuela-Raventos (1999) através do método de Folin-Ciocalteau. Uma alíquota de 0,5 mL da solução (casca de manga + solvente) foi adicionada em tubo contendo 2,5 mL de Folin-Ciocalteau (1:10). Após 5

minutos em repouso foram adicionados 2 mL de solução de carbonato de sódio anidro (7%). A solução foi homogeneizada e mantida em repouso, na ausência de luz, por 2 horas. Em seguida, foi realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro (Kasuki) a 740 nm, e os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico (EAG) 100 g⁻¹.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 EXTRAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS

O efeito das variáveis concentração de etanol, temperatura e tempo foram avaliadas no processo de extração dos compostos fenólicos da casca de manga, como podemos observar na Tabela 2.

Tabela 2

Teor de compostos fenólicos totais extraídos da casca da manga por ultrassom

Condição	T (°C)	t (min)	C (%)	TCF (mg EAG.100 g ⁻¹)
1	40	30	50	1975,01
2	60	30	50	1955,84
3	40	60	50	2076,45
4	60	60	50	2125,31
5	40	45	30	1933,20
6	60	45	30	2015,42
7	40	45	70	2040,99
8	60	45	70	2065,31
9	50	30	30	1765,96
10	50	60	30	1868,63
11	50	30	70	1866,16
12	50	60	70	1957,69
13-16	50	45	50	1957,38±7,89

Fonte - Próprio autor

Dos dados apresentados na Tabela 2, obteve-se o gráfico de Pareto (Figura 1), onde podemos observar que todas as variáveis avaliadas apresentaram efeito positivo na extração de compostos fenólicos, exceto a interação tempo e a concentração de etanol.

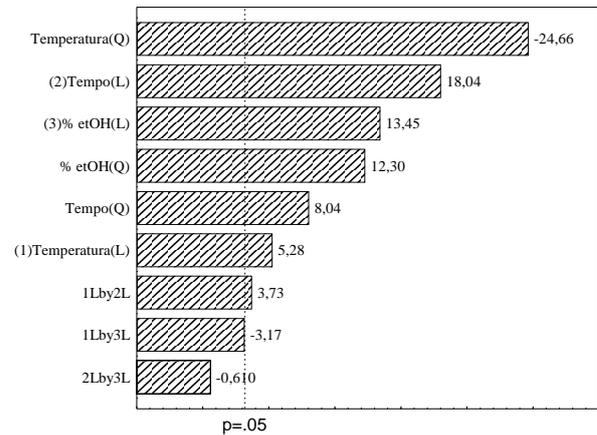


Figura 1 - Gráfico de Pareto representando o efeito das variáveis operacionais na extração de compostos fenólicos totais
Fonte - Próprio autor

De acordo com a Figura 1, o tempo foi a variável que apresentou maior efeito na extração de compostos fenólicos (o tempo de contato entre o solvente e a casca de manga) que facilitou a sua penetração na amostra, conseqüentemente, a extração dos compostos fenólicos. De acordo com Yingngam, Supaka e Rungseevijitprapa (2015) tempos reduzidos de extração não permitem a penetração eficiente do solvente no extrato, impedindo a extração dos compostos de interesse. Sun *et al.* (2011) relataram que o tempo na extração de compostos fenólicos está associado a concentração de final de compostos extraídos, a eficiência da extração e o custo de energia.

De acordo com Gribova *et al.* (2008), na extração realizada em partes moles de plantas (flores e folhas), a fase de inchaço, que afeta o rendimento das substâncias extraídas, ocorre rapidamente e a liberação dos compostos de interesse ocorre mais

rápido. Porém com a utilização de partes mais fortes, como casca e raiz, a fase de inchaço precisa de um tempo superior, pois ocorre lentamente, dificultando a transferência de massa das substâncias no tempo inicial.

A extração dos compostos fenólicos da casca de manga também foi influenciada pela concentração de solvente, sendo que a polaridade do solvente está diretamente relacionada à quantidade de compostos fenólicos extraídos.

A análise dos resultados experimentais demonstra que o aumento da temperatura favorece a solubilidade dos compostos fenólicos. Tal efeito deve-se ao aumento do coeficiente de difusão e decréscimo da viscosidade. Tabaraki *et al.* (2012) relataram que o aquecimento de extratos vegetais na faixa de temperatura entre 52°C e 67°C pode amolecer o tecido da parede celular e hidrolisar os compostos fenólicos ligados, consequentemente aumentando sua solubilidade. O aumento da temperatura auxilia de forma positiva a extração de compostos fenólicos, no entanto algumas classes são termossensíveis, sendo necessário manter a temperatura de extração abaixo de 65,2 °C (Silva *et al.*, 2007b).

A interação entre a temperatura e o tempo e a temperatura e concentração de etanol, apresentaram efeito positivo na extração dos compostos fenólicos. Com o aumento do tempo e o aquecimento da amostra, ocorre o amolecimento do tecido da planta, enfraquecendo a integridade da parede celular, fazendo com que ocorra maior extração de compostos fenólicos, devido ao aumento da sua solubilidade com o solvente. E a cavitação faz com que ocorra o rompimento da parede celular que envolve a célula vegetal e facilitou o acesso do solvente no interior da célula (JACQUES *et al.*, 2007).

Na Tabela 3 pode-se observar os coeficientes de regressão para obtenção do modelo matemático empírico (Eq. 2). Por meio da análise de variância

(ANOVA) com aplicação do teste F, obteve-se F calculado (48,10) maior que F tabelado (3,5).

Tabela 3

Efeito estimado, significância estatística e coeficiente de regressão para a extração de compostos fenólicos da casca de manga

Variável	p-valor ^a	Coefficiente
Média/intercepto	>0,0001	1970,49
X ₁ (L)	0,0132	17,03
X ₁ (Q)	0,0001	-56,22
X ₂ (L)	0,0003	58,14
X ₂ (Q)	0,0040	18,33
X ₃ (L)	0,0008	43,36
X ₃ (Q)	0,0011	28,04
X ₁ x X ₂	0,0335	17,00

^a Significância estatística p<0,05.

Fonte - Próprio autor

$$\text{TCF} = 1970,49 + 17,03 T + 58,14 t + 43,36 C - 56,22 T^2 - 18,33 t^2 + 28,04 C^2 + 17,00 T t$$

(2)

O principal objetivo deste estudo foi otimizar o processo de extração, a fim de maximizar a extração de compostos fenólicos da casca de manga. A condição otimizada para extração foi obtida no tempo de 60 minutos, temperatura de 60 °C e concentração do solvente de 50% com 2125,30 mg EAG.100 g⁻¹.

A partir desse resultado, foram realizados experimentos, em triplicata, para validar o resultado predito pela equação (2111,58 mg EAG.100 g⁻¹) resultado que indica que modelo de regressão se mostra robusto dentro do intervalo experimental avaliado.

Esses resultados estão de acordo com os dados relatados por Pradal *et al.* (2016), Galván

d'Alessandro *et al.* (2012) e Virot *et al.* (2010), que avaliaram a solubilidade de polifenóis em diferentes concentrações de água e etanol e também observaram maior solubilidade dos compostos fenólicos na concentração de solvente em 50%.

Ribeiro *et al.* (2008) relataram que as cascas de manga da variedade Ubá, apresentam 5,7 mg EAG.100 g⁻¹ de extrato seco de compostos fenólicos.

Berardini *et al.* (2005) determinaram os compostos fenólicos presentes na casca de manga e reportaram valores de 4,44 mg EAG.100 g⁻¹ de extrato, podendo destacar a classe de compostos mangiferina e quercitina.

Souza *et al.* (2014) avaliaram diferentes técnicas de extração dos compostos fenólicos da casca de manga e reportaram para a extração realizada por Soxhlet e maceração, utilizando hexano como solvente valores de 230 mg EAG.100 g⁻¹ e 120 mg EAG.100 g⁻¹, respectivamente.

3.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS PROCESSOS CONVENCIONAL E ASSISTIDO POR ULTRASSOM

A cinética de extração dos compostos fenólicos da casca de manga a partir dos processos avaliados, ultrassom e convencional, na condição otimizada pode ser observada na Figura 2. Inicialmente a taxa de extração dos compostos fenólicos não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$) entre os dois métodos avaliados, no entanto, após 60 minutos a extração realizada no ultrassom apresentou maior extração dos compostos fenólicos ($p < 0,05$).

A cinética de extração foi claramente melhorada (Figura 2), o que poderia ser atribuída à cavitação do ultrassom. Possivelmente a utilização do ultrassom facilita a difusão dos compostos fenólicos da casca para o solvente, pois com as ondas ultrassônicas ocorre a penetração do solvente na amostra de forma mais eficiente (JACQUES *et al.* 2007) e o equilíbrio

para a dissolução pode ser estabelecido em um curto espaço de tempo.

Observou-se em média, um aumento de 10% na extração dos compostos fenólicos após 60 minutos de extração, em comparação com o banho com água. Virot *et al.* (2010) na extração de compostos fenólicos do bagaço de maçã reportaram um aumento de 20% dos compostos fenólicos na extração realizada em ultrassom quando comparada a técnicas convencionais de extração e atribuiu este aumento a cavitação das ondas ultrassônicas.

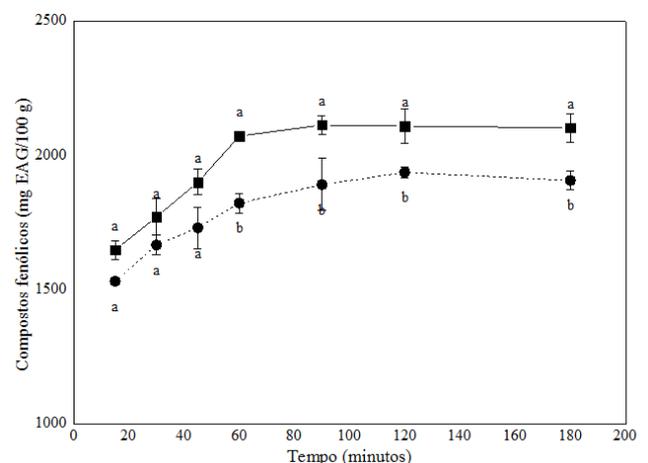


Figura 2 - Cinética de extração dos compostos fenólicos da casca de manga: (■) Ultrassom, (●) Banho com água. Letras iguais no mesmo tempo de extração indica nenhuma diferença significativa ao nível de 5% de confiança ($p < 0,05$)
Fonte - Próprio autor

Souza *et al.* (2014) também observaram uma maior extração de compostos fenólicos na casca de manga por ultrassom quando comparada a técnicas convencionais como maceração, utilizando hexano como solvente.

Na extração de compostos fenólicos da casca de laranja por ultrassom Khan *et al.* (2010) também reportaram a eficiência do ultrassom em comparação com a extração por solvente (etanol).

A extração dos compostos fenólicos realizada por ambos os métodos se ajustaram ao modelo proposto por Higuchi (1961), apresentando $R^2 \geq 0,98$. De

acordo com o modelo o valor de k observado na liberação realizada por ultrassom ($k = 0,0597$) foi superior ao encontrado pelo método convencional ($k = 0,0387$). Isso indica, que o ultrassom foi mais eficiente na liberação dos compostos fenólicos presentes na casca de manga.

4 CONCLUSÃO

Todas as variáveis operacionais estudadas (temperatura, tempo e concentração de etanol)

apresentaram influência significativa na extração de compostos fenólicos, sendo a condição otimizada para extração de compostos fenólicos da casca de manga realizada na temperatura de 60 °C, tempo de 60 minutos e concentração do solvente de 50%. A extração de compostos fenólicos por ultrassom se mostrou mais eficaz em comparação com a extração convencional, pois após 60 minutos a quantidade de compostos fenólicos extraídos foi superior.

REFERÊNCIAS

- AJILA, C.M. *et al.*. Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. **Food Chemistry**, London, 105(3), 982-988, 2007.
- ARBOS, K.A.; STEVANI, P.A.; CASTANHA, R.F. Atividade antimicrobiana, antioxidante e teor de compostos fenólicos em casca e amêndoa de frutos de manga. **Revista Ceres**, Viçosa, 60(2), 161-165, 2013.
- BERARDINI, N. *et al.*. Screening of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars for their contents of flavonol o- and xanthone c-glycosides, anthocyanins, and pectin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, 53(5), 1563-1570, 2005.
- CHEMAT, F.; HUMA, Z.; KHAN, M.K. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. **Ultrasonics Sonochemistry**, Oxford, 18(4), 813-835, 2011.
- GALVÁN d'ALESSANDRO, L. *et al.*. Ultrasound assisted extraction of polyphenols from black chokeberry. **Separation and Purification Technology**, New York, 93 (1), 42-47, 2012.
- GRIBOVA, N. Y. *et al.*. Optimization of conditions for the extraction of antioxidants from solid parts of medicinal plants. **Journal of Analytical Chemistry**, New York, 63 (11), 1034-1037, 2008.
- HIGUCHI T. Rate of release of medicaments from ointment bases containing drugs in suspension. **Journal of Pharmaceutical Sciences**, Easton, Pa, 50(10), 874-875, 1961.
- JACQUES, R.S. *et al.*. The use of ultrasound in the extraction of *Ilex paraguariensis* leaves: A comparison with maceration. **Ultrasonics Sonochemistry**. Oxford, Inglaterra, 14(1), 6-12, 2007.
- KHAN, M.K. *et al.* Ultrasound-assisted extraction of polyphenols (flavanone glycosides) from orange (*Citrus sinensis* L.) peel. **Food Chemistry**, London, GB, 119(2), 851-858, 2010.
- LUTHRIA, D.L. Influence of experimental conditions on the extraction of phenolic compounds from parsley (*Petroselinum crispum*) flakes using a pressurized liquid extractor. **Food Chemistry**, London, GB, 107(2), 745-752, 2008.
- MAISUTHISAKUL, P.; PONGSAWATMANIT, R.; GORDON, M.H. Characterization of the phytochemicals and antioxidant properties of extracts from Teaw (*Cratoxylum formosum* Dyer). **Food Chemistry**, London, 100(4), 1620-1629, 2007.
- MITIC, M.N. *et al.*. Antioxidant capacities and phenolic levels of different varieties of Serbian white wines. **Molecules**, Basel, Switzerland, 15(3), 2016-2027, 2010.
- NAKAMIYA, K.; FURUICHI, T.; ISHII, K. Evaluation of the optimal washing conditions for dioxin-contaminated soils from the circumference of an incinerator. **Journal of Material Cycles and Waste Management**. Japan, 5(1), 63-68, 2003.
- PRADAL, D. *et al.*. Kinetics of ultrasound-assisted extraction of antioxidant polyphenols from food by-products: Extraction and energy consumption optimization. **Ultrasonics sonochemistry**, Oxford, Inglaterra, 5(7), 1-10, 2016.

- RIBEIRO, S.M.R. *et al.*. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. **Food Chemistry**, London, GB, 110(3), 620-626, 2008.
- SILVA, E.M.; ROGEZ, H.; LARONDELLE, Y. Optimization of extraction of phenolics from *Inga edulis* leaves using response surface methodology. **Separation and Purification Technology**, New York, US, 55(3), 381-387, 2007a.
- SILVA, E. M. *et al.*. Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region. **Food Chemistry**, London, GB, 101(3), 1012-1018, 2007b.
- SINGLETON, V.L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, New York, US, 299(1), 152-178, 1999.
- SOGLI, D.S. *et al.*. Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of 'Tommy Atkins' mango peel and kernel as affected by drying methods. **Food Chemistry, London**, GB, 141(3), 2649-2655, 2013.
- SOUZA, M.E.A.O. *et al.*. Aproveitamento de casca de manga Tommy atkins (*Mangifera indica* Lin) para obtenção de extratos ricos em compostos fenólicos através de diferentes métodos de extração. 2014. In **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**.
- SUN, Y. *et al.*. Optimizing the extraction of phenolic antioxidants from kudingcha made from *Ilex kudingcha* C.J. Tseng by using response surface methodology. **Separation and Purification Technology**, New York, US, 78(3), 311-320, 2011.
- TABARAKI, R.; HEIDARIZADI, E.; BENVIDI, A. Optimization of ultrasonic-assisted extraction of pomegranate (*Punicagranatum* L.) peel antioxidants by response surface methodology. **Separation and Purification Technology**, New York, US, 98(19), 16-23, 2012.
- VIROT, M. *et al.*. Towards the industrial production of antioxidants from food processing by-products with ultrasound-assisted extraction. **Ultrasonics Sonochemistry**, Oxford, Inglaterra, 17(6), 1066-1074, 2010.
- YINGNGAM, B.; SUPAKA, N.; RUNGSEEVIJITPRAPA, W. Optimization of process parameters for phenolics extraction of *Cratoxylum formosum* ssp. *formosum* leaves by response surface methodology. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, India, 52(1), 129-140, 2015.
- ZHANG, B.; YANG, R.; LIU, C.Z. Microwave-assisted extraction of chlorogenic acid from flower buds of *Lonicera japonica* Thunb. **Separation and Purification Technology**, New York, US, 2(1), 480-483, 2008.