



ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE MANGIFERINA DURANTE O PROCESSO DE VERMICOMPOSTAGEM

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.6.23.XII-006>

Miriam Sannomiya (*), Francisco Bacelar de Freitas, Renata Colombo

* Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, e-mail: miriamsan@usp.br

RESUMO

Nas últimas décadas a preocupação com o destino dos resíduos orgânicos gerados pelo meio urbano aumenta constantemente. Técnicas alternativas à disposição destes materiais em aterros, atual método de gestão, têm sido o foco de muitas pesquisas. A vermicompostagem tem se demonstrado uma técnica viável para o processamento e o aproveitamento destes resíduos, sobretudo os de alimentos crus, como frutas, legumes e vegetais. Estes resíduos podem possuir metabólitos secundários de interesse comercial. A partir do processo de compostagem estes materiais são transformados em húmus e biochorume, materiais ricos em nutrientes e amplamente utilizados como biofertilizante. A existência de substâncias, como a mangiferina, nestes resíduos indica o potencial do húmus e do biochorume apresentar também outras atividades, como a de biopesticida. Neste estudo o processo de vermicompostagem foi realizado com resíduo enriquecido com manga, alimento rico em mangiferina, e a presença deste metabólito secundário no húmus e no biochorume foi monitorada durante o processo de vermicompostagem. As análises foram feitas utilizando a Cromatografia Líquida de Alta Eficiência acoplada à Espectrometria de Massas (LC-MS). O estudo revelou que o material orgânico a ser compostado quando enriquecido com resíduos de manga apresentam mangiferina. Durante o processo de vermicompostagem essa substância segue diversas rotas, sendo detectada no biochorume (0,021-0,069 mgL⁻¹) e no húmus (0,002 mgKg⁻¹). O potencial bioinseticida do húmus obtido não foi realizado neste trabalho, mas em comparação com composteira controle foi constatado uma menor incidência de mosca *Drosophila melanogaster* dentro das caixas digestoras e de menos larvas de insetos nas caixas coletoras de biochorume. Novos estudos podem ser realizados para avaliar o potencial bioinseticida destes produtos.

PALAVRAS-CHAVE: biochorume, húmus, mangiferina, resíduos orgânicos, vermicompostagem

ABSTRACT

In the last decades, the concern with the destination of organic residues generated by the urban environment has constantly increased. Alternative techniques for the disposal of these materials in landfills, and current management methods, have been the focus of much research. Vermicomposting has proven to be a viable technique for processing and utilization of this waste, especially raw food waste such as fruits, vegetables, and legumes. These wastes may contain secondary metabolites of commercial interest. From the composting process, these materials are transformed into humus and bioslurry, materials rich in nutrients and widely used as biofertilizers. The existence of substances, such as mangiferin, in these wastes, indicates the potential of humus and bioslurry to also present other activities, such as biopesticide. In this study, the vermicomposting process was carried out with waste enriched with mango, a food rich in mangiferin, and the presence of this secondary metabolite in the humus and bioleaching was monitored during the vermicomposting process. The analyses were done using High-Performance Liquid Chromatography coupled with Mass Spectrometry (LC-MS). The study revealed that the organic material to be composted when enriched with mango waste presents mangiferin. During the vermicomposting process, this substance follows several routes, being detected in the bioslurry (0.021-0.069 mgL⁻¹) and in the humus (0.002 mgKg⁻¹). The bio insecticidal potential of the obtained humus was not performed in this work, but in comparison with control composting a lower incidence of *Drosophila melanogaster* flies inside the digester boxes and of fewer insect larvae in the bioslurry collection boxes was found. Further studies can be conducted to evaluate the bio insecticidal potential of these products.

KEY WORDS: bioslurry, humus, mangiferin, organic residues, vermicomposting



INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos orgânicos (RSO) são provenientes do descarte de restos de alimentos e de podas vegetais. Segundo estudo conduzido pelo Ministério do Meio Ambiente (2019) em 2015, dos 71 milhões de toneladas de lixo gerados no Brasil, uma parcela de 50% desse total era constituída pelos RSO (1). Deste montante, grande parte é formada por frutas, legumes e verduras, tendo como principais fontes geradoras a indústria alimentícia e os domicílios brasileiros (2-5).

Diversos estudos têm mostrado o potencial uso desses resíduos para a produção de produtos com valor agregado, devido à sua composição rica em compostos orgânicos (6,7). A manga, por exemplo, possui grandes quantidades de mangiferina, uma xantonina que apresenta diversas atividades biológicas (8). Dentre estas atividades, destaca-se seu potencial inseticida e fungicida já demonstrado em diversos estudos (9,10).

Esta bioatividade dos vegetais mostra que resíduos de alimentos podem ser potenciais matérias-primas para fabricação de biopesticidas, e quando aplicados em técnicas de compostagem também podem ser precursores de biofertilizantes (11).

O húmus e o biochorume, gerados durante o processo de vermicompostagem, tem sido reportados e empregados tradicionalmente como biofertilizantes, mas os resíduos orgânicos utilizados nesse processo podem ser fonte de substâncias ativas atribuindo a esses produtos da vermicompostagem outros benefícios, como condicionadores do pH do solo e inseticidas (12).

Dependendo da estrutura destas substâncias o metabolismo das minhocas podem degradar, acumular em seu organismo e/ou liberar ou estas substâncias para o húmus e biochorume. Moléculas que possuem atividades inseticidas, como a mangiferina, podem não ser degradadas completamente pelo metabolismo das minhocas, e, por consequência, estar presentes no húmus e biochorume conferindo a eles atividades bioinseticida. Quando aplicados nas plantas e/ou adicionados ao solo estes produtos podem contribuir com o controle de organismos predadores ou patogênicos das culturas, substituindo o uso dos pesticidas tóxicos usualmente empregados (13).

OBJETIVO

Estudar o processo de vermicompostagem com resíduo enriquecido com manga, alimento rico em mangiferina. E monitorar a presença deste metabólito secundário no húmus e no biochorume durante o processo de vermicompostagem.

METODOLOGIA

Os resíduos de frutas e legumes utilizados no processo de compostagem foram obtidos na empresa Covabra Supermercados LTDA, Itupeva -SP. Para o estudo foi utilizada uma mistura de frutas e legumes composta por bananas da variedade Nanica, maçãs da variedade Royal gala, brócolis da variedade ninja, berinjela da variedade roxa comprida, cenouras e peras da variedade Williams. A mistura foi enriquecida com quatro mangas da variedade Tommy. Os referidos resíduos foram cortados em cubos de aproximadamente 7 mm.

Três composteiras foram montadas, cada uma delas foi preenchida com 500 mL de terra para jardinagem e 500 mL de serragem para obtenção de um suporte ideal para às minhocas da espécie *Eisenia foetida*. O volume total das caixas digestoras foi dividido em quatro partes e em uma das partes foi feita a inserção de 750 mL de húmus contendo minhocas, na outra parte foi inserido 500 mL da mistura de resíduos juntamente com 300 mL de serragem. As outras duas partes foram destinadas a inserção gradativa dos resíduos com devida cobertura de serragem para alimentar a compostagem.

Após a decomposição do material orgânico, o húmus das três composteiras foi coletado separadamente, processado e seco por 24 h em capela de fluxo laminar à temperatura ambiente. Após secagem, o húmus foi macerado e armazenado ao abrigo da luz e umidade.

A extração da mangiferina da amostra de resíduo e húmus foi realizada empregando-se uma mistura de solventes etanol:acetato de etila (4:1, v/v). Três amostras de aproximadamente 18 g da mistura de resíduo e 2 g das amostras de húmus processado de cada composteira foram agitadas, respectivamente, com 10 e 8 mL do solvente.

Todas as amostras foram mantidas sob agitação à 350 RPM por 2h horas à temperatura ambiente. As amostras foram previamente filtradas em papel de filtro e, posteriormente, em filtros de seringa PTFE Hidrofílico (0,45 µm) para realização da análise por HPLC-MS.

As amostras de biochorume coletadas durante o processo da compostagem foram unificadas, resultando em uma amostra de cada composteira. Estas amostras foram previamente filtradas em papel de filtro, diluídas 10 vezes com água e, posteriormente, filtradas em filtros de seringa PTFE Hidrofílico com poros de 0,45 µm para análise por HPLC-MS.



A análise cromatográfica por HPLC-MS foi realizada utilizando uma coluna Shim-Pack® XR-ODSII (3,0 mm d.i. x 100 mm, 2,2 µm de tamanho de partícula). Como fase móvel utilizou-se água (solvente A) e acetonitrila (solvente B), ambos contendo 0,1% de ácido fórmico, eluídos no modo gradiente: 0 - 0,01 min 10% de B, 0,01 - 15 min 64% de B, e de 15 - 20 min 10 % de B. O fluxo de eluição foi de 0,6 mLmin⁻¹ e a temperatura de análise de 30°C.

O espectrômetro de massa foi operado no modo varredura de Corrente de Íons Monitorados (SIM) m/z 421, usando ionização por eletropulverização negativa. As temperaturas do bloco de dessolvatação e da fonte de íons foram 250°C e 400°C, respectivamente. O nitrogênio foi utilizado como nebulizador e gás de dessolvatação nas vazões de 3 e 15 Lmin⁻¹, respectivamente.

O teor de umidade dos referidos resíduos foi determinado a partir de uma amostra de 8,169 g dos resíduos úmidos seca em estufa à 110 °C até peso constante.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a decomposição da matéria orgânica foi observado que a quantidade de larva e de moscas da espécie *Drosophila melanogaster* (mosca da fruta) presente nas composteiras desse estudo foi inferior quando comparada com uma quarta composteira que estava no mesmo ambiente, mas que não foi enriquecida com os resíduos de manga. Observou-se também que as larvas presentes nas composteiras desse estudo não se desenvolveram e houve mortalidade dos indivíduos que chegaram à fase adulta. Esta constatação pode estar associada à presença da mangiferina no resíduo, húmus e biochorume das composteiras em estudo. A mangiferina possui atividade inseticida e larvicida comprovada contra *D. melanogaster* (14). Por outro lado, não foi observada mortalidade de minhocas, indicando que a quantidade de mangiferina e a de outras substâncias presentes nos resíduos não são tóxicas para estes organismos.

A identificação da mangiferina nas amostras de resíduo, húmus e biochorume foi realizada pela comparação do tempo de retenção ($T_r = 3,5$ min) e do íon molecular (m/z 421) dos picos obtidos nas amostras com o pico obtido com o padrão analítico de mangiferina (Figura 1).

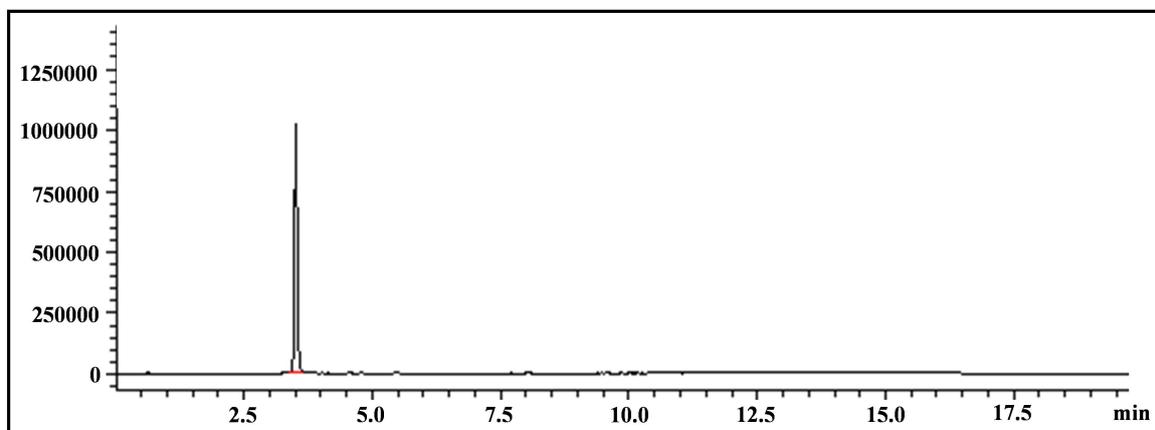


Figura 1: Tempo de retenção da mangiferina na solução padrão de 1 mgL⁻¹

Com base no Cromatograma de Íons Totais (TIC) dos extratos analisados foi possível observar a presença de mangiferina na mistura de resíduos, no húmus e no biochorume de todas as composteiras. Isso demonstra que esta substância pode ter rotas diferentes de comportamento durante o processo de compostagem. A presença no biochorume indica que esta substância pode ser solubilizada durante o processo, percolando pelo sistema e alcançando a caixa coletora. A presença no húmus demonstra que o metabolismo das minhocas da espécie *Eisenia foetida* não degradam/absorvem completamente esta substância permitindo que ela seja excretada.

Os cromatogramas obtidos mostram também que durante a compostagem outras substâncias foram liberadas e/ou produzidas. Essas evidências corroboram com o exposto por Garcia et al (2020), mostrando que existem diferentes atuações dos organismos no comportamento das substâncias orgânicas após o processo de vermicompostagem (15).

A partir da identificação da mangiferina nos extratos foi realizada a quantificação desta substância nas amostras dos resíduos, do húmus e do biochorume.

Em virtude da diferença na ordem de magnitude das concentrações de mangiferina no resíduo, húmus e biochorume, para quantificar a mangiferina foram construídas duas curvas de calibração.



Uma das curvas abrangeu o intervalo de concentração de 10 a 0,1 mgL⁻¹ e a outra de 0,01 a 0,0008 mgL⁻¹, sendo que ambas apresentaram coeficiente de linearidade considerado aceitável ($R^2 > 0,99$) pelas normas de validação de métodos. A curva de calibração de concentração 10 a 0,1 mgL⁻¹ foi utilizada na quantificação da mangiferina presente nos resíduos, enquanto a curva de calibração de concentração 0,01 a 0,0008 mgL⁻¹ foi utilizada para quantificar o biochorume e o húmus.

Conforme apresentado na Tabela 1 o teor médio de mangiferina na mistura de resíduo foi de 0,079 mgg⁻¹. Estes valores corroboram com os intervalos de teores de mangiferina já publicados na literatura para amostras de manga. Berardini et al (2005) encontrou no seu estudo de quantificação de mangiferina nas cascas de diferentes cultivares de manga teores de 0,013 – 1,26 mgg⁻¹ (expressos com base no peso seco) (16). No estudo de Luo et al (2012) a quantificação de mangiferina de cultivares de manga chinesa apresentou teores de 0,13-7,49 mgg⁻¹ (expressos com base no peso seco) (17). Considerando que a porcentagem de manga na mistura de resíduos utilizada neste estudo representa 39,9 %, o teor de mangiferina na casca, polpa e endocarpo de manga utilizado na composteira é equivalente a 0,20 mgg⁻¹.

Tabela 1. Quantidade de mangiferina encontrada na mistura de resíduos utilizada na vermicompostagem.

Fonte: autoria própria

Mistura de Resíduo	Teor de Mangiferina (mgg ⁻¹) ^a
Amostra 1	0,076
Amostra 2	0,084
Amostra 3	0,078
Média	0,079 ± 0,004

^a teores de mangiferina expressos com base no peso seco. Média ± SD (n=3)

Nas Tabelas 2 e 3 estão apresentados os teores de mangiferina obtidos na análise do húmus e do biochorume das três composteiras deste estudo.

Tabela 2. Quantidade de mangiferina encontrada no húmus obtido pela vermicompostagem.

Fonte: autoria própria

Húmus	Teor de Mangiferina (mgKg ⁻¹) ^a
Composteira 1	0,0020
Composteira 2	0,0024
Composteira 3	0,0023

^a teores de mangiferina expressos com base no peso seco.

Tabela 3. Quantidade de mangiferina encontrada no biochorume obtido pela vermicompostagem.

Fonte: autoria própria

Biochorume	Teor de Mangiferina (mgL ⁻¹)
Composteira 1	0,069
Composteira 2	0,021
Composteira 3	0,021

Como não é possível separar totalmente o húmus de outros componentes presentes (ovos de minhoca, serragem e partículas minúsculas de resíduo não processado) na composteira, após a digestão não foi possível quantificar com precisão a quantidade de húmus produzido e por consequência estimar a quantidade exata de mangiferina, presente no resíduo, que foi excretada para o húmus de forma não metabolizada. No entanto, a quantidade máxima de húmus seco processado que foi possível obter (aproximadamente 20 g) juntamente com o teor de mangiferina encontrado para cada amostra de húmus (cerca de 0,002 mgKg⁻¹) mostra que utilizando a espécie de minhoca *Eisenia foetida* e as demais condições aplicadas neste estudo para a vermicompostagem essa rota representa uma pequena parcela.

Com relação ao biochorume, uma vez que uma parcela deste subproduto fica retido no húmus, também não é possível estimar a porcentagem exata de mangiferina, presente no resíduo, que foi solubilizada e/ou excretada de forma não metabolizada para este subproduto. No entanto, os teores de mangiferina encontrados neste material (0,021-0,069 mgL⁻¹) e o volume produzido em cada composteira (cerca de 500 mL) mostra que esta rota é predominante em relação a excreção para o húmus.

Estudos mostram que teores na faixa de 40-6800 mgL⁻¹ de mangiferina apresentam dose letal de 50% (LC₅₀) para besouros *Brontispa longissima*, larvas de mosquitos *Culex pipiens L.* e fungos *Fusarium oxysporum* e *Aspergillus flavus*.

Considerando que o enriquecimento dos resíduos da composteira com 39,9 % de material contendo mangiferina, em especial casca, polpa e semente de manga, produz húmus e biochorume com teores de 0,002 mgKg⁻¹ e 0,021-0,069



mgL⁻¹, respectivamente, é possível sugerir que o biochorume pode apresentar um potencial inseticida. No entanto maiores estudos com concentrações e espécies de pragas de culturas precisam ser realizados. Outras condições de compostagem, como utilização de resíduos com maiores teores de mangiferina, compostagem sem minhoca e/ou com outras espécies de minhoca estão sendo estudadas visando a obtenção de húmus e biochorume com maiores concentrações de mangiferina.

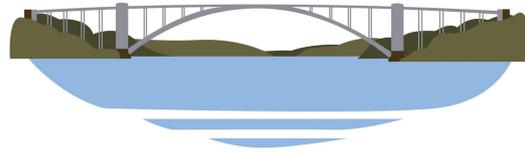
CONCLUSÃO

As análises mostraram também que a mangiferina apresenta diferentes rotas de comportamento durante o processo de compostagem tais como solubilização, estando presente no biochorume, e, em menor quantidade, a sua excreção de forma não metabolizada, estando presente no húmus e/ou biochorume. Não foi possível efetuar os cálculos exatos da porcentagem de mangiferina presente no resíduo que foi transferida para o húmus e biochorume, porém cálculos estimados mostram que a rota majoritária desta substância no processo de compostagem é a degradação pelo metabolismo das minhocas. Os teores remanescentes de mangiferina no biochorume e no húmus, juntamente com dados da literatura comprovam a atividade inseticida desta substância em diferentes espécies, sugerindo que o processo de compostagem com resíduos enriquecidos com manga pode gerar biofertilizantes com propriedades inseticidas.

Sugere-se estudos de atividade inseticida destes biofertilizantes contendo mangiferina em organismos, bem como, aplicação de outras condições de compostagem, como utilização de resíduos com maiores teores de mangiferina e/ou compostagem sem minhoca ou com outras espécies de minhoca visando à obtenção de húmus e biochorume com maiores concentrações de mangiferina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. **Programa Nacional Lixão Zero**. Brasília, DF, 2019. (Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana, 2). Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/agendaambientalurbana/lixao-zero/Programa-Lixao-Zero.pdf/@download/file/Programa-Lixao-Zero.pdf>. Acesso em: 06 out. 2022.
2. Ramos, R.V.R., de Oliveira, R.M., Teixeira, N.S., de Souza, M.M.V., Manhães, L.R.T., Lima, E.C.S. **Sustentabilidade: utilização de vegetais na forma integral ou de partes alimentícias não convencionais para elaboração de farinhas**. DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde, v. 15, p. 42765, 2020.
3. Abbade, E.B. **Desperdiço de Alimentos e Performance Logística: Uma Análise do Cenário Brasileiro**. Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 14, n. 5, p. 328, 2019.
4. da Silva, R.C., de Lima, L.M.O., Dantas, G.C.B., Pimental, P.M., Andrade Junior, T.E. **Aproveitamento do resíduo da casca do maracujá para fins alimentícios**. Gestão integrada de resíduos, p. 65, 2018
5. de Azevedo, L.C., Azoubel, P.M., Silva, I.R.A., Araújo, A.J. de B., de Oliveira, S.B. **Caracterização físico-química da farinha da casca de manga cv. Tommy Atkins**. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 21.; Seminário Latino-Americano e do Caribe de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 15., 2008, Belo Horizonte. Ciência e inovação para o desenvolvimento sustentável. Belo Horizonte: SBCTA, 2008.
6. Azevedo, O.O.C., Lima, D.V., Silva, N.S., Silva, G.S., Pontes, E.D.S., de Araújo, M.G.G., Pereira, D.E., Martins, A.C.S., Soares, J.K.B., Oliveira, M.E.G., Vieira, V.B. **Aproveitamento integral de resíduo de polpa de manga na elaboração e avaliação sensorial de leite fermentado**. Research, Society and Development, v. 9, n.6, e94963557, 2020.
7. do Nascimento Filho, W.B., Franco, C.R. **Avaliação do potencial dos resíduos produzidos através do processamento agroindustrial no Brasil**. Revista Virtual de Química, v. 7, n. 6, p. 1968-1987, 2015.
8. Khare, P., Shanker, K. **Mangiferin: A review of sources and interventions for biological activities**. BioFactors, v. 42, n. 5, p. 504-514, 2016.
9. Novio, B.V., Zipagan, M.B., Amarga, A.K.S. **Evaluation of some dicotyledonous seed extracts against coconut leaf beetle, Brontispa longissima (Gestro)(Coleoptera: Chrysomelidae) and sublethal effect to an endoparasitoid**. Journal of Biopesticides, v. 14, n. 2, p. 01-11, 2020.
10. Mahmoud, E., Abdel-Haleem, D.R., Farag, S.M., El-Ansari, M.A., Sobeh, M. **Larvicidal activity of pentagalloyl glucose and Mangiferin isolated from the waste of mango Kernel against Culex pipiens L. waste and biomass valorization**, v. 13, n. 1, p. 83-93, 2022.
11. Domínguez, J., Aira, M., Kolbe, A.R., Gómez-Bradon, M., Pérez-Losada, M., **Changes in the composition and function of bacterial communities during vermicomposting may explain beneficial properties of vermicompost**. Scientific reports, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2019.
12. Bharti, D., Singh, R., Arora, D., Arora, C. **Role of phytopesticides in sustainable agriculture**. In: Global Climate Change. Elsevier, 2021. p. 341-359.



13. Xavier, V.M., Message, D., Pincanço, M.C., Chediak, M., Santana Júnior, P.A., Ramos, R.S., Martins, J.C. **Acute toxicity and sublethal effects of botanical insecticides to honey bees.** Journal of Insect Science, v. 15, n. 1, 2015.
14. Aira, M., Pérez-Losada, M., Domínguez, J. **Diversity, structure and sources of bacterial communities in earthworm cocoons.** Scientific reports, v. 8, n. 1, p. 1-9, 2018.
15. Garcia, S.S.R., Pereira, D.R., Dutra, M.L.S., Ribeiro, A.W.P., Menezes, K.D.C., Cruz, R.F., Miranda, R.C.M., Gerude Neto, O.J.A. **Análise comparativa de adubos orgânicos oriundos de diferentes tipos de compostagem.** Interfaces Científicas-Saúde e Ambiente, v. 8, n. 2, p. 115-126, 2020.
16. Berardini, N., Fezer, R., Conrad, J., Beifuss, U., Carle, R., Schieber, A. **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, v. 53, n. 5, p. 1563-1570, 2005.
17. LUO, F., Lv, Q., Zhao, Y., Hu, G., Huang, G., Zhang J., Sun, C., Li, X., Chen, K. **Quantification and purification of mangiferin from chinese mango (*Mangifera indica* L.) cultivars and its protective effect on human umbilical vein endothelial cells under H2O2-induced stress.** International Journal of Molecular Sciences, v. 13, n. 9, p. 11260-11274, 2012.