

Biometria e coloração de frutos de fava-d'anta como indicadores do momento de coleta

Biometrics and coloring of fava-d'anta fruits as indicators of the harvest moment

Karoline Paulino Costa ^{1*}, Gabrielly Soares Ferreira¹, Francine Souza Alves da Fonseca¹, Alcinei Místico Azevedo¹, Lourdes Silva de Figueiredo¹, Ernane Ronie Martins¹¹

RESUMO

A rutina, flavonoide predominante nos frutos de fava-d'anta, apresenta ação protetora do sistema nervoso e de vasos capilares. O objetivo deste trabalho foi avaliar a relação entre os parâmetros biométricos, coloração e o teor de rutina, para a determinação do ponto ótimo de coleta de frutos de *D. mollis*. Para determinar o ponto de coleta, foram feitas oito coletas ao longo do desenvolvimento dos frutos. Os frutos coletados foram avaliados em relação à biometria, coloração, teor de rutina e quercetina e presença de isoquercetina. O comprimento médio dos frutos ($14,2 \pm 2,1$ cm) não variou entre as coletas, porém houve variação na massa seca ($4,3 \pm 2,9$ g; $16,1 \pm 6,1$ g) e espessura ($4,2 \pm 1,4$ mm; $8,8 \pm 4,2$ mm) entre a primeira e oitava coleta. Os frutos avaliados possuíam partes imaturas como predominantes. Os teores de rutina ($13,8 \pm 4,5\%$) e quercetina ($0,013 \pm 0,014$) não variaram entre as coletas. O rendimento final de rutina (0,63 g) e quercetina (0,00059 g), na última coleta, foi maior que nas demais. A isoquercetina foi detectada em todas as amostras. Conclui-se que, para garantir maior rendimento de rutina, os frutos de fava-d'anta, devem ser coletados imaturos, mas com tons mais amarelados e com maior massa seca e espessura.

Palavras-chave: *Dimorphandra mollis*; Quercetina; Isoquercetina; Flavonoides.

ABSTRACT

Rutin, the predominant flavonoid in fruits, has a protective action on the nervous system and capillary vessels. The objective of this work was to evaluate the relation between biometric parameters, color and rutin content, to determine the optimal point of harvest for *D. mollis* fruits. In order to determine the ideal harvest point, eight harvestings were made along the development of the fruits. The fruits were evaluated in relation to biometrics, color, rutin and quercetin content and the presence of isoquercetin. The average length of the fruits (14.2 ± 2.1 cm) did not vary among harvests, but there was variation in dry mass (4.3 ± 2.9 g; 16.1 ± 6.1 g) and thickness (4.2 ± 1.4 mm; 8.8 ± 4.2 mm) between the first and eighth harvest. The fruits assessed by this study had immature parts as predominant. The levels of rutin ($13.8 \pm 4.5\%$) and quercetin (0.013 ± 0.014) did not vary throughout harvests, thus, the final yield of rutin (0.63g) and quercetin (0.00059g), in the last harvest, was higher than in the other ones. Isoquercetin was detected in all samples analyzed. It is concluded that, in order to assure a higher rutin yield in the fruits of Fava-d'anta, they should be harvested while immature, but with more yellowish tones and with greater dry mass and thickness.

Keywords: *Dimorphandra mollis*; Quercetin; Isoquercetin; Flavonoids.

¹ ¹¹Universidade Federal de Minas Gerais.

* Correspondente autor, E-mail address: karoline_paulino21@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Os flavonoides são metabólitos secundários, que constituem o grupo mais diversificado dos compostos fenólicos, compreendendo as flavonas, flavanonas, isoflavonas, flavonois, flavanois e antocianinas (Panche et al., 2016). A composição química e a quantidade dos metabólitos secundários podem variar em relação a fatores, como incidência luminosa (Świgło et al., 2007) e estágio de desenvolvimento, tendendo a reduzir quanto mais avançada está a maturação (Hu et al., 2018).

Na subclasse dos flavonois está a rutina, um heterosídeo glicosilado, que tem a quercetina como precursora e a isoquercetina como molécula intermediária (Lucci e Mazzafera, 2009a). A rutina possui importantes propriedades farmacológicas, atua na proteção de vasos sanguíneos (Diwan et al., 2017; Shen et al., 2002), na regulação de disfunções como síndrome do ovário policístico (Hu et al., 2017) e redução de tumores de leucemia (Lin et al., 2011). Além disso, tem demonstrado potencial no tratamento de enfermidades atreladas a danos cerebrais, como Alzheimer e Parkinson (Javed et al., 2012; Khan et al., 2009), pela sua ação neuroprotetora.

As principais fontes de rutina para a comercialização são as espécies conhecidas popularmente como trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum* Moech, *Fagopyrum tataricum*), a árvore japonesa *Sophora japonica* L. e a fava-d'anta (*Dimorphandra mollis* e *Dimorphandra gardneriana*) (Becho et al., 2009), sendo a China o principal país exportador de rutina (Gupta et al., 2014). Entre as espécies utilizadas, para a comercialização de rutina, a *Dimorphandra mollis* destaca-se por sua ocorrência natural em áreas de Cerrado, estando presente em mais de 74% desse bioma (RATTER et al., 2003).

Os frutos da *Dimorphandra mollis* despertam o interesse da indústria pela constituição química, por ser abundante em flavonoides, principalmente a rutina (Gomes, 1998; Hubinger et al., 2009). A isoquercetina, substância intermediária da biossíntese de rutina, destaca-se também com potencial de aplicação industrial, por apresentar potencial para tratamento de doenças respiratórias (Fernandez et al., 2005). Em relação à absorção pelo organismo, a isoquercetina apresenta maior biodisponibilidade em relação à quercetina e rutina (Lee et al., 2013).

Apesar do interesse da indústria pelos frutos de fava-d'anta, um dos entraves é a obtenção dos frutos. Os frutos da fava-d'anta são obtidos pelo extrativismo, sendo coletados entre os meses de abril e agosto, a depender da localização da área de ocorrência

das árvores (Filizola, 2013). Por se tratar de frutos obtidos exclusivamente pelo processo de extrativismo, orientações são fundamentais, para que a coleta seja feita de forma que a espécie seja preservada, e o rendimento do composto de interesse seja maximizado. Assim, objetivou-se determinar o ponto ótimo, para a coleta de frutos de *Dimorphandra mollis*, considerando dados biométricos, colorimétricos correlacionados ao teor de flavonoides.

MATERIAL E MÉTODOS

Área do estudo e material vegetal

Os frutos de *Dimorphandra mollis* foram coletados na área de preservação ambiental (APA) do Rio Pandeiros, em Minas Gerais, Brasil (latitude: 15°13'34.85''S, longitude: 44°54'53.14''O). As coletas foram realizadas entre os meses de abril e julho de 2018, que corresponde ao período de frutificação da espécie na região. Foram realizadas oito coletas, com intervalo de 15 dias.

Os frutos foram acompanhados, durante seu desenvolvimento, entre os meses de abril e julho de 2018. Foram marcados 12 corimbo, em árvores distintas da área, de modo a garantir que os frutos avaliados durante oito coletas fossem advindos do mesmo corimbo.

Biometria

Os frutos coletados foram encaminhados ao Laboratório de Plantas Medicinais e Aromáticas do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Montes Claros – MG, Brasil, onde as análises biométricas e químicas foram realizadas. Os dados de comprimento (cm) e espessura (mm) foram determinados com o auxílio de régua graduada e paquímetro digital, respectivamente. A massa fresca foi obtida em balança de precisão (0,001g) e, após a secagem dos frutos em estufa de circulação forçada de ar (65 °C) até peso constante, foram pesados novamente em balança de analítica para a obtenção da massa seca (g).

Preparo do extrato para a análise de flavonoides

Os frutos foram moídos em moinho analítico de facas e transferidos (0,05 g) para tubo cônico tipo Falcon e acrescidos de metanol (5 mL, 80% v/v). O sistema foi deixado

em repouso por 24h ao abrigo da luz e centrifugado (4000 rpm) por 10 minutos, sendo o sobrenadante recolhido e utilizado nas análises (LUCCI; MAZZAFERA, 2009).

Análise de rutina, quercetina e isoquercetina

A análise dos flavonoides (rutina, quercetina e isoquercetina) foi realizada em cromatógrafo (CLAE-DAD) Shimadzu. As fases móveis utilizadas foram acetonitrila (grau HPLC) (A) e água ultrapura acidificada (0,5% v/v) com ácido fosfórico (B). O tempo de corrida foi de 45 minutos com o seguinte gradiente: a composição inicial de 80% B e 20% A, seguida do gradiente linear para 70% B e 30% A em 10 min; 10-25 min, de 70 a 78% de B e 30 a 22% de A; 25-30 min, de 78 a 80% B e 22 a 20% A; seguido de 15 minutos de pós-corrida com a composição inicial. O volume de injeção foi de 20 µL, com fluxo de 0,90 mL.min⁻¹ (Zhai et al. 2018). Os cromatogramas foram registrados a 190 a 450 nm, e a integração para quantificação de rutina a 350 nm e quercetina e 365 nm. Para a identificação dos metabólitos de interesse, foram utilizados o tempo de retenção (TR) e o espectro na região do ultravioleta, que foram comparados com dados obtidos, a partir da injeção dos padrões de rutina e quercetina (pureza > 95%, Sigma-Aldrich) com os mesmos parâmetros das amostras. O padrão de isoquercetina (pureza > 95%, Sigma-Aldrich) foi injetado (500 ppm) e o tempo de retenção foi o critério para confirmação, juntamente com o espectro de Uv-Vis (330 nm) nas amostras analisadas. O software utilizado para registro e análise dos cromatogramas e espectros foi o LC solution.

A partir da injeção dos padrões de rutina e quercetina, em faixa linear de concentração, foram obtidas as equações de regressão (curva de calibração) para a quantificação desses flavonoides nos extratos (Tabela 1). Os limites de quantificação (LQ) e de detecção (LD) para os compostos, nas condições de trabalho utilizadas, foram calculados, sendo $LQ = (3,3 \times S_{xy}) / \alpha$ e $LD = (10 \times S_{xy}) / \alpha$, em que S_{xy} corresponde ao coeficiente angular e α ao erro-padrão da equação de regressão (Tabela 1).

Tabela 1- Equação de regressão e limites de quantificação (LQ) e detecção (LD) obtida, a partir da análise dos padrões de rutina e quercetina (pureza > 95%, Sigma-Aldrich), em faixa linear de concentração (mg L⁻¹), em cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por arranjo de diodos

Padrão	Concentração	Equação	r ²	LD (mg L ⁻¹)	LQ (mg L ⁻¹)
Rutina	40 a 1800	Y = 34946X - 194510	0,97	0,09	0,26

Quercetina	0,10 a 3,20	$Y = 58733X - 1284,6$	0,99	$1,36 \times 10^{-6}$	$4,13 \times 10^{-6}$
------------	-------------	-----------------------	------	-----------------------	-----------------------

* Y = Área absoluta do pico; X = Concentração do composto no extrato (mg L⁻¹)

Fonte: Costa, Ferreira, Fonseca, Azevedo, Figueiredo e Martins (2021).

Quantificação de flavonoides totais

Para a determinação do teor de flavonoides totais nos frutos, nos mesmos extratos preparados anteriormente (50 µL), foram adicionados de metanol (2 mL, 70%), de cloreto de alumínio (133 µL, 5% m/v) e de metanol (8,60 mL, 70% v/v). A reação permaneceu em repouso por 30 minutos e a absorbância lida a 425 nm em espectrofotômetro (Micronal) (Mendes et al. 2005). A equação de regressão, para a quantificação dos flavonoides, foi realizada com padrão de rutina.

Tabela 2- Equações de regressão obtidas, a partir da leitura de absorbância do padrão de rutina, para a quantificação de flavonoides em frutos de *Dimorphandra mollis*.

Padrão	Concentração (mg mL ⁻¹)	Equação	R ²
Rutina	0,005 a 0,03	$Y = 28,451X - 0,0047$	0,99

* Y = Absorbância; X = Concentração do composto (mg L⁻¹)

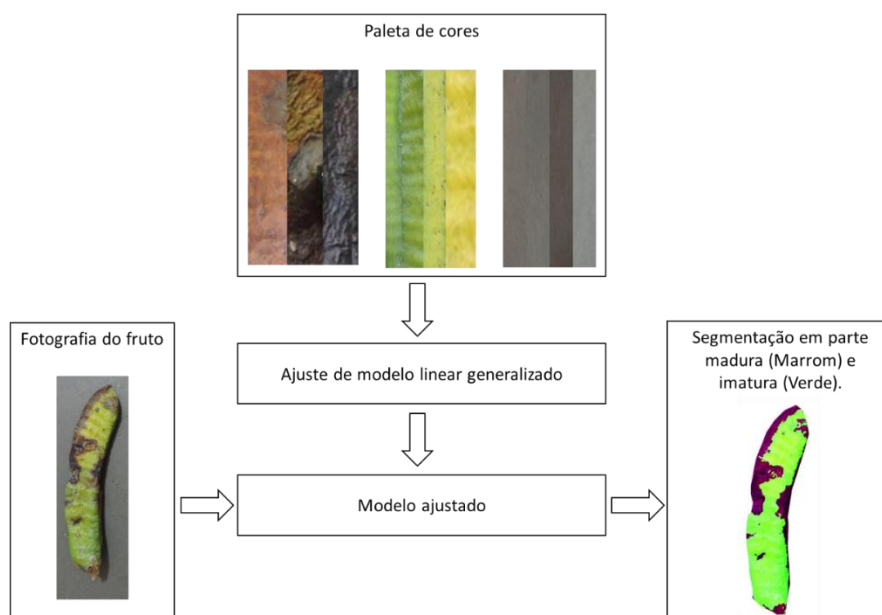
Fonte: Costa, Ferreira, Fonseca, Azevedo, Figueiredo e Martins (2021).

Análise de imagens

Os frutos coletados foram fotografados sob iluminação com lâmpadas fluorescentes brancas utilizando câmera fotográfica digital (Nikon P520). As fotos foram feitas com a câmera em posição paralela aos frutos, a uma altura de 30 cm. Posteriormente, as imagens digitais foram segmentadas, identificadas e mensuradas no software R, com o auxílio do pacote EImage (R Development Core Team, 2016). Nessa etapa, foi possível isolar na imagem o fundo e os tecidos imaturos e secos do fruto (Figura 1). Essa segmentação foi feita exclusivamente por cor, criando-se uma escala com os tons de branco contidos no fundo, com os tons de marrons contidos nos tecidos secos dos frutos e com os tons de verde contidos nas partes imaturas dos frutos. Desta forma, os valores de RGB, em cada pixel da paleta de cores, foram utilizados no ajuste de um modelo linear generalizado com função de ligação logístico. Após o ajuste desse modelo, cada pixel das imagens fotografadas foi categorizado, como fundo, tecido seco ou imaturo. Desta forma, para cada fruto foi estimada a média dos valores de vermelho, verde e azul (RGB) das partes imaturas e secas dos frutos. Além disso, sabendo o número de pixels categorizados,

como provenientes das partes secas e imaturas do fruto, estimou-se a porcentagem de tecido imaturo.

Figura 1- Fluxograma dos passos realizados para a segmentação das partes maduras e imaturas dos frutos de *Dimorphandra mollis*.



Fonte: Costa, Ferreira, Fonseca, Azevedo, Figueiredo e Martins (2021).

Análise de dados

As análises estatísticas foram realizadas no software R studio (Team, 2015). A análise descritiva dos dados de biometria, data de coleta e os resultados das análises químicas e das imagens por meio da função mean e sd. A fim de estudar a associação existente entre as variáveis, foi estimada a correlação de Spearman por meio da função cor. Para a melhor representação das estimativas de correlação, recorreu-se à representação gráfica em forma de rede por meio do pacote qgraph. A fim de verificar o efeito das variáveis colorimétricas, nos teores e rendimentos de flavonoides, rutina e quercetina, recorreu-se à regressão múltipla com o auxílio da função lm. Para isso, foi considerado o modelo: $Y_i = a + b \cdot Im_Perci + c \cdot Imaturo_Ri + d \cdot Imaturo_Gi + f \cdot Imaturo_Bi + g \cdot Maduro_Ri + h \cdot Maduro_Gi + i \cdot Maduro_Bi + e_i$. Em que Y_i é a variável dependente associada ao i -ésimo fruto; Im_Perci é porcentagem de tecido imaturo encontrado no i -ésimo fruto; $Imaturo_Ri$, $Imaturo_Gi$ e $Imaturo_Bi$ são os tons de Vermelho, verde e azul na parte imatura do fruto encontrado no i -ésimo fruto, respectivamente. $Maduro_Ri$, $Maduro_Gi$ e $Maduro_Bi$ são os tons de Vermelho, verde

e azul na parte madura do fruto encontrado no i-ésimo fruto, respectivamente; a é o intercepto; b, c, d, f, g, h e i são os efeitos lineares associados à cada variável explicativa; e, ei é o erro experimental associado ao i-ésimo fruto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos avaliados na primeira coleta apresentaram matéria seca média ($4,3 \text{ g} \pm 2,9$) e espessura ($4,2 \text{ mm} \pm 1,4$) inferiores quando comparados com a última coleta ($16,1 \text{ g} \pm 6,0$) e ($8,8 \text{ mm} \pm 4,2$), conforme Tabela 2. Os dados demonstram que os frutos passaram a desenvolver espessura e massa seca após o comprimento médio atingir $14,2 \text{ cm} \pm 2,1$. Os dados biométricos médios dos frutos, observados neste estudo, estão de acordo com dados da literatura. Sudré et al. (2011), ao caracterizar a divergência fenotípica de frutos de *Dimorphandra*, verificaram que o comprimento e o diâmetro médio dos frutos é de 13,16 e 2,97 cm, respectivamente. No entanto, no presente estudo, o comprimento variou de 18,02 a 10,49 cm, enquanto, para largura, os valores observados foram de 3,64 a 2,44 cm.

Tabela 3 - Variação da biometria em frutos de *Dimorphandra mollis*, em função de oito coletas realizadas entre os meses de abril e julho do ano de 2018, ao longo do desenvolvimento dos frutos, no município de Bonito de Minas – MG

Coleta	Espessura (mm)	Massa seca (g)	Comprimento (cm)
1	$4,2 \pm 1,4$	$4,3 \pm 2,9$	$12,9 \pm 2,6$
2	$5,5 \pm 1,7$	$7,2 \pm 4,4$	$13,6 \pm 2,5$
3	$6,8 \pm 2,1$	$9,1 \pm 4,6$	$15,3 \pm 2,0$
4	$7,3 \pm 2,1$	$9,9 \pm 5,3$	$14,0 \pm 1,7$
5	$8,7 \pm 2,0$	$12,6 \pm 4,6$	$14,3 \pm 1,1$
6	$9,1 \pm 2,5$	$14,6 \pm 6,6$	$15,4 \pm 2,2$
7	$9,4 \pm 2,1$	$14,6 \pm 5,1$	$14,3 \pm 2,1$
8	$8,8 \pm 4,2$	$16,1 \pm 6,1$	$14,3 \pm 2,0$
Média $\pm$ Desvio-padrão	$7,4 \pm 2,7$	$10,8 \pm 6,0$	$14,2 \pm 2,1$

Fonte: Costa, Ferreira, Fonseca, Azevedo, Figueiredo e Martins (2021).

Foi possível determinar o teor médio de rutina ($13,8 \% \pm 4,5$) e quercetina ($0,013 \% \pm 0,014$) e o teor de flavonoides totais ($23,21 \pm 4,86\%$) entre os períodos de coleta (Tabela 4). Os teores de rutina e quercetina não sofreram variações entre os períodos de

coleta, apesar de os frutos estarem em diferentes estágios de desenvolvimento, diferente do observado por Hu et al. (2018), em seu estudo avaliando frutos de manga, e também do observado por Griesser et al. (2008) que avaliaram frutos de morango. Esses autores observaram que quanto mais maduros os frutos, o teor desses flavonoides reduzia, demonstrando que as espécies possuem respostas metabólicas distintas. O teor de flavonoides totais médio foi próximo ao relatado por Hubinger et al. (2010), porém superior ao relatado por Macedo et al. (2004), o que pode justificar pela concentração do metanol utilizado ao preparo dos extratos, sendo, neste estudo, 80% v/v contra 70% v/v de Macedo e colaboradores. O método de extração e solvente utilizado influenciam na quantidade de metabólitos quantificados, sendo que soluções com maior quantidade de solventes polares, como, por exemplo, o metanol, tende a aumentar a quantidade de flavonoides extraídos e quantificados (Rockenbach et al., 2008; Santos et al., 2016; Spagolla et al., 2009). Além do método de extração e estágio de desenvolvimento, fatores como estação do ano (Coutinho et al., 2010), luminosidade (Gliszczynska et al. 2007) e localização geográfica (Santos, 2006) influenciam no teor de flavonoides produzido pelas plantas.

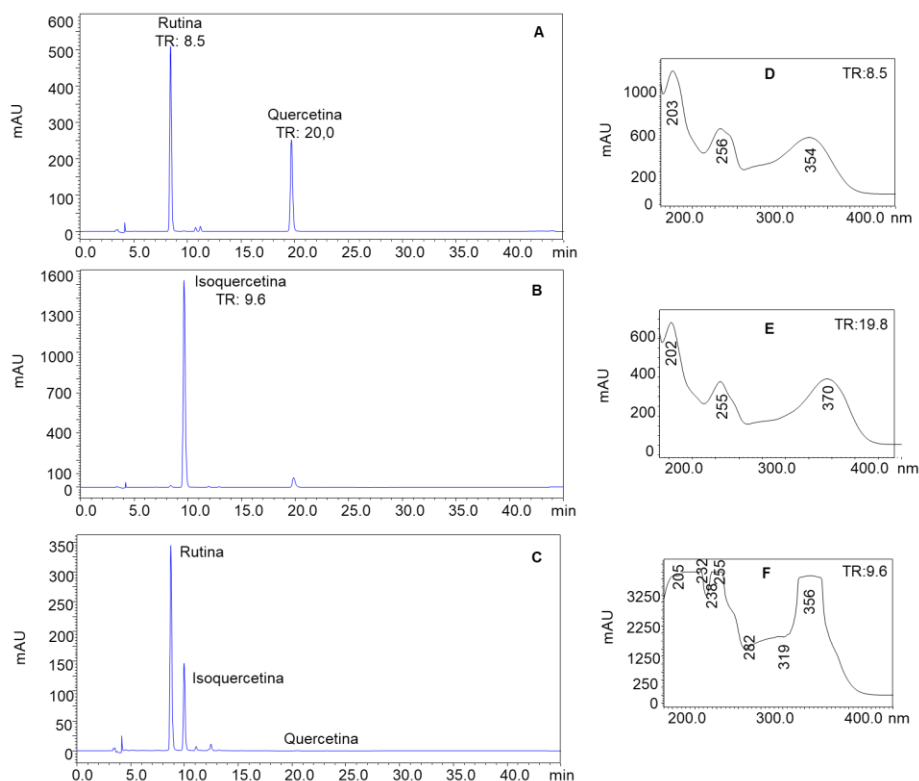
Tabela 4 - Teores de rutina (TR), quercetina (TQ) e de flavonoides totais (TF), em frutos de *Dimorphandra mollis*, em função de oito coletas realizadas entre os meses de abril e julho do ano de 2018, ao longo do desenvolvimento dos frutos, no município de Bonito de Minas – MG, Brasil

Coleta	Teor de Rutina (%)	Teor de Quercetina (%)	Teor de Flavonoides totais (%)
1	12,9 ± 4,0	0,021 ± 0,011	21,6 ± 4,5
2	16,7 ± 5,6	0,013 ± 0,007	25,0 ± 6,3
3	13,2 ± 4,6	0,011 ± 0,003	23,4 ± 5,1
4	13,9 ± 4,5	0,020 ± 0,032	24,5 ± 5,1
5	14,1 ± 4,1	0,009 ± 0,002	24,3 ± 4,9
6	12,1 ± 3,0	0,012 ± 0,014	21,7 ± 3,9
7	13,6 ± 5,5	0,008 ± 0,004	22,9 ± 5,2
8	12,7 ± 1,9	0,009 ± 0,002	21,7 ± 3,6
Média Geral	13,8 ± 4,5	0,013 ± 0,014	23,3 ± 3,4

Fonte: Costa, Ferreira, Fonseca, Azevedo, Figueiredo e Martins (2021).

As análises em CLAE indicaram que o perfil cromatográfico das amostras dos frutos seguiu o mesmo padrão entre todas as coletas, sendo os picos de maior intensidade o correspondente à rutina (TR: 8,5 min), seguido da isoquercetina (TR: 9,6 minutos). A quercetina (TR: 20,0 minutos) foi identificada pela injeção de padrão analítico e espectro de UV (Figura 2).

Figura 2 - Cromatogramas e espectros de absorção na região do ultravioleta dos padrões de rutina, isoquercetina e quercetina e extrato metanólico de *Dimorphandra mollis* analisados por cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por arranjo de diodos. A: Cromatograma obtido a partir da coinjeção dos padrões de rutina (200 mg L⁻¹) e quercetina (40 mg L⁻¹). B: Cromatograma obtido da injeção do padrão de isoquercetina (200 mg L⁻¹). C: Cromatograma obtido a partir da injeção do extrato metanólico (1000 mg L⁻¹). D: Espectro na região do ultravioleta (350 nm) do padrão de rutina. E: Espectro de na região do ultravioleta (365 nm) do padrão de quercetina. F: Espectro na região do ultravioleta (330 nm) do padrão de isoquercetina

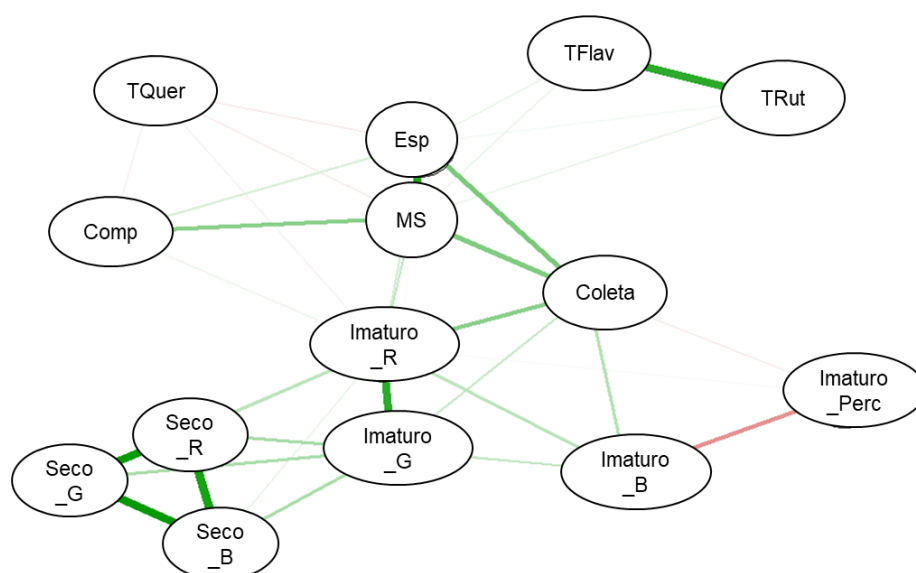


Fonte: Costa, Ferreira, Fonseca, Azevedo, Figueiredo e Martins (2021).

O perfil cromatográfico reproduzível entre amostras de fava-d'anta também foi observado por Vieira (2018). Esse mesmo autor relata que o teor de rutina tende a reduzir a partir do momento em que os frutos de fava-d'anta perdem a coloração verde, tornando-se maduros. O resultado da correlação entre as variáveis químicas analisadas, biométricas e a análise das imagens corrobora com o observado por esse autor. Na Figura 3 estão

representadas as correlações significativas pelo teste t ($p \leq 0,05$) entre todas as variáveis analisadas neste trabalho. Observou-se que, quando coletados mais tardios, menor tende a ser a porcentagem de tecido imaturo nos frutos de fava-d'anta.

Figura 3 - Correlações entre variáveis biométricas (Comp = comprimento, Esp = Espessura, MS = Massa seca), data de coleta (Coleta), os teores de quercetina (TQuer), rutina (TRut) e flavonoides (TFlav) e a proporção dos frutos correspondentes ao imaturo (Imaturo_Perc, Imaturo_B, Imaturo_G e Imaturo_R) e seco (Seco_B, Seco_G e Seco_R) de frutos de *Dimorphandra mollis* coletados entre abril e julho de 2018, na Área de Proteção Ambiental do rio Pandeiros, no Norte de Minas Gerais. * A existência de linhas entre as variáveis indica presença de correlação significativa. ** Linhas verdes representam correlação positiva e linhas vermelhas correlações negativas. Quanto mais próxima de 0 for o coeficiente de correlação, mais fina e clara é a linha. *** _R, _G, _B corresponde ao sistema de cores das imagens, sendo _R: Vermelho, _G: Verde e _B: Azul.

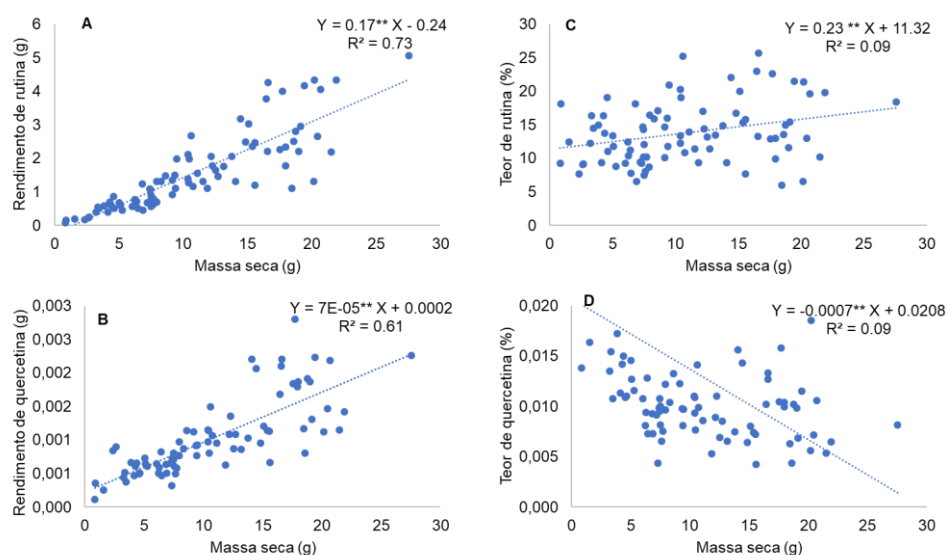


Fonte: Costa, Ferreira, Fonseca, Azevedo, Figueiredo e Martins (2021).

O período de coleta, ao mesmo tempo em que se correlaciona negativamente com a porcentagem de tecido imaturo nos frutos, correlaciona-se positivamente com a massa seca e a espessura (Figura 3). A partir do aumento da massa seca e da espessura dos frutos, o teor de rutina tende a aumentar ($r = 0,3$) e o de quercetina a reduzir ($r = -0,29$), porém com baixa proporcionalidade. Assim, utilizando a média do teor de rutina, observa-se que o rendimento por fruto tende a aumentar, enquanto o rendimento de quercetina tende a reduzir conforme pode ser observado na Figura 4. Os flavonoides estão presentes em

maior teor no epicarpo e mesocarpo dos frutos (Macedo et al., 2004), partes que resultam em acréscimo da massa seca e espessura dos frutos fato que pode estar relacionado ao maior rendimento de rutina (g de rutina por fruto coletado) na coleta final.

Figura 4 - Rendimento de rutina (A) e quercetina (B) e Teores de rutina (C) e quercetina (D), em função da massa seca do fruto de *Dimorphandra mollis*, coletados no Norte de Minas Gerais e analisados por cromatografia líquida de alta eficiência com detecção por arranjo de diodos. ** Significativo a 1% de probabilidade



Fonte: Costa, Ferreira, Fonseca, Azevedo, Figueiredo e Martins (2021).

De forma geral, houve correlação entre todos os atributos colorimétricos. Porém apenas os tons de vermelho do tecido imaturo (Imaturo_R) se associou de forma negativa com o teor de quercetina, e a baixa estimativa de correlação indica baixa proporcionalidade (Figura 3). A fim de compreender melhor a associação entre os parâmetros colorimétricos avaliados e os flavonoides rutina e quercetina, realizou-se estudo de regressão múltipla (Tabela 5). Verificou-se a significância da regressão apenas para o rendimento de rutina. Nesse caso, não houve efeito significativo dos tons de vermelho, verde e azul (Seco_R, Seco_G e Seco_B) do tecido maduro. Porém, verificou-se efeito significativo e positivo, para a porcentagem de tecido imaturo e, além disso, efeitos significativos positivos para os tons de vermelho e azul do tecido imaturo e negativo para o tom de verde do tecido imaturo. Isso indica que os maiores rendimentos de rutina foram encontrados, em frutos mais imaturos, porém com tom de verde menos expressivo, ou seja, mais amarelado.

Tabela 5 - Estimativas de coeficientes de regressão múltipla entre teores de flavonoides (TFlav), rutina (TRut) e quercetina (TQuec), rendimento de rutina (RRut) e quercetina (RQuec) e parâmetros colorimétricos de frutos de *Dimorphandra mollis*, coletados no Norte de Minas Gerais.

Parâmetros	TFlav (%)	TRut (%)	TQuec (%)	RRut (g)	RQuec (g)
Intercepto	8,99	1,22	0,05	-3,27	0,001
Tecido Imaturo (%)	5,79	-0,16	-0,02	4,21*	0,002
Imaturo_R	28,75	22,62	-0,10 *	15,33**	0,005
Imaturo_G	-25,23	-16,99	0,04	-16,56**	-0,008
Imaturo_B	10,05	18,59	0,04	7,44**	0,005
Seco_R	-42,73	-96,66*	-0,03	-3,87	0,006
Seco_G	142,26	226,90**	-0,01	12,86	-0,017
Seco_B	-91,5 *	-124,54**	0,04	-8,30	0,011
R ²	0,14	0,16	0,14	0,27	0,101
Teste F	1,77	2,01	1,76	3,96**	1,224

Fonte: Costa, Ferreira, Fonseca, Azevedo, Figueiredo e Martins (2021).

Os resultados deste trabalho demonstram que características biométricas dos frutos de fava-d'anta podem ser utilizadas como indicadores para a definição do momento de coleta dos frutos. Frutos coletados com comprimento a partir de 14,2 cm, massa seca de 16,1 g e, ainda imaturos, mas com tom amarelado são mais viáveis para a indústria e para o coletor, pois a indústria receberá frutos com maior rendimento de rutina, e o coletor será melhor remunerado pelo peso dos frutos. Apesar de os frutos com tons amarelados serem viáveis para a indústria, em relação ao teor de rutina, os comerciantes locais não compram os frutos maduros, conforme relato por Nunes *et al.* (2012), em que um dos seus entrevistados relata que "*Se estiver madura, com cheiro de banana, o pessoal da empresa não compra*".

CONCLUSÃO

Para garantir maior rendimento de rutina nos frutos de fava-d'anta eles devem ser coletados imaturos, mas com tons mais amarelados e com maior massa seca e espessura.

REFERÊNCIAS

- AL-SHABIB, N. A.; HUSAIN, F. M.; AHMAD, I.; KHAN, M. S.; KHAN, R.A.; KHAN, J. M. Rutin inhibits mono and multi-species biofilm formation by foodborne drug resistant *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. **Food Control**, v. 79, n. C, p. 325-332, 2017. DOI: 10.1016/j.foodcont.2017.03.004.
- BECHO, J. R. M.; MACHADO, H.; GUERRA, M. O. Rutina – estrutura, metabolismo e potencial farmacológico. **Revista Interdisciplinar de Estudos Experimentais: Animais e Humanos**, v. 1, n. 1, p. 21-25, 2009.
- COUTINHO, I. D.; KATAOKA, V. M. F.; HONDA, N. K.; COELHO, R. G.; VIEIRA, M. C.; CARDOSO, C. A. L. Influência da variação sazonal nos teores de flavonóides e atividade antioxidante das folhas de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg, Myrtaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 3, p. 322-327, jul., 2010.
- DIWAN, V.; BROWN, L.; GOBE, G. C. The flavonoid rutin improves kidney and heart structure and function in an adenine-induced rat model of chronic kidney disease. **Journal of Functional Foods**, v. 33, p. 85-93, 2017. DOI: 10.1016/j.jff.2017.03.012.
- FERNANDEZ, J.; REYES, R.; PONCE, H.; OROPEZA, M.; VANCALSTEREN, M. R.; JANKOWSKI, C.; CAMPOS, M. G. Isoquercitrin from *Argemone platyceras* inhibits carbachol and leukotriene D4-induced contraction in guinea-pig airways. **European Journal of Pharmacology**, v. 522, p. 108-115, 2005. DOI: 10.1016/j.ejphar.2005.08.046.
- FILIZOLA, B. C. **Boas Práticas de Manejo para o Extrativismo Sustentável da Fava d'anta**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2013. ISBN 978-85-63288-12-7.
- GLISZCZYŃSKA-ŚWIGŁO, A.; KAŁUŻEWICZ, A.; LEMAŃSKA, K.; KNAFLEWSKI, M.; TYRAKOWSKA, B. The effect of solar radiation on the flavonol content in broccoli inflorescence. **Food Chemistry**, v. 100, n. 1 p. 241-245, dez., 2007. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.09.048.
- GOMES, L. J. **Extrativismo e comercialização da favad'anta (*Dimorphandra* sp.): estudo de caso na região de cerrado de Minas Gerais**. 1998. 158 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.
- GRIESSER, M.; HOFFMANN, T.; BELLIDO, M.; ROSATI, C.; FINK, B.; KURTZER, R.; AHARONI, A.; MUÑOZ-BLANCO, J.; SCHWAB, W. Redirection of flavonoid biosynthesis through the down-regulation of an anthocyanidin glucosyltransferase in ripening strawberry fruit. **Plant Physiology**, v. 146, p. 1528-1539, 2008. DOI:10.1104/pp.107.114280.
- GUPTA, N.; CHAUHAN, R. S.; PRADHAN, J. K. Rutin: A Bioactive Flavonoid. In: **Handbook of Medicinal Plants and Their Bioactive Compounds**. Research Signpost, Kerala, p. 51-57, 2014.
- HU, K.; DARS, A. G.; LIU, Q.; XIE, B.; SUN, Z. Phytochemical profiling of the ripening of Chinese mango (*Mangifera indica* L.) cultivars by real-time monitoring using UPLC-ESI-QTOF-MS and its potential benefits as prebiotic ingredients. **Food chemistry**, v. 256, p. 171-180, 2018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.02.014.
- HU, T.; YUAN X.; YE, R.; ZHOU, H.; LIN, J.; ZHANG, C.; ZHANG, H.; WEI, G.; DONG, M.; HUANG, Y.; LIM, W.; LIU, Q.; LEE, H. J.; JIN, W. Brown adipose tissue activation by rutin ameliorates polycystic ovary syndrome in rat. **J. Nutr. Biochem.**, v. 47, p. 21-28, 2017.

DOI: 10.1016/j.jnutbio.2017.04.012.

HUBINGER, S. Z.; SALGADO, H. R. N.; MOREIRA, R. R. D. Controles físico, físico-químico, químico e microbiológico dos frutos de *Dimorphandra mollis* Benth., Fabaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 3, p. 690-696, 2009.

JAVED, H.; KHAN, M. M.; AHMAD, A.; VAIBHAV, K.; AHMAD, M. E.; KHAN, A.; ASHAFAQ, M.; ISLAM, F.; SIDDIQUI, M. S.; SAFHI, M. M. Rutin prevents cognitive impairments by ameliorating oxidative stress and neuroinflammation in rat model of sporadic dementia of Alzheimer type. **Neuroscience**, v. 210, p. 340-352, 2012.

KHAN, M. M.; AHMAD, A.; ISHRAT, T.; KHUWAJA, G.; SRIVASTAWA, P.; KHAN, M. B.; RAZA, S. S.; JAVED, H.; VAIBHAV, K.; KHAN, A.; ISLAM F. Rutin protects the neural damage induced by transient focal ischemia in rats. **Brain Research**, v. 1292, p. 123-135, 2009. DOI: 10.1016/j.brainres.2009.07.026.

LEE, Y.; HUH, J.; NAM, S.; KIM, D.; LEE, S. Synthesis of Quercetin-3-O-Glucoside from Rutin by *Penicillium decumbens* Naringinase. **Journal of food science**, v. 78, n. 3, p. C411-C415, 2013.

LIN, J. P.; YANG, J. S.; LIN, J. J.; LAI, K. C.; LU, H. F.; MA, C. Y.; SAI-CHUEN WU, R.; WU, K. C.; CHUEH, F. S.; GIBSON WOOD, W.; CHUNG, J. G. Rutin inhibits human leukemia tumor growth in a murine xenograft model in vivo. **Environ Toxicol**, v. 27, n. 8, p. 480-484, 2011.

LUCCI, N.; MAZZAFERA, P. Rutin synthase in fava d'anta: purification and influence of stressors. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 89, n. 5, p. 895-902, 2009.

LUCCI, N.; MAZZAFERA, P. Distribution of rutin in fava d'anta (*Dimorphandra mollis*) seedlings under stress. **Journal of Plant Interactions**, v. 4, n. 3, p. 203-208, 2009.

MACEDO, E. A. S.; MENDES, A. D. R.; QUEIROZ, J. M. R.; MARTINS, E. R. Influência da época de colheita, procedimento de secagem e parte do fruto no teor de flavonóides em fava d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 7, n. 1, p. 1-5, 2004.

MENDES, A. D. R.; MARTINS, E. R.; FERNANDES, L. A.; MARQUES, C. C. L. Produção de biomassa e de flavonóides totais por fava d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth) sob diferentes níveis de fósforo em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 7, n. 2, p. 7-11, 2005.

NUNES, J. D.; NERY, P. S.; FIGUEIREDO, L. S.; COSTA, C. A.; MARTINS, E. R. O extrativismo da fava d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) na região do Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 14, n. 2, p. 370-375, 2012.

PANCHE, A. N.; DIWAN, A. D.; CHANDRA, S. R. Flavonoids: an overview. **Journal of Nutritional Science**, v. 5, p. 1-15, 2016. DOI: 10.1017/jns.2016.41.

RATTER, J. A.; BRIDGEWATER, S.; RIBEIRO, J. F. Analysis of the floristic composition of the Brazilian cerrado vegetation III: comparison of the woody vegetation of 376 areas. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 60, p. 57-109, 2003.

ROCKENBACH, I. I.; SILVA, G. L.; RODRIGUES, E.; KUSKOSKI, E. M.; FETT, R. Influência do solvente no conteúdo total de polifenóis, antocianinas e atividade antioxidante de extratos de bagaço de uva (*Vitis vinifera*) variedades Tannat e Ancelota. **Food Science and**

Technology, Campinas, v. 28, p. 238-244, 2008.

SANTOS, M. A. I.; SIMÃO, A. A.; MARQUES, T. R.; SACKZ, A. A.; CORRÊA, A. D. Efeito de diferentes métodos de extração sobre a atividade antioxidante e o perfil de compostos fenólicos da folha de mandioca. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 19, 2016.

SHEN, S. C.; LEE, W. R.; LIN, H. Y.; HUANG, H. C.; KO, C. H.; YANG, L. L.; CHEN, Y. C. In vitro and in vivo inhibitory activities of rutin, wogonin, and quercetin on lipopolysaccharide-induced nitric oxide and prostaglandin E2 production. **European journal of pharmacology**, v. 446, p. 187-194, 2002.

SPAGOLLA, L. C.; SANTOS, M. M.; PASSOS, L. M. L.; AGUIAR, C. L. Extração alcoólica de fenólicos e flavonóides totais de mirtilo “Rabbiteye” (*Vaccinium ashei*) e sua atividade antioxidante. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 30, n. 2, 2009.

SUDRÉ, C. P.; RODRIGUES, R.; GONÇALVES, L. S. A.; MARTINS, E. R.; BENTO, C. S. Coleta, caracterização e divergência fenotípica de frutos de fava-d’anta. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 4, p. 1-8, 2011.

ŚWIGŁO, A. G; KALUŻEWICZ, A.; LEMAŃSKA, K.; KNAFLEWSKI, M.; TYRAKOWSKA, B. The effect of solar radiation on the flavonol content in broccoli inflorescence. **Food Chemistry**, v. 100, p. 241-245, 2007.

TEAM, R.S. RStudio: integrated development for R. RStudio. Inc., Boston, MA 700. 2015.

VIEIRA, I. T. D. **Monitoramento de flavonoides totais e rotina em frutos de fava-danta (*Dimerphandra mollis* Benth.)**. 2018. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2018.

ZHAI, K. F.; DUAN, H.; SHI, S. X.; LIU, L. L.; CAO, W. G.; GAO, G. Z.; SHAN, L. L. Synchronised determination of chlorogenic acid and five flavonoids in mulberry leaves using HPLC with photodiode array detection. **Quality Assurance and Safety of Crops & Foods**, v. 10, n. 2, p. 175–182, 2018.

Recebido em: 16/06/2022

Aprovado em: 21/07/2022

Publicado em: 27/07/2022