

Quantificação de flavonoides totais da *Eruca vesicaria* (L.) Cav. cultivada de forma hidropônica na região oeste do Paraná

Quantification of total flavonoids of *Eruca vesicaria* (L.) Cav. cultivated from hydroponic form in the west region of Paraná

<https://doi.org/10.32712/2446-4775.2022.1186>

Lobo, Viviane da Silva^{1*}; Malikosky, Monique¹; Lopes, Andrey¹; Gonçalves, Adson Ruan¹; Aguiar, Caroline Mariane¹; Rosa, Mauricio Ferreira da².

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *campus* Toledo. Rua Cristo Rei, 19, Vila Becker, CEP 85902-040, Toledo, PR, Brasil.

²Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* Toledo. Rua da Faculdade, 645, Jardim Santa Maria, CEP 85903-000, Toledo, PR, Brasil.

*Correspondência: vivianelobo@utfpr.edu.br.

Resumo

A hortaliça *Eruca vesicaria* (L.) Cav., popularmente conhecida como rúcula, apresenta vários benefícios à saúde tais como, atividades anti-inflamatórias e antioxidantes em organismos vivos, por apresentar em sua composição proteínas, vitaminas A e C, sais minerais e flavonoides. Os flavonoides têm recebido muita atenção nos últimos anos devido aos vários efeitos benéficos, como auxiliador no controle de processos anti-inflamatórios. O trabalho teve como objetivo quantificar flavonoides totais da rúcula produzida de forma hidropônica na região oeste do Paraná, utilizando agitação mecânica por Shaker a 170 rpm, com diferentes tempos (12, 24, 36 e 48 h) e temperaturas (25°C e 55°C), além de, também, considerar o tempo de cultivo da planta (7, 14 e 21 dias). O material vegetal fresco foi cortado e utilizou-se 5 g das folhas da hortaliça, com a umidade de 92%, a 100 mL de solvente (metanol e água). Após a obtenção dos extratos, realizou-se a leitura dos flavonoides totais no espectrofotômetro UV-Vis em comprimento de onda 440 nm, em comparação com a curva padrão de quercetina. Para os testes realizados, o resultado mais satisfatório foi obtido com metanol (MeOH) 80%, no tempo de extração de 12 h a 55°C, utilizando a planta cultivada por 7 dias.

Palavras-chave: Rúcula. Extrato vegetal. Flavonoides. Hidropônico. Quercetina.

Abstract

The *Eruca vesicaria* (L.) Cav. vegetable, popularly known as arugula, has several health benefits, such as anti-inflammatory and antioxidant activities in living organisms, as it contains proteins, vitamins A and C, minerals and flavonoids. Flavonoids have received a lot of attention in recent years due to the various beneficial effects, as an aid in the control of anti-inflammatory processes. The work aimed to quantify total flavonoids from arugula produced in a hydroponic way in western Paraná, using mechanical shaking by Shaker at 170 rpm, with

different times (12, 24, 36 and 48 h) and temperatures (25°C and 55°C), besides also considering the plant's cultivation time (7, 14 and 21 days). The fresh vegetable material was cut and 5 g of the leaves of the vegetable were used, with the humidity of 92%, to 100 mL of solvent (methanol - MeOH and water). After obtaining the extracts, the total flavonoids were read on the UV-Vis spectrophotometer at wavelength 440 nm, compared to the standard quercetin curve. For the tests carried out, the most satisfactory result was obtained with 80% MeOH, in the extraction time of 12 h at 55°C, using the plant grown for 7 days.

Keywords: Arugula. Vegetable extract. Flavonoids. Hydroponic. Quercetin.

Introdução

Eruca vesicaria (L.) Cav., também denominada de *Eruca sativa* Miller, é conhecida popularmente como Rúcula, e considerada uma planta natural com altos teores benéficos^[1], pertencente à família *Brassicaceae*, possuindo um sabor picante e odor agradável. Suas folhas são usadas geralmente na forma de saladas. Entre as suas espécies, apenas três são de consumo humano, sendo a *Eruca sativa* Miller a mais consumida no Brasil^[2].

Segundo Stringheta *et al.*^[3], o consumo de hortaliças como rúcula, couve, agrião, espinafre, acelga e brócolis auxilia consideravelmente na proteção do organismo contra doenças degenerativas devido à existência de antioxidantes. Dessa forma, obtendo o extrato a partir da rúcula pode proporcionar a maior concentração de flavonoides para possíveis aplicações terapêuticas, podendo-se conhecer melhor a qualidade do vegetal e suas atividades^[4,5].

Os princípios ativos de compostos oriundos de plantas têm sido estudados no tratamento de várias doenças, incluindo os processos inflamatórios de várias razões, fornecendo assim um alívio dos sintomas. Entre os abundantes princípios ativos presentes na natureza, os flavonoides integram uma das mais importantes classes dessas substâncias^[6]. Os metabólitos secundários desempenham um papel importante na fitoterapia por possuírem vários efeitos biológicos e fornecendo tratamento para as variadas doenças, além de terem como função principal a de proteger as plantas dos patógenos^[6,7].

Os princípios ativos das plantas são substâncias responsáveis pelo efeito terapêutico. Entretanto, a sua atividade está relacionada com a quantidade presente^[8]. Assim, a determinação desses princípios ativos é muito importante, pelo fato de que a quantidade de substâncias ativas presentes em uma determinada planta diferencia-se segundo às características climáticas, a que se expõe no seu local de cultivo (habitat, regime de chuvas, insolação, tipo de solo, sazonalidade, etc.), à idade da espécie, à época da colheita e às condições de estocagem. Por isso, a avaliação e determinação desses princípios são tarefas imprescindíveis para a aquisição de produtos de boa qualidade^[7,9].

Tem sido largamente utilizado pela população, como recurso terapêutico, o emprego de técnicas com uso de plantas medicinais, o que as tornam uma das principais fontes naturais de compostos biologicamente ativos^[6]. No início do ano de 2000, a Organização Mundial da Saúde (OMS) apresentou dados de que cerca de 80% da população mundial manipulavam e utilizavam plantas medicinais, hortaliças, para combater algum problema de saúde, como pressão alta, gripe, tosse, entre outras doenças^[9,10].

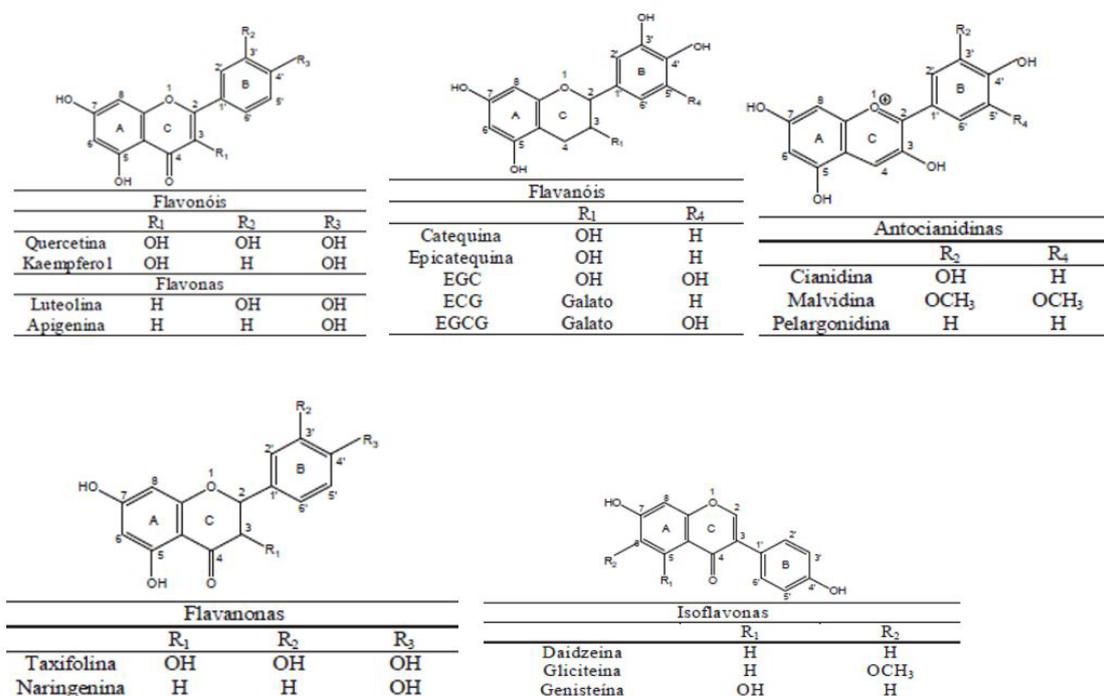
Os produtos naturais podem ser utilizados como compostos para o equilíbrio de pragas e doenças^[11,12], além de muitos serem utilizados na alimentação humana com a finalidade de destacar o sabor e preservar os alimentos^[13].

As plantas exibem diversas vias metabólicas que originam diferentes compostos, dentre os quais podem ser citadas: alcaloides, flavonoides, quinonas, taninos e terpenos ^[14,15].

Flavonoides

Os flavonoides são considerados metabólitos secundários sintetizados pelas plantas, pertencentes ao grupo dos compostos fenólicos. Podem ser encontrados em frutas, verduras, hortaliças, sementes e flores, tornando-se importantes componentes da dieta humana^[16]. Flavonoides são compostos fenólicos que se diferenciam entre si pela sua estrutura química, apresentando 15 átomos de carbono na forma C6 – C3 – C6, apoiada no núcleo de dois anéis benzênicos (A e B), sendo esses ligados a um anel pirano (C-1,2) (**FIGURA 1**).

FIGURA 1: Principais classes dos flavonoides^[17].



Essa classe de compostos pode ser encontrada em alimentos de forma de O-glicosídeos, com a molécula de açúcar ligada na posição 3 e, em alguns casos, na posição 7 (**FIGURA 1**)^[18,19].

Mais de 8000 flavonoides diferentes já foram descritos e podem ser classificados de acordo com seus substituintes nos anéis (**FIGURA 1**)^[20]. Duas das principais classes de flavonoides são: flavonóis (miricetina, quercetina e kaempferol) e flavonas (apigenina e luteolina)^[21,22], destacando-se esses os mais distribuídos nos alimentos e por isso os mais estudados sobre compostos anticarcinogênicos.

Segundo Winkell-Shirley^[23], as antocianidinas e os flavonoides atuam nas plantas despertando interesses de polinizadores e disseminadores de sementes. Além disso, eles conferem pigmentação em frutas, flores,

sementes e folhas. Os flavonoides têm notáveis funções de sinalização entre plantas e micróbios, de fertilidade em algumas espécies, de defesa como agentes antimicrobianos e de proteção à radiação ultravioleta.

As antocianidinas são pigmentos fenólicos solúveis em água, que pertencem à classe dos flavonoides responsáveis pelas variações de cor, gradativamente entre laranja, vermelho e azul, visíveis nas frutas, hortaliças, flores, folhas e raízes^[24-26]. Na alimentação humana, podem substituir os pigmentos artificiais utilizados na produção de comida industrializada.

Já os flavonoides, denominados isoflavonas, pertencem à classe dos fitoestrógenos e estão amplamente distribuídos no reino vegetal^[27].

Huber *et al.*^[17] (**TABELA 1**) avaliaram as diversas fontes de flavonoides entre hortaliças consumidas no Brasil, de primeira analisaram 20 tipos de hortaliças e verificaram que as principais fontes de flavonoides são: cebola, couve e rúcula com relevantes teores de quercetina; rúcula e couve, com elevados teores de kaempferol e; salsa, com grande quantidade de apigenina. Arabbi *et al.*^[28] também analisaram algumas hortaliças, entre elas: a alface, almeirão, cebola, laranja, pimentão, rúcula, maçã e tomate, e encontraram os maiores teores de quercetina em cebola roxa, e cebola branca. Já o kaempferol foi encontrado somente em almeirão e rúcula.

TABELA 1: Teores de flavonoides e flavonas em alguns alimentos brasileiros: verduras, frutas e legumes^[17,28].

Concentração ($\mu\text{g g}^{-1}$ parte comestível)					
Hortaliças	N	Quercetina	Kaempferol	Apigenina	Luteolina
Alface Lisa ^[28]	2	27	Nd	Nd	6
Alface Crespa ^[28]	2	195	Nd	Nd	2
Alface Roxa ^[28]	2	412	Nd	Nd	60
Almeirão ^[28]	2	144	74	23	Nd-78
Cebola Branca ^[28]	2	519	Nd	Nd	nd
Cebola Branca ^[17]	5	323	Nd	Nd	nd
Cebola Roxa ^[28]	2	660	Nd	Nd	nd
Couve ^[17]	5	399	399	Nd	nd
Pimentão Amarelo ^[28]	2	14	Nd	Nd	10
Pimentão Verde ^[28]	2	30	Nd	Nd	16
Pimentão Vermelho ^[28]	2	8	Nd	Nd	6
Rúcula (arugula) ^[28]	2	Nd-139	724	Nd	nd
Tomate de Salada ^[28]	1	5	Nd	Nd	nd

N = número de lotes analisados individualmente; nd = não detectado.

Quercetina

A quercetina (3',4',3,5,7-pentahidroxiflavonol) (**FIGURA 1**) é classificada como um flavonol, e considerada como um dos flavonoides mais abundantes na natureza^[29].

A organização molecular da quercetina nos vegetais depende de diversos fatores de acordo com o vegetal, e da variação das espécies. A quercetina ocorre principalmente na forma glicona, mas também pode ser encontrada como glicosídeo, tendo um ou mais grupos de açúcares na posição C3. Diferentes glicosídeos

de quercetina já foram descritos, sendo a rutina (quercetina-3-O-rutinosídeo) um dos mais comuns encontrados na natureza^[29]. Ela é encontrada em alguns frutos e legumes, principalmente nas folhas, nas quais está associada a diversos efeitos farmacológicos^[30].

A quercetina tem corroborado a um efeito anti-inflamatório por inibição de COX- 2 e de óxido nítrico sintase. A luteolina e a quercetina também podem reduzir a ativação do sistema complemento, o que diminui a adesão de células inflamatórias no endotélio, reduzindo a resposta inflamatória^[31].

Rúcula

A rúcula (**FIGURA 2**) é considerada uma hortaliça anual que pertence à família *Brassicaceae*, considerada de porte baixo, possui normalmente altura de 15 a 20 cm, folhas verdes e recortadas, tendo como centro de origem e de domesticação do gênero *Eruca*, o mediterrâneo e oeste da Ásia^[32].

FIGURA 2: *Eruca sativa* (rúcula).



Segundo Trani *et al.*^[33], para ter um bom desenvolvimento da planta e para a obtenção de folhas grandes e tenras, são necessárias temperaturas entre 15 a 18°C, sendo março a julho (outono/inverno) a melhor época de plantio. Os autores ainda relatam que, quando ocorrem temperaturas altas, a produção se prejudica, as folhas acabam ficando menores e lignificadas, tornando-se inadequadas para a comercialização. Porém, Filgueira^[2] apresenta que a rúcula tem sido cultivada durante o ano todo em diferentes climas e diversas regiões brasileiras, mesmo que sua produção seja mais eficiente sob temperaturas amenas.

Materiais e Métodos

Hortaliça

A hortaliça utilizada no trabalho foi a rúcula, *Eruca sativa*, cultivada em sistema hidropônico, com controle de umidade, temperatura e vitaminas para o seu desenvolvimento. Foi doada por um produtor da cidade de Nova Santa Rosa - PR. Esse vegetal foi escolhido para estudo, visto seu grande consumo pela população e os possíveis efeitos positivos que pode trazer à saúde humana.

Após a obtenção das hortaliças, as mesmas foram encaminhadas ao Laboratório Multiusuário de Análises Químicas (LAMAQ), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR / Campus Toledo, no qual foram cortadas manualmente, pesadas e encaminhadas para os métodos de extração ou acondicionadas em geladeira.

A umidade da rúcula foi medida utilizando-se uma balança de determinação de umidade com infravermelho (Bel I-thermo 163I).

Obtenção dos extratos de rúcula

Com base no artigo do Machado *et al.*^[34], escolheu-se solvente MeOH por apresentar maior eficiência na extração de componente fenólicos totais. O trabalho do Vieira *et al.*^[35] também mostrou resultados semelhantes, quando testada a relação entre aos solventes metanol e água, em relação à extração dos compostos fenólicos do pó de erva-mate.

Para as extrações foram utilizados 5 g da rúcula *in natura* cortada, de diferentes tempos de cultivo (7, 14, 21 e 24 dias de cultivo e/ou armazenamento) foram colocadas em 100 mL de MeOH 80%. As misturas foram agitadas por 12, 24, 36 e 48 h, em incubadora *Shaker* (Lucca 222), mantendo a agitação de 170 rpm e a temperatura controlada, variando-se a temperatura de extração (25°C e 55°C).

Para a concentração de todos os extratos obtidos, inicialmente, filtraram-se as amostras a vácuo, utilizando papel de filtro qualitativo, e, em seguida, armazenados em frasco âmbar de capacidade de 150 mL. Após a filtragem os extratos, foram encaminhados ao evaporador rotativo para a retirada dos solventes, com aquecimento inferior a 40°C e com rotação de 7 rpm. Em seguida foram devolvidos aos frascos e acondicionados em geladeira até os próximos ensaios.

Identificação e quantificação de flavonois totais

Para identificação e quantificação de flavonoides totais foi utilizada a metodologia descrita no trabalho de Granato *et al.*^[36] adaptada, no qual foram inseridos 1,2 mL de extratos em um tubo de ensaio, acrescentado com 1,2 mL de cloreto de alumínio hexaidratado 2% e 1,8 mL de acetato de sódio (50 g L⁻¹). Após 15 min, foi realizada a leitura do máximo de absorção da solução em 440 nm de comprimento de onda em espectrofotômetro UV-Vis (Kasuki, modelo IL-0082 100). Para o branco foram utilizados todos os solventes, exceto o extrato, no mesmo procedimento.

Para a preparação da solução padrão foi diluído 0,0021 g de padrão de quercetina em 5 mL de etanol absoluto em um balão volumétrico com capacidade de 25 mL, volume completado com água destilada/deionizada. A partir dessa solução, foram realizadas diluições seriadas para então obter 8 concentrações diferentes (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 70 mg L⁻¹). A partir da curva analítica fez-se a equação de regressão, que empregou para estimar o teor de flavonois totais nas amostras.

Análise e planejamento estatístico para determinação da condição de Obtenção da maior quantidade de flavonoides a partir da rúcula *in natura*

Para definir os dados, em que melhor condição se obtém maior quantidade de flavonoides nos extratos, realizou-se um planejamento experimental 2³, considerando três fatores de impacto (temperatura, tempo

de agitação e tempo de cultivo da planta) e dois níveis para cada fator (**TABELA 2**). Para os cálculos utilizou o *software* STATISTICA, versão 10, da Statsoft.

TABELA 2: Níveis para cada fator avaliado.

Fator	Nível 1 (-1)	Nível 2 (+1)
Temperatura (°C)	25	55
Tempo de agitação (h)	12	48
Tempo de planta (dias)	7	21

Resultados e Discussão

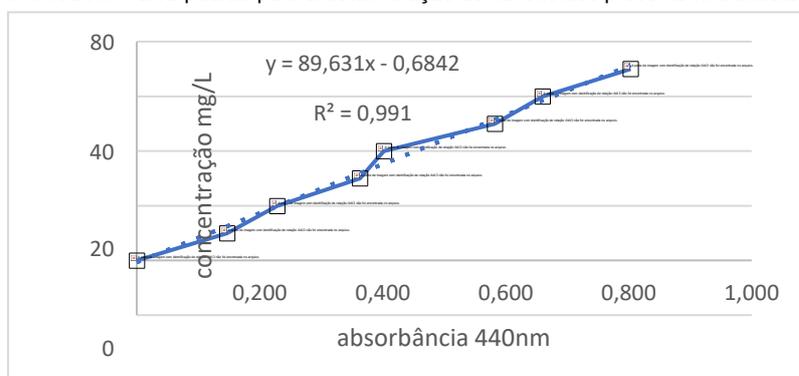
A rúcula da espécie *E. sativa* utilizada nesse trabalho foi produzida de forma hidropônica, o que tem a vantagem de se poder controlar os nutrientes e as condições de cultivo para a planta na região oeste do Paraná.

A umidade do vegetal, em todas as vezes que foi recebido, era determinada pela balança de infravermelho e apresentava valor em torno de 92%.

Quantificação de flavonoides no extrato de rúcula *in natura* pela metodologia uv-vis

Para a quantificação de flavonoide nos extratos da rúcula foi utilizada a metodologia de determinação da absorção da banda em 440 nm utilizando o espectrofotômetro UV-Vis. A curva padrão de determinação de flavonoides foi determinada utilizando os valores de absorbância obtidos na análise espectrofotométrica das soluções com o padrão quercetina (**FIGURA 3**).

FIGURA 3: Curva padrão para a determinação de flavonoides presente nos extratos da rúcula.



A partir de extratos obtidos da rúcula *in natura*, utilizando agitação mecânica no Shaker com MeOH 80%, variando-se o tempo de cultivo da rúcula e o tempo e a temperatura de extração (**TABELA 3**), obteve-se a quantidade de flavonoides fazendo-se a análise no UV-Vis e utilizando a equação da reta da curva padrão de quercetina.

A partir dos valores das absorbâncias pode-se calcular o teor de flavonoides de cada extrato obtido, utilizando-se o cálculo da curva padrão $y = 89,631x - 0,6842$, trocando o x pela média simples de cada amostra.

TABELA 3: Quantidade de flavonoides encontrados nos extratos de rúcula com diferentes tempos de cultivo.

Tempo de cultivo da rúcula (dias)	Tempo de agitação (h)	Temperatura de extração (°C)	Absorbância	Média Simples	Variância	Desvio padrão da amostra	Teor de flavonoides (mg L ⁻¹)
7	12	25	1,98	1,616	0,271	0,520	144,159
			1,02				
			1,848				
	24		1,17	2,278	1,486	1,219	
			3,584				
			2,08				
	36		1,389	1,389	0,000	0,000	
			1,389				
			1,389				
48	1,528	1,802	0,074	0,272	<u>160,801</u>		
	2,071						
	1,806						
7	12	55	1,407	1,853	0,219	0,468	165,372
			2,34				
			1,811				
	24		1,479	1,530	0,005	0,068	
			1,505				
			1,607				
	36		1,573	1,627	0,057	0,239	
			1,889				
			1,42				
48	0,958	0,993	0,002	0,042	<u>88,290</u>		
	0,98						
	1,04						
14	12	25	2,216	2,192	0,003	0,056	195,787
			2,232				
			2,128				
	24		2,252	2,307	0,002	0,049	
			2,344				
			2,325				
	36		2,276	2,237	0,002	0,042	
			2,244				
			2,192				
48	1,407	1,460	0,005	0,071	<u>130,147</u>		
	1,431						
	1,541						
14	12	55	1,489	1,928	0,254	0,504	172,154
			1,817				
			2,479				

	24		2,489	2,394	0,035	0,186	213,922
			2,18				
			2,514				
	36		1,768	1,779	0,133	0,365	158,799
			2,15				
			1,42				
	48		1,479	1,510	0,001	0,031	<u>134,688</u>
			1,512				
			1,54				
21	12	25	0,542	1,135	0,264	0,514	101,017
			1,412				
			1,45				
	24		1,7	1,554	0,018	0,134	138,572
			1,525				
			1,436				
	36		1,37	1,518	0,046	0,215	135,376
			1,764				
			1,42				
	48		1,069	0,998	0,007	0,083	<u>88,797</u>
			0,907				
			1,019				
21	12	55	1,616	1,660	0,005	0,073	148,133
			1,62				
			1,745				
	24		1,395	1,376	0,061	0,247	122,648
			1,613				
			1,12				
	36		1,72	1,672	0,006	0,080	149,209
			1,717				
			1,58				
	48		1,073	1,094	0,001	0,023	<u>97,402</u>
			1,091				
			1,119				

Se for comparado o valor absoluto do teor de flavonoides obtido em cada extrato nas condições experimentais, a maior quantidade foi obtida na condição de extração de 14 dias de cultivo hidropônico, com 24 h de agitação mecânica, em uma temperatura de 55°C. Entretanto, se for considerar a variância entre os valores, pode-se dizer que a melhor condição foi por 24 h de agitação a 25°C para a planta cultivada por 14 dias.

Ao realizar uma análise estatística utilizando a ANOVA (análise de variância) para todas as condições utilizadas e os resultados obtidos (**TABELA 3**), com 95% de limite de confiança, pode-se observar que há diferença estatística entre as médias apresentadas da quantidade determinada de flavonoides obtida para cada extrato (**FIGURA 4**).

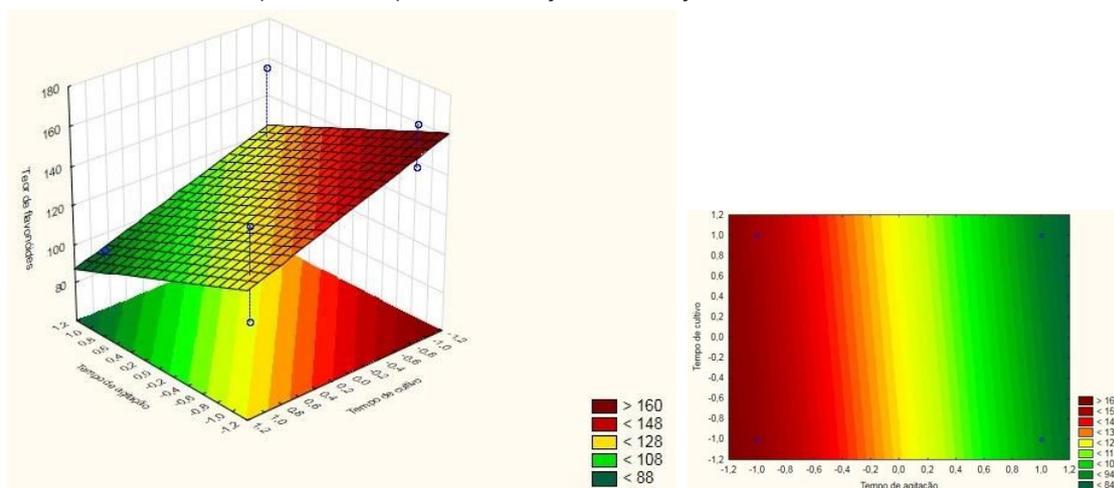
FIGURA 4: Resultados da análise estatística dos resultados do teor de flavonoide determinado.

Effect Estimates; Var.:Teor de flavonoides; R-sqr=.95076; Adj: 88511 (Spreadsheet4) 2**(3-0) design; MS Residual=128,0955 DV: Teor de flavonoides										
Factor	Effect	Std.Err.	t(3)	p	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt	Coeff.	Std.Err. Coeff.	-95,% Cnf.Limt	+95,% Cnf.Limt
Mean/Interc.	124,2465	4,001492	31,05004	0,000073	111,5119	136,9810	124,2465	4,001492	111,5119	136,9810
(2)Tempo de agitação	-30,8480	8,002984	-3,85456	0,030845	-56,3171	-5,3789	-15,4240	4,001492	-28,1585	-2,6895
(3)Tempo de cultivo	-30,8181	8,002984	-3,85083	0,030923	-56,2872	-5,3491	-15,4091	4,001492	-28,1436	-2,6745
1 by 2	-33,0589	8,002984	-4,13082	0,025737	-58,5280	-7,5898	-16,5295	4,001492	-29,2640	-3,7949
1 by 3	26,7549	8,002984	3,34311	0,044285	1,2858	52,2239	13,3774	4,001492	0,6429	26,1120

De acordo com os resultados obtidos, pode-se observar que as variáveis tempo de agitação e tempo de cultivo apresentaram impacto no teor de flavonoides, além das interações: temperatura x tempo de cultivo e temperatura x tempo de agitação também.

A partir disso, pode-se imaginar que as variáveis, que indicaram diferença estatística, serão os fatores de impacto para a obtenção de flavonoides, sendo necessário fazer uma análise para verificar suas condições ótimas de extração. Para isso, foi realizada a análise dos gráficos de superfície de resposta (**FIGURA 5**).

FIGURA 5: Gráficos de superfície de resposta das condições de obtenção dos extratos de rúcula.

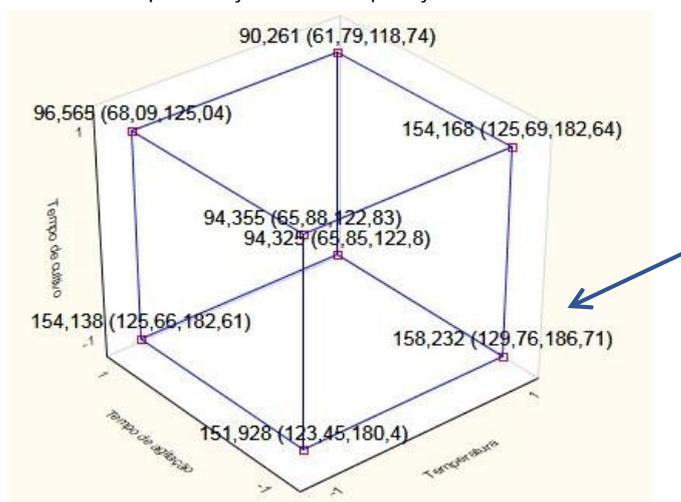


Observando a **FIGURA 5**, podem-se ver dois gráficos de superfície de resposta que, ao se comparar as variáveis significativas, tem-se um plano gradiente que, através da cor, apresenta qual o ponto de maior obtenção da variável resposta, no caso, a quantidade de flavonoides. E nesses dois gráficos pode-se ver que: quando menor for o tempo de agitação e menor for o tempo de cultivo, maior será o teor de flavonoides extraído da rúcula. Isso indica que a melhor condição para obter maior quantidade de flavonoide no extrato da rúcula seria com 7 dias de cultivo da planta hidropônica e 12 h de extração em *Shaker* com agitação mecânica, utilizando um solvente de metanol 80%.

Entretanto, ao inserir a variável da temperatura de extração, pode-se verificar que a mesma interage com as outras variáveis, interferindo no teor de flavonoide determinado no extrato de rúcula. Foi realizada uma análise em resposta cúbica para verificar qual é a condição de extração quando se considera as 3 variáveis (temperatura de extração, tempo de extração e tempo de cultivo da planta), com um grau de confiança de 95% (**FIGURA 6**).

Ao observar os resultados da representação cúbica da análise estatística, pode-se verificar que, ao combinar as 3 variáveis, as melhores condições de obtenção do maior teor de flavonoide a partir do extrato de rúcula seriam: 7 dias de cultivo da planta; uma temperatura de extração de 55°C; extração por 12 h de agitação mecânica, utilizando solvente de 80% metanol.

FIGURA 6: Representação cúbica da predição da influência das 3 variáveis na obtenção do extrato de rúcula.



Poucos trabalhos realizam essa análise de quantificação de flavonoides a partir da rúcula. A pesquisa mais próxima foi realizada por Arabbi *et al.* [28], que quantificaram os flavonoides presentes na rúcula, utilizando uma mistura de metanol 70 %, na proporção de 20 g de vegetal seco para 100 mL de solução extratora, e encontraram um teor de 118,1 a 40,7 mg / 100 g, em diferentes épocas de colheita. Isso indica que as condições, aqui escolhidas, podem ter uma maior aplicação, pois fornecem maior teor de flavonoide a partir da rúcula.

Conclusão

Nesse estudo, foram realizados vários testes de obtenção de extrato, no qual o resultado foi satisfatório, podendo chegar a um único método e eficaz. O método, que se mostrou mais favorável na obtenção do extrato com maior quantidade de flavonoide como solvente o metanol 80%, foi utilizando as condições de 55°C, com o cultivo da planta de 7 dias *in natura*, no tempo de agitação de 12 horas.

Agradecimentos

À UTFPR, à CAPES, à Fundação Araucária. Ao Laboratório Multiusuário de Análises Químicas – UTFPR, campus Toledo.

Referências

1. Azarenko O, Jordan MA, Wilson L. Erucin, the Major Isothiocyanate in Arugula (*Eruca sativa*), Inhibits Proliferation of MCF7 Tumor Cells by Suppressing Microtubule Dynamics. **PLoS ONE**. 2014; 9(6): e100599. ISSN 19326203. [\[CrossRef\]](#).

2. Filgueira FAR. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV. 2008; 284-295; ISBN: 978-85-7269-313-4.
3. Stringheta PC. *et al*. Luteína: Propriedades antioxidantes e benefícios a saúde. **Alimen Nutr**. Araraquara. 2006; 17(2): 229-238. ISSN 0103-4235. [\[Link\]](#).
4. Fernandez J, Reyes R, Ponce H, Oropeza M, Van Calsteren M-R, Jankowski C *et al*. Isoquercitrin from *Argemone platyceras* inhibits carbachol and leukotriene D4-induced contraction in guinea-pig airways. **Europ J Pharmacol**. 2005; 522: 108-115. ISSN 0014-2999. [\[CrossRef\]](#).
5. Maia AFCA, Medeiros DC, Filho JL. Adubação Orgânica em diferentes substratos na produção de mudas de rúcula. **Rev Verde**. 2007; 2 (2): 89-95. ISSN 1981-8203. [\[Link\]](#).
6. Simões CMO. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Ed. Universidade/UFRGS/ 2007. ISBN: 9788570259271.
7. Hubinger SZ. **Estudo farmacognóstico e desenvolvimento de fitocosméticos de ação antioxidante dos frutos de (*Dimorphandra mollis* Benth. (Leguminosae Caesalpinioideae)**. Araraquara. 2009. 148f. Dissertação de Mestrado [Curso de Ciências Farmacêuticas], Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Araraquara. 2009. [\[Link\]](#).
8. Mendes ADR *et al*. Produção de biomassa e de flavonoides totais por fava d'anta (*Dimorphandra mollis* Benth.) sob diferentes níveis de fósforo em solução nutritiva. **Rev Bras PI Med**. 2005; 7(2). ISSN 1983-084X. [\[Link\]](#).
9. Oliveira MAC. **Fitoterápico: Perfil Fitoquímico, Controle e Validação da Metodologia Analítica**. Recife, 2005. Dissertação de Mestrado [Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas] - Departamento de Ciências Farmacêuticas Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife, 2005. [\[Link\]](#).
10. CAFITO. **Fitoterapia**. São Paulo: CRF-SP, 2009.
11. Jespers ABK, Waard MA. Natural products in plant protection. **Netherl J Plant Pathol**. 1993; 99: 109-117. ISSN 00282944. [\[CrossRef\]](#).
12. Isman MB. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Protection**. 2000; 19(8-10): 603-608. ISSN 0261-2194. [\[CrossRef\]](#).
13. Schmidt FL. **Efeito de extratos naturais de origem vegetal sobre esporos de *Desulfotomaculum nigrificans***. Campinas. 137 f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade de Campinas. Campinas. 1967. [\[Link\]](#).
14. Cowan MM. Plant Products as Antimicrobial Agents. **Clin Microbiol Rev**. 1999; 12(4): 564-584. ISSN 1098-6618. [\[CrossRef\]](#).
15. Harborne JB, Williams AC. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochem**. 2000; 55: 401-504. [\[CrossRef\]](#).
16. Middleton Jr E, Kandaswami C, Theoharides TC. **The impact of plant flavonoids on mammalian biology: implications for immunity, inflammation and cancer**. In: Harborne JB. The flavonoids. Ed. London: Chapman & Hall. 1994. pp. 619-652.
17. Huber LS, Hoffmann-Ribani R, Rodriguez-Amaya DB. Quantitative variation in Brazilian vegetable sources of flavonols and flavones. **Food Chem**. 2009; 113 (4): 1278-1282. ISSN 03088146. [\[CrossRef\]](#).
18. Bernardes NR, Pessanha FF, Oliveira DB. Alimentos funcionais: Uma breve revisão. Ciência e Cultura – **Rev Cient Multidisc**. Centro Universitário da FEB. 2010; 6(2):11-19. ISSN 1980-0029. [\[Link\]](#).

19. Dornas WC *et al*. Flavonoides: potencial terapêutico no estresse oxidativo. **Rev Ciên Farm Básica Apl**. 2007; 28 (3): 241-249. ISSN 18084532. [\[Link\]](#).
20. Huber LS, Rodrigues-Amaya DB. Flavonois e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em alimentos. **Alim Nutr**. 2008; 19 (1): 97-108. ISSN 0103-4235. [\[Link\]](#).
21. Crozier A, Lean MEJ, McDonald MS, Black C. Quantitative analysis of the flavonoid content of commercial tomatoes, onions, lettuce, and celery. **J Agric Food Chem**. 1997; 45: 590-595. ISSN 0021-8561. [\[CrossRef\]](#).
22. Vries J De, Janssen K, Hollman PCH, Van Staveren WA, Katan MB. Consumption of quercetin and kaempferol in free-living subjects eating a variety of diets. **Cancer Letters**. 1997; 114:141-144. ISSN 0304-3835. [\[CrossRef\]](#).
23. Winkel-Shirley, B. Flavonoid biosynthesis. A colorful model for genetics, biochemistry, cell biology, and biotechnology. **Plant Physiol**. 2001; 126: 485-493. [\[CrossRef\]](#).
24. Bravo L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. **Nutr Rev**. 1998. 56(11): 317-33. [\[CrossRef\]](#).
25. Robards K, Prenzler PD, Tucker G, Swatsitang P, Glover W. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chem**. 1999; 66 (4): 401-436. ISSN 03088146. [\[CrossRef\]](#).
26. Macheix J-J, Fleurit A, Billot J. **Fruit Phenolics**. Boca Raton: CRC Press, 1990.
27. Setchell KD. Phytoestrogens: the biochemistry, physiology, and implications for human health of soy isoflavones. **Am J Clin Nutr**. 1998; 68(6): 1333S-1343S. [\[CrossRef\]](#).
28. Arabbi PR, Genovese MI, Lajolo FM. Flavonoids in vegetable foods commonly consumed in Brazil and estimated ingestion by the Brazilian population. **J Agric Food Chem**. 2004; 52: 1124-1131. ISSN 0021-8561. [\[CrossRef\]](#).
29. Wach A, Pyszynska K, Biesaga M. Quercetin content in some food and herbal samples. **Food Chem**. 2007; 100(2): 699-704. ISSN 308-8146. [\[CrossRef\]](#).
30. Lu J, Zheng YL, Luo L, Wu DM, Sun DX, Feng YJ. Quercetin reverses d-galactose induced neurotoxicity in mouse brain. **Behav Brain Res**. 2006; 171(2): 251-260. ISSN 0166-4328. [\[CrossRef\]](#).
31. Machado H, Oliveira TT, Nagem TJ, Peters VM, Fonseca CS. Flavonoides e seu potencial terapêutico. **Bol Centro Biol Reprod**. Juiz de Fora. 2008; 27(1-2): 33-39. ISSN 0101-9783. [\[Link\]](#).
32. Silva MAB. GEAGESP. **Seção de Economia**. São Paulo-SP. Comunicação pessoal. 2004.
33. Trani PE, Fornasier JB, Lisbão RS. **Cultura da rúcula**. Campinas: IAC. 1992. 8p. (Boletim Técnico nº 146). [\[Link\]](#).
34. Machado AR, Assis LM, Silva PP, Badiale F, Eliana S, Soares LA. **Influência do solvente na extração de fenóis totais em microalga *Spirulina platensis***. Escola de Química e Alimentos, IX Mostra da Produção Universitária - 9º MPU-FURG. Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande. 2010. [\[Link\]](#).
35. Vieira MAM *et al*. **Análise de Compostos Fenólicos, Metilxantinas, Tanino e Atividade Antioxidante de Resíduo do Processamento da Erva-Mate: Uma Nova Fonte Potencial de Antioxidantes**. 2nd International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo, 2009. [\[Link\]](#).
36. Granato D, Nunes SD. **Análises químicas, propriedades funcionais e controle da qualidade de alimentos e bebidas: uma abordagem teórico-prática**. 1^a ed. São Paulo: Elsevier, 576p. 2016. ISBN-13: 9788535283563.

Histórico do artigo | Submissão: 19/03/2021 | **Aceite:** 15/06/2021 | **Publicação:** 31/01/2022

Conflito de interesses: O presente artigo não apresenta conflitos de interesse.

Como citar este artigo: Lobo VS, Malikosky M, Lopes A, Gonçalves AR *et al*. Quantificação de flavonoides totais da *Eruca vesicaria* (L.) Cav. cultivada de forma hidropônica na região oeste do Paraná. **Rev Fitos**. Rio de Janeiro. 2022; Supl(1): 79-92. e-ISSN 2446.4775. Disponível em: <<http://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revista-fitos/article/view/1186>>. Acesso em: dd/mm/aaaa.

Licença CC BY 4.0: Você está livre para copiar e redistribuir o material em qualquer meio; adaptar, transformar e construir sobre este material para qualquer finalidade, mesmo comercialmente, desde que respeitado o seguinte termo: dar crédito apropriado e indicar se alterações foram feitas. Você não pode atribuir termos legais ou medidas tecnológicas que restrinjam outros autores de realizar aquilo que esta licença permite.

