



CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E FITOQUÍMICA DE CINCO BRÁSSICAS E RESPETIVOS TECIDOS VEGETAIS

As hortaliças pertencentes ao género *Brassica* (família *Brassicaceae*) são vegetais amplamente cultivados com diversificado interesse nutricional e funcional, e de baixo valor calórico. Os reconhecidos benefícios para a saúde no respetivo consumo consolidam o interesse na caracterização do valor antioxidante de espécies vulgarmente consumidas em Portugal.

Leopoldina Carlos¹, Nelson Rodrigues¹, Ana Cristina Ramos^{1,2}, Carla Alegria^{3,4}, Vitor Alves⁵, Marta Abreu^{1,5}, Elsa M. Gonçalves^{1,2}

¹ Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária



² GeoBioTec, Universidade Nova de Lisboa



³ SFCOLAB - Associação Smart Farm COLAB



⁴ cE3c - Centre for Ecology, Evolution and Environment, Universidade de Lisboa



⁵ LEAF, Universidade de Lisboa



Introdução

De entre as várias culturas hortofrutícolas existentes, a família *Brassicaceae* (antigamente designada por *Cruciferae*) é uma das famílias botânicas que apresenta um elevado número de espécies, com grande variabilidade genética e diversidade botânica. Engloba cerca de 338 géneros, destacando-se o género *Brassica* com uma produção mundial de aproximadamente 96 milhões de toneladas (FAO, 2020). A principal espécie é a *Brassica oleracea*, onde estão incluídas diversas variedades de couves com interesse económico, tais como couve-flor, couve-tronchuda (também conhecida por couve-portuguesa), couve-galega, couve-repolho, brócolo (couve-brócolo) e couve-lombarda, entre outras. Em Portugal, a produção de hortícolas do género *Brassica* tem vindo a aumentar, apresentando-se na Tabela 1 a evolução das cinco principais culturas entre os anos de 2019 e 2021. No período de 2019 a 2020, assinala-se um aumento significativo na produção de Brássicas, em particular para a couve-flor (72,5%), seguindo-se a couve-lombarda e a couve-repolho (47% e 43%, respetivamente). No entanto, no período subsequente (2020 e 2021) assistiu-se a um ligeiro decréscimo nos valores de produção para a couve-flor e couve-brócolo, registando decréscimos de 9% e 14,4%, respetivamente.

Em termos de composição, a espécie *Brassica oleracea* caracteriza-se por elevado teor de água (> 89%) e baixos teores de hidratos de carbono e de lípidos (3% e 0,4%, respetivamente) (INSA, 2020). O consumo destes hortícolas é associado a diversos benefícios para a saúde, uma vez que na sua composição estão presentes vitaminas (C, E e K) e minerais (cálcio, magnésio e ferro) (Favela González *et al.*, 2020). Relativamente à composição fitoquímica, diferentes espécies de Brássicas têm sido objeto de estudos pela diversidade de compostos com atividade biológica e acrescidos benefícios para a saúde, designados por compostos bioativos. A atividade biológica destes hortícolas está diretamente associada à ação sinérgica entre os fitoquímicos de interesse bioativo presentes, nomeadamente compostos fenólicos, carotenoides e glucosinolatos. Evidências científicas têm confirmado que a atividade antioxi-

Tabela 1 – Produção nacional 2019-2021 (t), das principais culturas de Brássicas (INE, 2022)

Brássicas	2019	2020	2021
Couve-flor	15 878	27 392	24 920
Couve-tronchuda	31 512	34 614	36 995
Couve-brócolo	37 992	46 186	39 526
Couve-lombarda	34 878	51 168	56 009
Couve-repolho	80 823	115 875	127 992

dante e/ou antimicrobiana destes compostos está na base dos respetivos efeitos benéficos na saúde, nomeadamente na prevenção de doenças crónicas como obesidade, diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares e certos tipos de cancro.

Objetivou-se neste trabalho a caracterização (físico-química e bioativa) de cinco Brássicas com grande expressão no mercado nacional: couve-galega (*B. oleracea* L. var. *acephala*), brócolo (*B. oleracea* L. var. *italica*), couve-coração (*B. oleracea* L. var. *capitata*), couve-repolho (*B. oleracea* L. var. *capitata* ssp. *alba*) e a couve-roxa (*B. oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*), incluindo as diferentes estruturas vegetais em separado (folhas e caules), bem como na mistura de ambos (50:50), na ótica da valorização do vegetal.

Material e métodos

Os cinco hortícolas utilizados neste estudo pertencem à espécie *Brassica oleracea*, estando representados na Figura 1.

A caracterização físico-química incluiu as seguintes determinações: pH, acidez total titulável (ATT; g ácido cítrico/100 g matéria fresca) e humidade (H; %), compostos fenólicos totais [CFT; método Folin-Ciocalteu; mg equivalente de ácido gálico/g de matéria seca (ms)], atividade antioxidante [AOx; DPPH (Armesto *et al.*, 2017); μmol trolox equivalente/g de ms; TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity)]. Procedeu-se ainda à identificação do perfil de compostos fenólicos (folhas) de cada variedade [HPLC; Alliance System (Waters 2690 Separations Module, Milford, MA, USA) equipado com detetor de fotodíodos (DAD) usando uma coluna C18; método descrito por Barros *et al.*, 2012)].

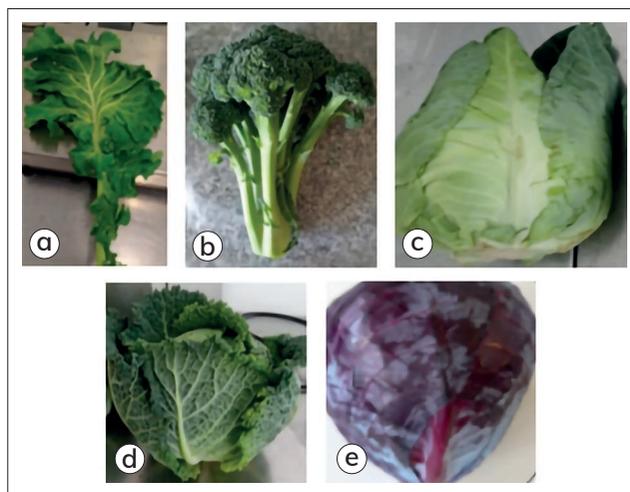


Figura 1 – a) Couve-galega (*B. oleracea* L. var. *acephala*); b) Brócolo (*B. oleracea* L. var. *italica*); c) Couve-coração (*B. oleracea* L. var. *capitata*); d) Couve-repolho (*B. oleracea* L. var. *capitata* ssp. *alba*); e) Couve-roxa (*B. oleracea* L. var. *capitata* f. *rubra*).

Na respetiva identificação foram utilizados padrões comerciais: ácidos gálico, clorogénico, p-cumárico, sinápico, t-cinâmico, ferúlico e p-hidroxibenzóico, rutina, quercetina, quercetina-3-bD-glucósido e cianidina-3,5-di-O-glucósido.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística de variância ANOVA, e a comparação das médias realizada pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro, com o auxílio do programa Statistix 12.0 (Analytical Software).

Resultados e discussão

Na Tabela 2 são apresentados resultados da caracterização físico-química das 5 Brássicas avaliadas (brócolo, couve-roxa, couve-galega, couve-repolho e couve-coração).

Os resultados da análise ao pH demonstram não haver diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as Brássicas e os tecidos analisados, sendo que o valor mais baixo determinado (5,5) foi encontrado nas folhas da couve-repolho e o mais elevado (7,0) no caule do brócolo. Em geral, observou-se que a ATT das diferentes Brássicas é superior nas folhas do que nos caules (0,2–0,3 folhas; 0,1–0,2 caules). Relativamente ao teor de humidade (%), de entre as Brássicas avaliadas, a couve-coração foi a que apresentou o valor mais elevado (94%), independente-

Tabela 2 – Valores médios ± desvio-padrão de pH, acidez total titulável (ATT) e teor de humidade (H) nos tecidos vegetais [caule, folha e mistura de ambas (50:50)] das 5 Brássicas estudadas

Brássicas	Tecidos vegetais	pH	ATT (g ácido cítrico/100 g mf)	H (%)
Brócolo	Caule	7,0 ^c ± 0,1	0,1 ^a ± 0,0	92,0 ^{efg} ± 1,0
	Folha	6,06 ^{ab} ± 0,6	0,3 ^{bcd} ± 0,1	88,7 ^{abc} ± 1,5
	Mistura	6,7 ^{bc} ± 0,1	0,1 ^{ab} ± 0,02	90,4 ^{cde} ± 0,0
Couve-roxa	Caule	6,3 ^{abc} ± 0,1	0,2 ^{abc} ± 0,0	87,5 ^a ± 0,6
	Folha	6,2 ^{abc} ± 0,0	0,2 ^{abc} ± 0,0	89,7 ^{bcd} ± 0,7
	Mistura	6,3 ^{abc} ± 0,1	0,2 ^{abc} ± 0,0	88,7 ^{abc} ± 0,8
Couve-galega	Caule	6,3 ^{abc} ± 0,3	0,1 ^{abcd} ± 0,0	92,7 ^{fgh} ± 0,1
	Folha	5,5 ^a ± 0,2	0,3 ^d ± 0,16	88,0 ^{ab} ± 0,2
	Mistura	6,0 ^{ab} ± 0,7	0,2 ^{cd} ± 0,0	91,0 ^{def} ± 0,2
Couve-repolho	Caule	6,2 ^{abc} ± 0,0	0,2 ^{abc} ± 0,0	88,2 ^{ab} ± 0,5
	Folha	5,5 ^a ± 0,4	0,3 ^{bcd} ± 0,1	87,5 ^a ± 0,9
	Mistura	6,2 ^{abc} ± 0,1	0,2 ^{abc} ± 0,0	87,9 ^{ab} ± 0,5
Couve-coração	Caule	6,6 ^{bc} ± 0,2	0,1 ^{bcd} ± 0,0	94,1 ^h ± 0,3
	Folha	6,2 ^{abc} ± 0,3	0,2 ^d ± 0,0	94,0 ^{gh} ± 0,6
	Mistura	6,7 ^{bc} ± 0,1	0,1 ^{abcd} ± 0,0	94,1 ^{gh} ± 0,1

Diferentes letras indicam diferença significativa ($p < 0,05$) quando analisadas pelo teste de Tukey

mente do tipo de estrutura analisada (folha e caule), situando-se os restantes valores entre 88–90% nas folhas e 88–93% nos caules.

Os compostos fenólicos totais (CFT) dos tecidos vegetais [caule, folhas e mistura de ambos (50:50)] das distintas Brássicas em estudo, apresentam-se na Figura 2.

O CFT dos diversos extratos vegetais variou entre 2,8–4,8 mg EAG/g no caule, 3,7–6,9 mg EAG/g nas folhas e 3,0–6,2 mg EAG/g na mistura (caules e folhas). A couve-roxa foi de entre as Brássicas avaliadas a que contabilizou níveis de CFT mais elevados, independentemente da estrutura vegetal.

Na Figura 3 são apresentados os resultados da AOx, nos tecidos vegetais [folhas, caules e mistura de ambas (50:50)] das cinco Brássicas em estudo.

A correlação elevada e significativa entre os CFT e a AOx (0,92; $p < 0,05$) indica que a atividade antioxidante destes hortícolas é atribuída à presença de compostos fenólicos.

A couve-roxa foi a que denotou valores de AOx mais elevados face às restantes, com valores de 52 e

64,5 $\mu\text{mol/g}$ para o caule e folhas, respetivamente. No brócolo, couve-galega, couve-repolho e couve-coração os valores de AOx foram semelhantes entre si, variando de 7,1–11 $\mu\text{mol/g}$ para os caules e de 9,5–22,7 $\mu\text{mol/g}$ para as folhas.

Na Figura 4 são apresentados os perfis fenólicos das 5 Brássicas nos comprimentos de onda de 280 e 340 nm.

Na estrutura folha, as principais diferenças entre as 5 diferentes Brássicas estudadas foram: deteção do ácido gálico em 3 das 5 Brássicas analisadas, nomeadamente brócolos, couve-roxa e couve-coração; presença do composto naringenina (família de flavonas – Flavonoides) identificado apenas nos floretes do brócolo e a presença do composto glucósido de cianidina na couve-repolho. O flavonoide rutina (pico 3) e a quercetina-3-b-D-glucósidos (pico 4) foram sempre identificados nas Brássicas em estudo, sendo expectável diferenças em termos quantitativos. De acordo com Mazzucotelli *et al.* (2017), é esperado que se encontrem presentes diversos flavonoides não identificados, nomeada-

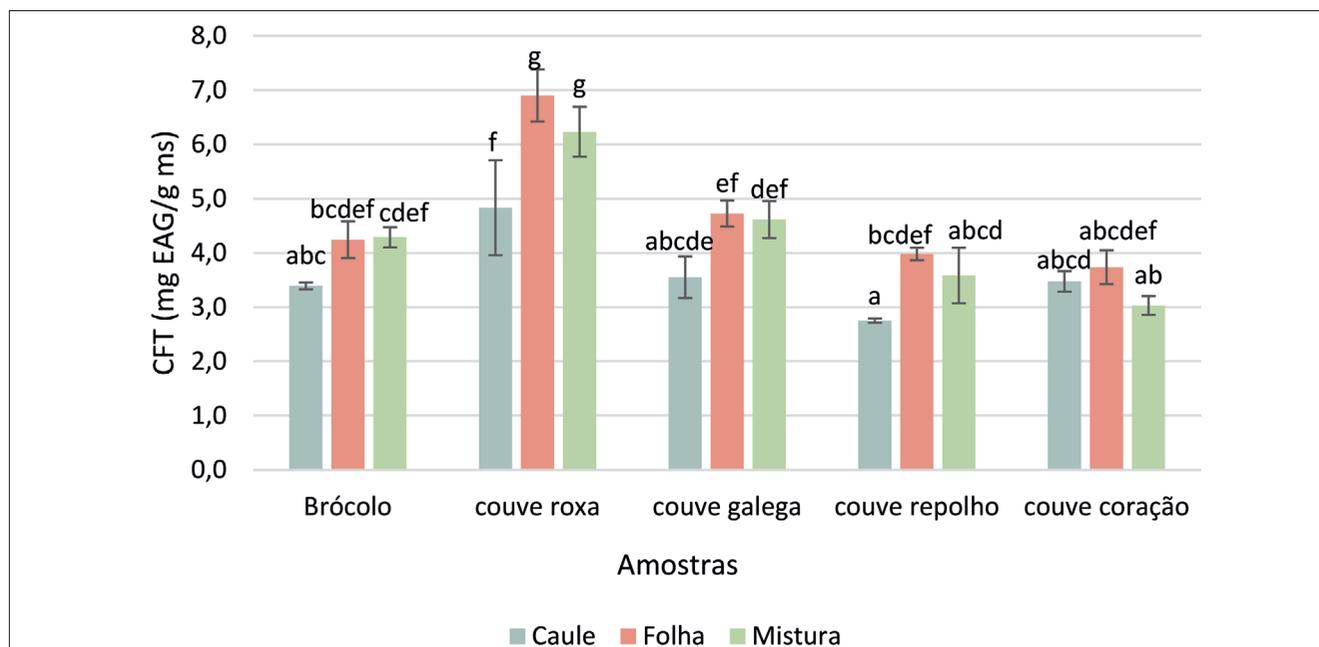


Figura 2 – Conteúdo fenólico total dos tecidos vegetais (caule, folha e mistura) das 5 Brássicas. As barras verticais representam o desvio-padrão da média e as letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

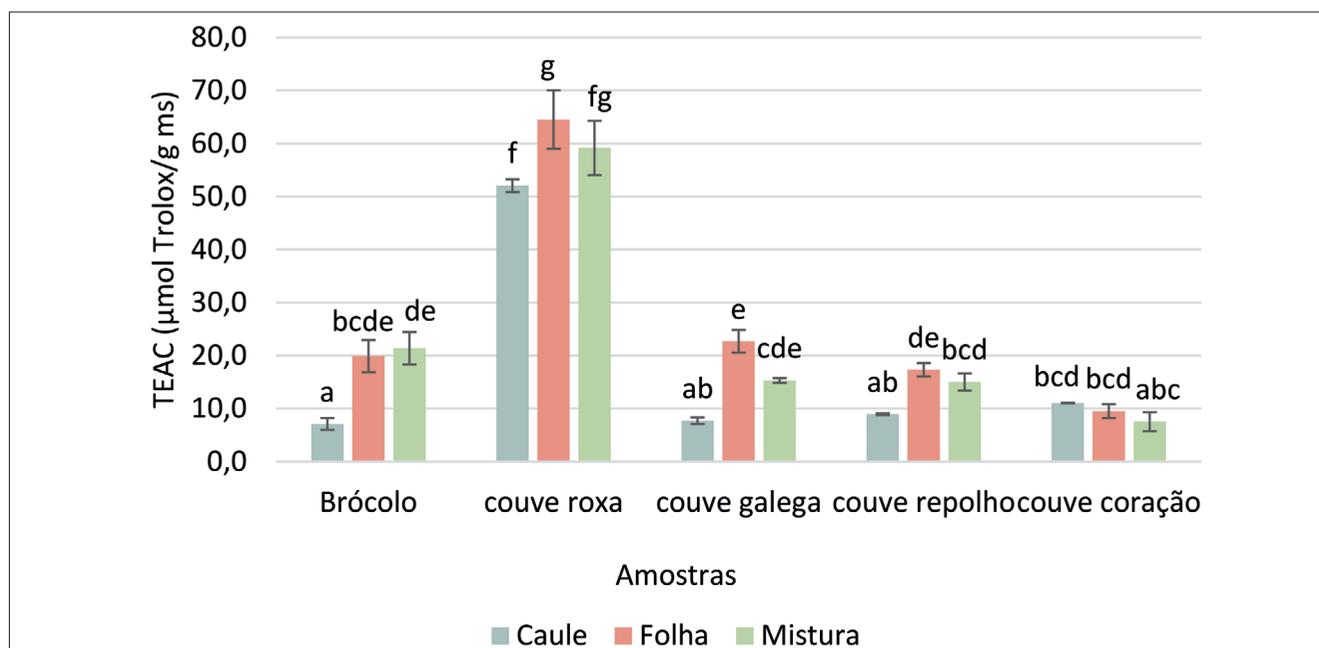


Figura 3 – Capacidade antioxidante nos tecidos vegetais (caule, folha e mistura) das 5 Brássicas. As barras verticais representam o desvio padrão da média e letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$).

mente compostos como quercetina e campferol ($15 < tR < 23$ min). Dos ácidos hidroxicinâmicos, os principais compostos identificados foram os ácidos clorogênicos, o ácido cumárico (p-cumárico), o ácido sinápico e o ácido ferúlico. Na couve-galega não

foi identificado o ácido ferúlico e na couve-coração o ácido cumárico. No entanto, nestas duas couves observou-se a presença de outros derivados, não identificados, de ácido hidroxicinâmico, como detectado pelos cromatogramas obtidos em 340 nm.

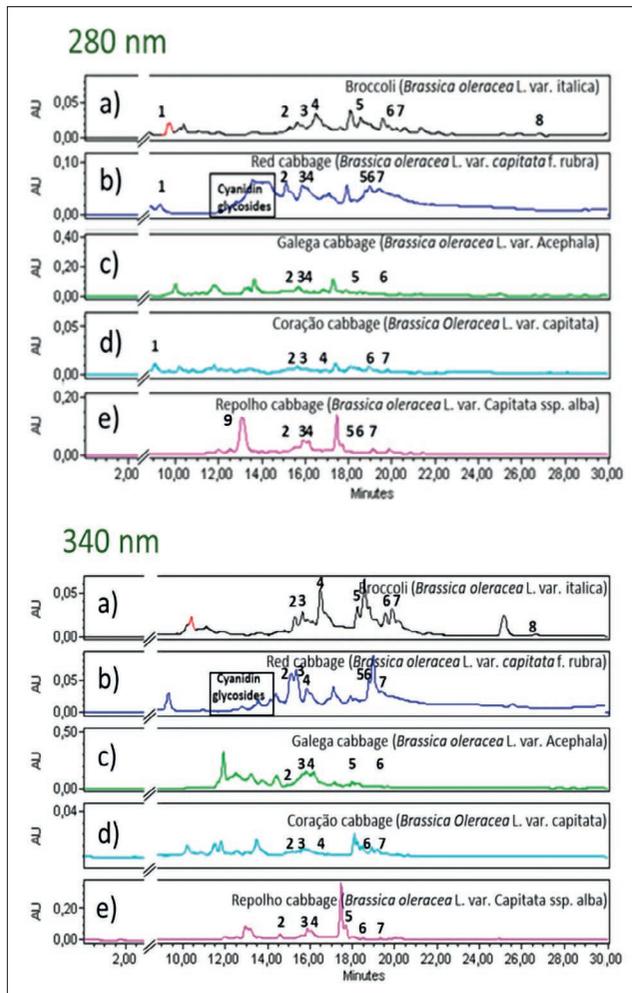


Figura 4 – Cromatogramas por HPLC a 280 nm e 340 nm: a) brócolo, b) couve-roxa, c) couve-galega, d) couve-coração, e) couve-repolho. Legenda de picos: 1 – ácido gálico; 2 – ácidos clorogênicos; 3 – rutina; 4 – quercetina-3-b-D-glucósidos; 5 – ácido cumárico (p-cumárico); 6 – ácido sinápico; 7 – ácido ferúlico; 8 – naringenina; 9 – cianidina.

Conclusão

As 5 Brássicas em estudo (brócolos, couve-roxa, couve-galega, couve-repolho e couve-coração) apresentam níveis elevados de compostos bioativos de interesse, nomeadamente de compostos fenólicos com atividade antioxidante. Independentemente da estrutura vegetal (caule e folha), a couve-roxa foi a que denotou, de entre as Brássicas analisadas, os valores mais elevados de compostos fenólicos e de atividade antioxidante. Os principais compostos fenólicos identificados incluíram os flavonoides, destacando-

-se a rutina e quercetina-3-b-D-glucósidos com comprovada ação benéfica na saúde humana.

No âmbito do processamento mínimo, é frequente desperdiçar o caule. No entanto, os níveis mais reduzidos (entre 7 e 11 $\mu\text{mol/g}$) de compostos antioxidantes caracterizados nesta estrutura, independentemente da espécie, justificam ainda a valorização destas estruturas como matrizes para a extração destes compostos. A sua utilização como aditivos alimentares, ou no desenvolvimento de películas biodegradáveis, constituem estratégias em desenvolvimento no âmbito da economia circular. ☺

Referências

- Armesto, J.; Gómez-Limia, L.; Carballo, J.; Martínez, S. (2017). Impact of vacuum cooking and boiling, and refrigerated storage on the quality of galega kale (*Brassica oleracea* var. *acephala* cv. Galega). *LWT – Food Science and Technology*, **79**:267–277. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.050>.
- Barros, L.; Dueñas, M.; Carvalho, A.M.; Ferreira, I.C.F.R.; Santos-Buelga, C. (2012). Characterization of phenolic compounds in flowers of wild medicinal plants from Northeastern Portugal. *Food and Chemical Toxicology*, **50**(5): 1576–1582. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.02.004>.
- FAO (2020). *Fruit and vegetables – your dietary essentials*. The International Year of Fruits and Vegetables, 2021, background paper. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb2395en>.
- Favela-González, K.M.; Hernández-Almanza, A.Y.; Fuente-Salcido, N.M. (2020). The value of bioactive compounds of cruciferous vegetables (*Brassica*) as antimicrobials and antioxidants: A review. *Journal of Food Biochemistry*, **44**(10):1–21. <https://doi.org/10.1111/jfbc.13414>.
- INE (2022). Base de dados – Produção das principais culturas agrícolas. https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000020&xlang=pt&contexto=bd&selTab=tab2 (maio 2022).
- INSA – Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge (2020). Tabela da composição de alimentos. <http://portfir.insa.pt/foodcomp/food?20808>.
- Mazzucotelli, C.A.; González-Aguilar, G.A.; Villegas-Ochoa, M.A.; Domínguez-Avila, A.J.; Ansorena, M.R.; Scala, K.C. (2017). Chemical characterization and functional properties of selected leafy vegetables for innovative mixed salads. *Journal of Food Biochemistry*, **42**:1–12. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12461>.