

Bioacessibilidade *in vitro* de polifenóis naturalmente presentes em frutos

Aline Cronemberger Holanda Nunes¹ , Lailton da Silva Freire¹ , Geórgia Rosa Reis de Alencar¹ , Rayane Carvalho de Moura¹ , Alessandro de Lima² 

¹Universidade Federal do Piauí, ²Instituto Federal do Piauí

RESUMO: A bioacessibilidade é a fração de determinado nutriente que é libertada da sua matriz alimentar durante o processo digestivo, tornando-se disponível para absorção pelo organismo. A determinação da bioacessibilidade dos polifenóis constitui um passo importante para a verificação da manutenção das propriedades bioativas verificadas *in vitro* para a realidade *in vivo*. Este trabalho teve como objetivo avaliar a estabilidade dos polifenóis presentes em algumas espécies de frutas após o processo de digestão simulada *in vitro*. Realizou-se uma revisão integrativa da literatura. Foram estabelecidos como critérios de inclusão: bioacessibilidade *in vitro* de compostos fenólicos em algumas espécies vegetais. Realizou-se a busca das publicações indexadas nas seguintes bases de dados: Web of Science, Science Direct, Pubmed, Scopus e SciELO. Foram utilizadas as seguintes palavras-chave: *bioaccessibility, polyphenols e fruits*. Dos estudos encontrados foram selecionados 14 artigos. Observou-se que, dentre as espécies de frutos estudados, o cacau, a manga, a romã e a uva vermelha foram as que apresentaram maior percentual de bioacessibilidade de polifenóis. Sugere-se que nos estudos de digestão *in vitro*, diferentes fitoquímicos dos frutos sofrem modificações estruturais e até mesmo degradação durante o processo digestivo. São necessários novos estudos a fim de tentar explicar os fatores interferentes na bioacessibilidade dos compostos fenólicos dos frutos e demais vegetais, na medida em que os mesmos são considerados benéficos para a saúde humana, pois agem como potentes antioxidantes.

Palavras-Chave: bioacessibilidade, polifenóis, frutos.

ABSTRACT: *In vitro* bioaccessibility of polyphenols naturally present in fruits.

Bioaccessibility is the fraction of a particular nutrient that is released from its food matrix during the digestive process, making it available for absorption by the body. Determination of the bioaccessibility of the polyphenols is an important step in the verification of the maintenance of the bioactive properties verified *in vitro* for *in vivo* reality. This work aimed to evaluate the stability of the polyphenols present in some fruit species after the *in vitro* simulated digestion process. An integrative review of the literature was carried out. The inclusion criteria were: *in vitro* bioaccessibility of phenolic compounds in some plant species. We searched the indexed publications in the following databases: Web of Science, Science Direct, Pubmed, Scopus and SciELO. The following keywords were used: *bioaccessibility, polyphenols and fruits*. From the studies found, 14 articles were selected. It was observed that, among the fruit species studied, cocoa, mango, pomegranate and red grape showed the highest percentage of bioaccessibility of polyphenols. It is suggested that in *in vitro* digestion studies, different phytochemicals of fruits undergo structural modifications and even degradation during the digestive process. Further studies are needed to try to explain the interfering factors in the bioaccessibility of phenolic compounds of fruits and other vegetables, as they are considered beneficial to human health, as they act as potent antioxidants.

Key-words: bioaccessibility, polyphenols, fruits.

INTRODUÇÃO

Em meio a moderna sociedade e a revolução dos alimentos industrializados, o consumo de frutos tem se tornado parte essencial na alimentação saudável, demonstrando que compostos naturais presentes possuem potentes substâncias an-

tioxidantes, os quais reduzem a ação de espécies reativas contra danos oxidativos, além de inibirem a síntese de substâncias inflamatórias, mantendo o equilíbrio redox fisiológico (Dani et al. 2007; Wynn et al. 2010).

O consumo inadequado de frutos apresen-

Recebido para publicação em 23/08/2017

Aceito para publicação em 22/11/2021

Data de publicação em 13/12/2021

ISSN 1983-084X

© 2019 Revista Brasileira de Plantas Mediciniais/Brazilian Journal of Medicinal Plants.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

ta-se como um dos dez principais fatores de risco para a carga global de doenças crônicas (Nicklett e Kadell 2013; Prince et al. 2015). A fim de reduzir ou prevenir incidências de doenças crônicas não transmissíveis, a Organização Mundial da Saúde (OMS) preconiza o consumo mínimo de 400 g de frutos e hortaliças diariamente Who (2004). Dentre as substâncias com propriedades funcionais presentes nos frutos, estão os polifenóis.

Os polifenóis constituem um grupo heterogêneo composto de várias classes de substâncias como exemplo os ácidos fenólicos, etilbenzenos, cumarinas, ligninas, e flavonoides, sendo este último, o maior grupo e o mais estudado, possuindo mais de 5.000 compostos já identificados, nas quais as principais fontes são frutos e hortaliças, chás, cacau, soja, dentre outros (Ross e Kassum 2002).

As ações fisiológicas provenientes dos polifenóis foram relacionadas à prevenção de doenças cardiovasculares, neurodegenerativas, câncer, entre outras, sendo sua principal função a elevada capacidade antioxidante (Scalart et al. 2005). Alguns compostos específicos estão em maiores concentrações em determinados alimentos (Manach, et al. 2004; Vargas et al. 2008), no entanto, nem toda a quantidade desses compostos estão bioacessíveis para a nutrição.

A bioacessibilidade é definida como a fração de determinado nutriente que é libertada da sua matriz alimentar durante o processo digestivo, tornando-se disponível para absorção pelo organismo (Stahl et al. 2002; Fernández-Garcia et al. 2009). O estudo sobre a bioacessibilidade fornece informações importantes que podem contribuir para avaliar a real ingestão de nutrientes e assegurar a eficácia nutricional dos produtos alimentares (Khouzam et al. 2011).

A bioacessibilidade pode ser determinada por métodos de digestão *in vitro* em condições que simulam parte da digestão humana utilizando soluções artificiais que simulem as condições fisiológicas em cada compartimento digestivo, no entanto os resultados *in vitro* muitas vezes são diferentes dos que se obtêm com testes *in vivo*, devido à dificuldade de mimetizar com precisão as reações que ocorrem no organismo que são complexas (Antunes 2012).

Estudos *in vitro* são considerados mais simples, rápidos e de custos moderados, apresentando-se como uma alternativa a estudos em humanos ou animais. A técnica consiste em submeter amostras alimentares a condições que simulam a sequência de processos que ocorrem durante a digestão no trato gastrointestinal humano (Coles et al. 2005; Hur et al. 2011).

A determinação da bioacessibilidade dos

polifenóis constitui um passo importante para a verificação da manutenção das propriedades bioativas verificadas *in vitro* para a realidade *in vivo*. Com efeito, os polifenóis bioacessíveis presentes num determinado alimento podem diferir quantitativa e qualitativamente dos extraídos com métodos químicos. Deste modo, os polifenóis mais bioacessíveis não são necessariamente aqueles que se encontram presentes em maior concentração nos alimentos (Tagliacozzi et al. 2010).

A identificação de fontes alimentares de compostos fenólicos é necessária para compreender e explorar os efeitos da promoção da saúde, bem como aprofundar o conhecimento sobre esses alimentos. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar por meio da revisão da literatura disponível a estabilidade dos polifenóis presentes em algumas espécies de frutas após o processo de digestão simulada *in vitro*.

METODOLOGIA

O presente estudo utilizou como método a revisão integrativa da literatura. Foram estabelecidos como critérios de inclusão: estudos que utilizaram apenas bioacessibilidade *in vitro* de compostos fenólicos em algumas espécies vegetais. Realizou-se em maio de 2017 a busca das publicações indexadas nas seguintes bases de dados: Web of Science, Science Direct, Pubmed, Scopus e na biblioteca eletrônica Scientific Electronic Library Online (SciELO). Foram utilizadas as seguintes palavras-chave: *bioaccessibility*, *polyphenols* e *fruits*. Destaca-se que foi utilizado “and” entre o descritor e a palavra-chave como operador booleano e que não foi estabelecido um período temporal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos e partes dos frutos estudados, as metodologias utilizadas nos estudos sobre bioacessibilidade de polifenóis e os resultados encontrados estão demonstrados na Tabela 1.

Conforme a Tabela 1 pode-se aferir que dentre as espécies de frutos estudados, o cacau, a manga, a romã e a uva vermelha foram as que apresentaram maior percentual de bioacessibilidade de polifenóis. Durante os estudos de digestão *in vitro*, diferentes fitoquímicos dos frutos sofrem modificações estruturais e até mesmo degradação durante o processo digestivo (Tavares et al. 2012).

Em relação ao cacau, Ortega et al. (2009) mostraram um aumento importante da concentração de proantocianidinas (monômeros e dímeros), isso deve-se provavelmente à hidrólise de proantocianidinas com alto grau de polimerização submetidos ao a ação de enzimas digestivas. Já em

TABELA 1. Relação dos estudos sobre bioacessibilidade de polifenóis em diversos tipos de frutos.

AUTOR ANO	ESPÉCIE ESTUDADA	PARTE DA FRUTA ESTUDADA	POLIFENOL ESTUDADO	BIOACESSIBILIDADE				METODOLOGIA	
				Encontrado	Digestão Gástrica	Digestão Intestinal	% Bioac.	Enzimas utilizadas	Método
Bermudez-Soto et al. (2007)	Arônia (<i>Aronia melanocarpa</i> (Michx.) Elliott)	Arônia com Casca	Antocianinas	34,00 µg/g	36,50 µg/g	19,50 µg/g	-42,6	Pepsina pancreatina	Gil-Izquierdo et al. (2001)
			Flavonoides	8,95 µg/g	8,75 µg/g	6,58 µg/g	-26,5		
			Ácido cafeico Flavan-3-óis	30,60 µg/g 35,50 µg/g	29,60 µg/g 30,20 µg/g	29,70 µg/g 28,70 µg/g	-2,9 -19,1		
Tagliacuzzi et al. (2010)	Uva Vermelha (<i>Vitis vinifera</i> L.)	Uva com casca	Fenólicos Totais	34,29 mg/g	42,53 mg/g	43,76 mg/g	+27,6	Pepsina Pancreatina Aminoantipirina	Bermúdez-Soto et al. (2007)
Kamiloglu et al. (2013)	Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	Tomate com casca	Fenólicos Totais	13,7 mg/100 g	16,00 mg/100 g	4,00 mg/100 g	-75,0	Pepsina Pancreatina e sais biliares	Mc Dougall et al. (2005)
Ramírez-Moreno et al. (2011)	Pêra do Cacto (<i>Opuntia albicarpa reyna</i>)	Polpa	Fenólicos Totais	2,94 mg/g	-	2,04 mg/g	-30,6	Pepsina Pancreatina Extrato de Bile	Perez-Jimenez e Saura-Calixto (2005), Serrano et al. (2007)
		Semente		1,61 mg/g	-	0,24 mg/g	-85,1		
	Pêra do Cacto (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	Polpa	3,18 mg/g	-	2,59 mg/g	-18,5			
		Semente	1,47 mg/g	-	0,00 mg/g	-100			
Hervert-herandez, Sayago-Ayerdi e Goni (2010)	Pimenta (<i>Capsicum annuum</i>)	Pimenta com semente	Fenólicos Totais	2843,5 mg/100 g	-	2047,32 mg/100 g	-28	Pepsina Pancreatina Lipase Extrato de Bile	Saura et al. (2007)
	Pimenta chipotle (<i>Capsicum annuum</i> var <i>chipotle</i>)			2381,0 mg/100 g	-	1833,37 mg/100 g	-23		
	Pimenta Guajillo (<i>Capsicum annuum</i> var <i>guajillo</i>)			2325,4 mg/100 g	-	1767,30 mg/100 g	-24		
	Pimenta Morita (<i>Capsicum annuum</i> var <i>morita</i>)			2634,8 mg/100 g	-	1949,75 mg/100 g	-26		
Tenore et al. (2013)	Maçã Anruca (<i>Malus domestica anurca</i>)	Maças sem casca	Procianidina Floridzina Rutina	78,76 mg/100 g	31,58 mg/100 g	44,18 mg/100 g	-60,0	Alfa amilase, Pepsina Pancreatina e sais biliares	Raiola, Meca, Manis, Ritiene, (2012)
				10,64 mg/100 g	0,98 mg/100 g	1,15 mg/100 g	-89,2		
				6,98 mg/100 g	6,98 mg/100 g	5,00 mg/100 g	-28,4		
		Maçã com casca		13,35 mg/100 g	5,35 mg/100 g	7,49 mg/100 g	-59,9		
				42,77 mg/100 g	18,29 mg/100 g	19,42 mg/100 g	-54,6		
				27,81 mg/100 g	18,24 mg/100 g	13,07 mg/100 g	-53,0		
Correa-Betanzo, et al. (2014)	Mirtilo (<i>Vaccinium angustifolium</i> Aiton)	Fruto Integral	Fenólicos Totais Antocianinas	0,512 mg/g 1,78 mg/g	0,527 mg/g 1,67 mg/g	0,478 mg/g 0,235 mg/g	- 6,6 - 86,8	Pepsina, Pancreatina sais biliares	Gil-Izquierdo et al. (2002)
Blancas-Benitez, (2015)	Manga (<i>Mangifera indica</i> L.)	Polpa (pasta)	Fenólicos Totais	9,51 g/100 g	-	12,77 g/100 g	+38,67	a-amilase fosfatase protease amiloglicosidase	Hartzfeld et al. (2002)
		Casca		7,22 g/100 g	-	9,35 g/100 g	+40,53		
Kamiloglu, Capanoglu, (2013)	Figo (<i>Ficus carica</i> L.)	Casca	Ácido clorogênico	11,9 mg/100 g	0,59 mg/100 g	0,19 mg/100 g	-98,4	Pepsina Pancreatina sais biliares	McDougall et al. 2005.
		Polpa		0,59 mg/100 g	0,59 mg/100 g	0,29 mg/100 g	-55,5		
		Casca	Rutina	86,49 mg/100 g	9,39 mg/100 g	1,79 mg/100 g	-98,0		
		Polpa		2,09 mg/100 g	1,79 mg/100 g	0,39 mg/100 g	-81,3		

continua...

TABELA 1. Continuação

Ortega et al. (2009)	Cacau (<i>Theobroma cacao</i> L.)	Cacau em pó	Procianidinas Ácidos Fenólicos Flavonas	376 µg/g 182 µg/g 299 µg/g	755 µg/g 490 µg/g 431 µg/g	870 µg/g 588 µg/g 438 µg/g	+131,4 +223,1 +46,5	Pepsina pancreatina sais biliares	Gil- Izquierdo et al. (2002)
Sengul; Surek; Nilufer-erdil, (2014)	Romã (<i>Punica granatum</i> L.)	Fruto	Fenólicos Totais antocianina	108,1 mg/100 g 11,8 mg/100 g	207,4 mg/100 g 11,8 mg/100 g	136,7 mg/100 g 5,3 mg/100 g	+26,5 -55,1	Pepsina Pancreatina Sais biliares	McDougall et al. (2005)
Mosele et al. (2015)	Romã (<i>Punica granatum</i> L.)	Suco	Fenólicos Totais	5,57 mg/100 g	5,46 mg/100 g	0,24 mg/100 g	-95,7	Pepsina Pancreatina Sais Biliares	Durand et al. (1980)
		Polpa		4,86 mg/100 g	4,75 mg/100 g	0,22 mg/100 g	-95,5		
Heras et al. (2017)	Caqui (<i>Diospyros kaki</i> L.f.)	Casca	Fenólicos Totais	122 mg/100 g	86 mg/100 g	22,9 mg/100 g	-81,2	Amilase Pepsina Pancreatina Sais Biliares	Sakanaka, Tachibana, Okada (2005)
		Polpa		4,24 mg/100 g	1,86 mg/100 g	0,7 mg/100 g	-83,5		
Bouayed; Hoffmann; Bohn (2011)	Maçã Jonaprinz (<i>Malus domestica</i> var <i>jonaprinz</i>)	Fruto com casca e polpa	Fenólicos Totais	1,14 mg/100 g	1,04 mg/100 g	0,36 mg/100 g	-6,4	Fosfatase Pepsina Pancreatina Sais biliares	Kim et al. (2005)
	Maçã Jonagold (<i>Malus domestica</i> var <i>jonagold</i>)			1,04 mg/100 g	1,11 mg/100 g	5,54 mg/100 g	+432,7		
	Maçã Golden (<i>Malus domestica</i> var <i>Golden</i>)			ND	ND	ND	ND		
	Maçã Mutzu (<i>Malus domestica</i> var <i>mutzu</i>)			ND	ND	ND	ND		

ND: não determinado. Fonte: Dados da pesquisa, 2017

relação às flavonas, a concentração das formas de aglicona permaneceram quase constantes após as etapas de digestão gástrica e duodenal.

A concentração da forma glicosídica apresentou um aumento nas misturas de digestão principalmente após o passo duodenal, provavelmente como resultado da digestão parcial da fibra dietética presente no cacau. Esse fato pode ser explicado pela condição das fibras dietéticas interferirem na biodisponibilidade dos compostos fenólicos durante o processo de digestão (Tagliacruzchi et al. 2010). Do ponto de vista nutricional, as enzimas digestíveis não liberam completamente os polifenóis associados à fibras e esse fato sugere que uma considerável fração de polifenóis poderia ser absorvida após fermentação bacteriana do cólon (Saura-Calixto e D'íaz-Rubio 2007).

Sobre a manga, Blancas-Benitez et al. (2015) mostraram que houve um aumento considerável no percentual da bioacessibilidade de polifenóis, o que sugere que ambos os subprodutos possuem um teor de polifenóis aparentemente disponível para absorção no intestino delgado e possivelmente podem ter efeitos benéficos sobre o organismo.

No que diz respeito a romã, Sengul et al. (2014) avaliaram o fruto e perceberam que houve

aumento no teor de fenólicos e diminuição das antocianinas. Enquanto no estudo de Mosele et al. (2015) foi avaliada a estabilidade dos polifenóis de romã no suco e na polpa, verificou-se que houve diminuição do teor de polifenóis, em contraste após a digestão, o conteúdo fenólico total do extrato da casca aumentou em 36,9%, principalmente devido às grandes quantidades de ácido elágico liberado (+271%). Estes estudo demonstram que a casca de romã por ser utilizada para a extração de fenólicos nesse fruto.

Em relação ao caqui, pode-se perceber que as condições bioquímicas da fase intestinal levaram a um aumento do teor de polifenóis dos frutos e folhas do caqui. Este fato também foi observado na digestão de brócolis, vinhos, sucos e castanha de caju como consequência das alterações bioquímicas sofridas por esses compostos no intestino delgado (Wootton-Beard et al. 2011; Chandrasekara e Shahidi 2012). O aumento de polifenóis e flavonoides totais na fase intestinal pode ser explicado pelo tempo adicional de digestão (mais de duas horas), bem como o efeito das enzimas intestinais e dos sais biliares, o que pode ter facilitado a liberação de fenólicos ligados à matriz alimentar.

Os resultados mostram que a presença de

enzimas em qualquer etapa da digestão contribuiu positivamente para a liberação de polifenóis e flavonoides totais. No estudo publicado por (Bouayed et al. 2011), as perdas de flavonóides foram de 56% no final da digestão. Esses autores atribuíram as perdas à instabilidade de algumas antocianinas em condições alcalinas do intestino. No entanto, em um estudo também realizado em maçãs, as catequinas foram degradadas em um meio ácido (simulando as condições estomacais), e posteriormente, sua concentração aumentou na presença de secreções duodenais por uma possível isomerização (Kahle et al. 2011).

A respeito da uva vermelha analisada, os polifenóis apresentaram-se mais bioacessíveis após o processo completo da digestão. Segundo Pinelo et al. (2006) a extração dos polifenóis de matrizes sólidas é influenciada por fatores como temperatura, relação solvente-sólido e o tipo de solvente utilizado. No caso da uva, o aumento da temperatura favoreceu a extração, a relação solvente-sólido também contribuiu, já que foi utilizado 1,5 ml/g de uvas inteiras, estando esse valor dentro da faixa recomendada (entre 1 ml/g e 5 ml/g).

A degradação de polifenóis de frutos, pode ser justificada por vários fatores, os quais de acordo com Holst e Williamson (2008); Pereira (2014) influenciam a bioacessibilidade e biodisponibilidade dos compostos químicos que podem estar relacionados com o composto em si e englobam a sua estrutura química ou seu grau de ionização.

Outros fatores que não estão diretamente relacionados com o composto em si, mas com fatores como a complexidade da matriz do alimento onde o composto se insere, o tipo e quantidade dos outros compostos ingeridos e fatores referentes a variabilidade individual como a acidez do estômago, concentrações e atividades enzimáticas, o estado fisiológico, o maior ou menor tempo de esvaziamento gástrico ou de trânsito intestinal, fato este que vai corroborar com (Hithamani e Srinivasan 2014), os quais afirmam que a quantidade de polifenóis alimentares bioacessíveis pode diferir quantitativa e qualitativamente, dependendo da composição do próprio material alimentar e dos tratamentos de processamento que sofreu.

Pode-se mencionar também que mudanças estruturais podem afetar a absorção e a bioatividade dos polifenóis como a interação com outros componentes, metabolização em grande extensão por hidrólise, as enzimas envolvidas na absorção e metabolismo dos polifenóis podem ser induzidas ou inibidas pela presença de alguns micronutrientes ou xenobióticos, influenciando na absorção dos compostos (Manach et al. 2004; Bouayed et al. 2011).

Quanto a pêra do cacto, observa-se que

apesar dos polifenóis tornarem-se menos bioacessíveis após a digestão intestinal, a maior parte dos polifenóis presentes na polpa do fruto permaneceu na matriz alimentar após a digestão enzimática, enquanto que nas sementes, a bioacessibilidade dos polifenóis no intestino delgado foi baixa, uma vez que quantidade considerável de polifenóis na matriz original estava associada a fração insolúvel.

Em relação as variedades de pimentas analisadas, observou-se que a bioacessibilidade dos polifenóis foi maior no intestino delgado, sendo os extraíveis os mais bioacessíveis devido principalmente à sua baixa massa molecular. Em relação ao mirtilo, os resultados obtidos mostraram alta estabilidade de polifenóis em condições gástricas e, em geral, concordaram com estudos *in vitro* relatados sobre suco de romã (Perez-Vicente et al. 2002) e uvas vermelhas (Tagliacuzzi et al. 2010).

Em relação as variedades de maçãs analisadas, segundo Bouayed et al. (2011), a liberação de polifenóis foi obtida principalmente durante a fase intestinal, embora não significativamente para todas as variedades de maçãs estudadas. O aumento de polifenóis e flavonóides totais após a fase intestinal pode ser explicada pelo tempo adicional de extração (mais 2 h e 45 min) e/ou efeito de digestão intestinal de enzimas (lipases e pancreatina) sobre a matriz alimentar complexa, facilitando a liberação de compostos fenólicos.

Fenore et al. (2013) perceberam que em ambas as variedades de maçãs (com casca e sem casca), os polifenóis apresentaram-se mais bioacessíveis na fase intestinal em relação à gástrica, já no caso da rutina foi menos bioacessível na fase intestinal em comparação com a gástrica, o que pode ser explicado pelo fato dos glicosídeos de flavonoides como a rutina, parecerem resistentes à hidrólise ácida no estômago e, como consequência, atingiram o intestino sem formar agliconas correspondentes (Manach et al. 2004).

Comparando os dados encontrados nos estudos de polifenóis em maçãs pode-se inferir que o teor de bioacessibilidade dos compostos fenólicos varia de acordo com o tipo de composto fenólico analisada e da fase digestiva, sendo uns mais bioacessíveis na fase gástrica e outros na fase intestinal.

Kamiloglu e Capanoglu (2013) avaliaram figos frescos e secos ao sol e constataram aumento da bioacessibilidade da proantocianidina e ácido clorogênico, bem como antioxidantes totais. A porcentagem de recuperação do ácido clorogênico e rutina foram maiores na polpa em comparação com a casca. Além disso, os figos secos apresentaram maiores quantidades em comparação com figos frescos inteiros. Observaram ainda que a secagem teve efeito adverso na rutina, resultando em

menores teor nos figos secos.

A fração dializada após a digestão intestinal dos figos inteiros frescos foi reduzida para 10% do valor inicial do ácido clorogênico, esta alta perda pode estar associada à instabilidade dos ácidos cafeoilquínico em solução aquosa. O efeito do pH (pH = 7) e dos sais biliares também pode contribuir para produzir uma perda mais elevada Vallejo et al. (2004). Além disso, o teor de açúcar em amostras pode afetar a difusão de compostos durante a digestão *in vitro* (Gil-Izquierdo et al. 2002).

Acredita-se que os metabólitos gerados durante o trânsito gastrointestinal e polifenóis que são liberados da matriz alimentar podem ser melhor absorvidos através das células epiteliais do intestino (Saura-Calixto et al. 2007).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A baixa bioacessibilidade dos compostos fenólicos apresentada em alguns dos estudos com frutos mostrados acima, a qual pode resultar numa biodisponibilidade limitada, pode ser explicada por interações físico-químicas dos mesmos com os polissacarídeos indigeríveis das paredes celulares.

Deve-se ser ressaltado que vários fatores podem influenciar na bioacessibilidade dos compostos fenólicos, como fibras dietéticas, enzimas digestivas, complexidade da matriz do alimento, fase digestiva, podendo esta ser aumentada ou diminuída de acordo com as condições a que os fenólicos presentes nos frutos são submetidos no processo de digestão.

Sendo assim, são necessários novos estudos a fim de tentar explicar os fatores interferentes na bioacessibilidade dos compostos fenólicos dos frutos e demais vegetais, na medida em que os mesmos são considerados benéficos para a saúde humana, pois agem como potentes antioxidantes, devem estar bioacessíveis para posteriormente tornarem-se biodisponíveis e desempenharem suas funções no organismo humano.

REFERÊNCIAS

- Antunes RB (2012) Avaliação do efeito da digestão *in vitro* na capacidade antioxidante de infusões medicinais: Flor de Camomila e Flor de Laranjeira. 79p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Bermudez-Soto MI, Tomas-Barberan FA, Garcia CMT (2007) Stability of phenols in chokeberry (*Aronia melanocarpa*) subjected to *in vitro* gastric and pancreatic digestion. *Food Chem*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.025>.
- Blancas-Benitez FJ, Mercado-Mercado G, Quirós-Sauceda AE, Montalvo-González E, González-Aguilar GA, Sáyago-Ayerdi SG (2015) Bioaccessibility of polyphenols associated with dietary fiber and *in vitro* kinetics release of polyphenols in Mexican 'Ataulfo' mango (*Mangifera indica* L.) by-products. *Food Funct* 6:859-68. <https://doi.org/10.1039/c4fo00982g>.
- Bouayed J, Hoffmann L, Bohn T (2011) Total phenolics, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity following simulated gastro-intestinal digestion and dialysis of apple varieties: Bioaccessibility and potential uptake. *Food Chem* 128:14-21. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.02.052>.
- Chandrasekara N, Shahidi F (2012) Antioxidative potential of cashew phenolics in food and biological model systems as affected by roasting. *Food Chem* 129:1388-1396. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.075>.
- Coles LT, Moughan, PJ, Darragh AJ (2005) *In vitro* digestion and fermentation methods, including gas production techniques, as applied to nutritive evaluation of foods in the hindgut of humans and other simple-stomached animals. *Anim Feed Sci Technol* 142:1-444. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2005.04.021>.
- Dani C, Oliboni IS, Vanderlinde R, Bonatto D, Salvador M, Henriques AP (2007) Phenolic content and antioxidant activities of white and purple juices manufactured with organically- or conventionally-produced grapes. *Food Chem Toxicol* 45:2574-80. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.06.022>.
- Fernández-García E, Carvajal-Lérida I, Pérezgálvez A (2009) *In vitro* bioaccessibility assessment as a prediction tool of nutritional efficiency. *Nutr Res* 29:751-760. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2009.09.016>.
- Gil-Izquierdo A, Pilar ZP, Tomás-Barberán FA (2002) Phenolic compound release from the food matrix in the gastrointestinal tract. *Eur Food Res Technol* 214:155-159. <https://doi.org/10.1007/s00217-001-0428-3>.
- Gil-Izquierdo A, Gil MI, Ferreres F, Tomás BNF (2001) *In vitro* availability of flavonoids and other phenolics in orange juice. *J Agric Food Chem* 49:1035-1041. <https://doi.org/10.1021/jf0000528>.
- Hartzfeld PW, Forkner R, Hunter MD, Hagerman AE (2002) Determination of hydrolyzable tannin (gallotannins and ellagitannins) after reaction with potassium iodate. *J Agric Food Chem* 50:1785-1790. <https://doi.org/10.1021/jf0111155>.
- Heras MLR, E. F. Landines EF, Heredia A, Castelló ML, Andrés A (2017) Influence of drying process and particle size of persimmon fibre on its physicochemical, antioxidant, hydration and emulsifying properties *J Food Sci Technol* 54: 2902-2912. [10.1007/s13197-017-2728-z](https://doi.org/10.1007/s13197-017-2728-z).
- Hernandez HD, Ayerdi SGS, Goni I (2010) Bioactive compounds of four hot pepper varieties (*Capsicum annuum* L.), antioxidant capacity, and intestinal bioaccessibility. *J Agric Food Chem* 58:3399-3406. <https://doi.org/10.1021/jf90422Ow>.
- Hithamani G, Srinivasan K (2014) Effect of domestic processing on the polyphenol content and bioaccessibility in finger millet (*Eleusine coracana*) and pearl millet (*Pennisetum glaucum*). *Food Chem* 164:55-62. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.107>.
- Holst B, Williamson G (2008) Nutrients and phytochemicals: from bioavailability to bio efficacy beyond antioxidants. *Curr Opin Biotechnol* 19:73-82. [https://doi.org/10.1016/j.](https://doi.org/10.1016/j.continua...)

Continua...

- copbio.2008.03.003.
- Hur SJ, Sun J, Lim BO, Decker EA, McClements DJ (2011) *In vitro* human digestion models for food applications. *Food Chem* 125:1-12. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.08.036>.
- Kahle K, Kempf M, Schreier P (2011) Intestinal transit and systemic metabolism of apple polyphenols. *Eur J Nutr* 50:507-522. <https://doi.org/10.1007/s00394-010-0157-0>.
- Kamiloglu S, Capanoglu E (2013) Investigating the *in vitro* bioaccessibility of polyphenols in fresh and sun-dried figs (*Ficus carica* L.). *Int J Food Sci* 48:2621-2629, <https://doi.org/10.1111/ijfs.12258>.
- Kamiloglu S, Capanoglu E, Bilen FD, Gonzales GB, Grootaert C, Wiele TV, Camp JV (2015) Bioaccessibility of polyphenols from plant processing by-products of black carrot (*Daucus carota* L.). *J Agric Food Chem* 1: 1-32, <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b02640>.
- Khozam RB, Pohl P, Lobinski R (2011) Bioaccessibility of essential elements from white cheese, bread, fruit and vegetables. *Talanta* 86:425-428. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2011.08.049>.
- Manach C, Scalbert A, Morand C, Anach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jiménez L (2004) Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr* 79:727-47. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>.
- McDougall GJ, Dobson P, Smith P, Blake A, Stewart D (2005) Assessing potential bioavailability of raspberry anthocyanins using an *in vitro* digestion system. *J Agric Food Chem* 53:5896-5904. <https://doi.org/10.1021/jf050131p>.
- Mosele JI (2015), Application of *in vitro* gastrointestinal digestion and colonic fermentation models to pomegranate products (juice, pulp and peel extract) to study the stability and catabolism of phenolic compounds. *J Func Food* 14:529-540. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.02.026>.
- Nicklett EJ, Kadell AR (2013) Fruit and vegetable intake among older adults: a scoping review. *Maturitas* 75:305-312. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2013.05.005>.
- Ortega N, Reguant J, Romero MP, Macià A, Motilva MJ (2009) Effect of fat content on the digestibility and bioaccessibility of cocoa polyphenol by an *in-vitro* digestion model. *J Agric Food Chem* 57:5743-5749. <https://doi.org/10.1021/jf900591q>.
- Pereira ASG (2014) Avaliação da bioaccessibilidade de compostos antioxidantes em variedades de maçã produzidas em Portugal. Lisboa. 81p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar) -Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Pérez JJ, Neveu V, Vos F, Érez JJ, Neveu V, Vos F, Scalbert A (2010) Identification of the 100 richest dietary sources of polyphenols: An application of the phenol-explorer database. *Eur J Clin Nutr* 64:112-120. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2010.221>.
- Pérez JJ, Saura CF (2005) Literature data may underestimate the actual antioxidant capacity of cereals. *J Agric Food Chem* 53:5036-5040. <https://doi.org/10.1021/jf050049u>.
- Prince MJ, Wu F, Guo Y, Gutierrez Robledo LM, O'Donnell M, Sullivan R, Yusuf S (2015) The burden of disease in older people and implications for health policy and practice. *Lancet* 385:549-562. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)61347-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)61347-7).
- Ramirez ME, Marqués DC, Mata SMC, Goñi I (2011) *In vitro* calcium bioaccessibility in raw and cooked cladodes of prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). *Food Sci Tec* 44:1611-1615. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.01.001>.
- Ross JÁ, Kasum CM (2002) Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety. *Annu Rev Nutr* 22:19-34. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.22.11401.144957>.
- Saura CF, Serrano J, Goñi I, Aura CF, Serrano J, Goñi I (2007) Intake and bioaccessibility of total phenols in a whole diet. *Food Chem* 101:492-501. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.006>.
- Scalbert A, Johnson IT, Saltmarsh M (2005) Polyphenols: antioxidants and beyond. *Am J Clin Nutr* 81:215-217. <https://doi.org/10.1093/ajcn/81.1.215S>.
- Serrano J, Gon II, Saura-Calixto F, Errano J, Gon II, Saura-Calixto F (2007) Food antioxidant capacity determined by chemical methods may underestimate the physiological antioxidant capacity. *Food Res Int* 40:15-21. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.07.010>.
- Sengul H, Surek E, Nilufer-Erdil D (2014) Investigating the effects of food matrix and food components on bioaccessibility of pomegranate (*Punica granatum*) phenolics and anthocyanins using an *in-vitro* gastrointestinal digestion model. *Int Food Res J* 62:1069-1079. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.05.055>.
- Stahl W, Van DBH, Arthur J, Bast A, Dainty J, Faulks RM, Gärtner C, Haenen G, Hollman P, Holst B, Kelly FJ, Polidori MC, Rice-Evans C, Southon S, Van VT, Viña-Ribes J, Williamson G, Astley SB (2002) Bioavailability and metabolism. *Mol Aspects Med* 23:39-100. [http://doi.org/10.1016/S0098-2997\(02\)00016-x](http://doi.org/10.1016/S0098-2997(02)00016-x).
- Tagliacuzzi D, Verzelloni E, Bertolini D, Conte A (2010) *In vitro* bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols. *Food Chem* 120:599-606. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.030>.
- Tenore GC, Campiglia P, Ritieni A, Novellino E (2013) *In vitro* bioaccessibility, bioavailability and plasma protein interaction of polyphenols from annurca apple (*M. pumila* Miller cv *annurca*) *Food Chem* 141: 3519-3524. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.051>.
- Vargas PN, Hoelsel SC, Rosa CS (2008) Determinação do teor de polifenóis totais e atividade antioxidante em sucos de uva comerciais. *Alim Nutr* 19:11-15. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562050001>.

- WHO (2004) World Health Organization. Fruit and vegetable Promotion initiative report of the meeting. 25-27. <https://doi.org/10665/43143>
- Wootton- Beard PC, Moran A, Ryan L (2011) Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available vegetable juices before and after in vitro digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin-Ciocalteu methods. *Food Res Int* 44:217–224. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.10.033>.
- Wynn E, Krieg MA, Lanham- New SA, Burckhardt P (2010) Postgraduate symposium positive influence of nutritional alkalinity on bone health. *Proc Nutr Soc* 69:166-173. <https://doi.org/10.3390/nu7042382>.