



## SUPLEMENTAÇÃO COM POLIFENÓIS DAS FRUTAS NA RECUPERAÇÃO E PERFORMANCE

(Publicado: Maio de 2019/Autores: **Joanna L. Bowtell, Jimmy T. Wangdi, Vincent G. Kelly**/Tópicos: Recuperação, Nutrição Esportiva, Treino e Performance, Suplementos)

- Os polifenóis são produzidos por plantas e têm diversas funções incluindo a defesa contra patógenos e papel antioxidante. Eles contribuem com as características do paladar e cores das frutas e hortaliças, mas 90% dos polifenóis da alimentação escapam da absorção no intestino delgado e posteriormente são tornados biodisponíveis pela ação das bactérias do cólon.
- A suplementação com polifenóis produz efeitos antioxidantes pela inibição das enzimas geradoras de superóxido como a fosfato de dinucleótido de nicotinamida e adenina (NADPH) oxidase e pela maior síntese de enzimas endógenas antioxidantes pelos mecanismos de resposta antioxidante. Eles também exercem efeitos anti-inflamatórios pela inibição das enzimas ciclo-oxigenases que produzem prostaglandinas pró-inflamatórias.
- O consumo de ~300mg de polifenóis em até uma hora antes do exercício parece melhorar a performance de resistência e sprints repetitivos mediado por mecanismos vasculares, em participantes ativos com finalidade recreativa. Contudo, apenas um pequeno número de estudos foram conduzidos até o momento e mais pesquisas são necessárias para confirmar esses achados, para determinar a influência do tipo de treino e otimizar o protocolo de suplementação.
- A recuperação da força muscular e a performance após exercício intenso são melhores com a suplementação de polifenóis, provavelmente devido a proteção contra danos oxidativos. Contudo, nosso entendimento sobre os mecanismos é atualmente baseado em medidas de biomarcadores plasmáticos indiretos ao invés da análise do músculo danificado por si só.
- A dose ideal de uma mistura de polifenóis para auxiliar a recuperação do músculo danificado não é conhecida atualmente, mas o consumo de ~1200 mg/dia dos polifenóis da cereja de Montmorency ou romã por 3 ou mais dias antes do exercício parece ser efetivo de forma consistente na melhora da recuperação.

### LEITURA RECOMENDADA

**Julho de 2018:** SSE #181 O Conceito “Potência Crítica” e a Performance nos Exercícios de Alta Intensidade

**Agosto de 2018:** SSE #184 A Dependência do Abastecimento Adequado de Carboidratos para o Sucesso da Performance de Resistência e Alta Intensidade

**Agosto de 2018:** SSE #185 Questões Práticas com base em Evidência da Utilização de Suplementos para a Performance: Interação de Suplementos e Utilização Repetitiva

### INTRODUÇÃO

Frutas, hortaliças e suplementos de polifenóis derivados de frutas contêm uma mistura de polifenóis; no entanto, a farmacocinética e metabolismo após a ingestão de alimentos integrais e suplementos derivados de frutas são altamente complexos. Conseqüentemente, ainda existem muitas questões sem respostas relacionadas à mistura ideal e a dosagem de polifenóis na melhora do exercício e recuperação. As características do paladar e cores das frutas e hortaliças são muito influenciadas pelos conteúdos de polifenóis. Polifenóis são onipresentes nas plantas, onde estão envolvidos em uma ampla gama de processos importantes incluindo crescimento, pigmentação, polinização, resistência a patógenos e estressores ambientais (Duthie et al., 2003). O conteúdo de polifenóis e misturas nas plantas são determinados pela espécie da planta, condições de crescimento (luz do sol, água, disponibilidade de nutrientes, temperatura), processos pós-colheita, transporte e condições de estoque (Oracz et al., 2015). Os polifenóis têm uma estrutura química em comum com dois ou mais grupos hidroxilas ligados a um ou mais anéis de benzeno e podem ser classificados em quatro grupos principais: lignanas, ácidos fenólicos, estilbenos e flavonóides. Destes, os flavonóides são os mais abundantes. A Tabela 1 fornece um resumo e exemplos de compostos e fontes alimentares importantes dos diferentes grupos de polifenóis. Existe uma variação considerável no conteúdo de polifenóis dos alimentos nas prateleiras do supermercado, e nos diferentes suplementos ricos em polifenóis derivados das frutas que hoje estão comercialmente disponíveis.

Grupo de Polifenol	Fonte alimentar	Exemplos dos compostos (mg por 100g de peso do produto fresco)	Conteúdo de polifenol (mg por 100g de peso do produto fresco)
Estilbenos	Uvas roxas	Resveratrol (0,15)	185
Lignanas	Sementes de gergelim Brócolis	Sesamina (538) Lariciresinol (97)	199
Ácidos Fenólicos	Café arábica filtrado Infusão de chá preto Suco de romã	*Ácido-5-cafeoilquinico (43) *Ácido-5-O-gálico-quinico (12) Punicalagina (135)	105
Flavonóides			
Flavonóis	Cacau	Epicatequina (158)	5624
Flavonóis	Cebola Couve	Quercetina (13) Kaempferol (27)	60 177
Flavonas	Tomilho (fresco)	Luteolina (39)	1173
Flavononas	Laranja	Naringenina (11) Hesperidina (34)	279
Isoflavonas	Soja	6-O-malonil-genisteína (16)	
Antocianidinas	Cereja Groselha negra (cassis) Mirtilo	Cianidina (54) Delfinidina (391) Malvinidina (47)	353 820 223
Proantocianidinas	Uvas roxas	Dímeros B1 (112)	5624

Fonte: Phenol-explorer.eu. \*Indica que as unidades são mg por 100ml de infusão

**Tabela 1.** Fontes alimentares dos diferentes grupos e subgrupos de polifenóis.

A absorção e metabolismo dos polifenóis é muito complexa já que existem milhares de compostos de polifenóis presentes nas plantas que interagem entre si, resultando em grande número de diferentes metabólitos na absorção (Crozier et al., 2010). Aproximadamente, 90% dos polifenóis passam sem serem digeridos pelo intestino delgado até o cólon, onde são transformados pelas enzimas presentes nas bactérias da flora intestinal, produzindo metabólitos como os ácidos fenólicos, que podem então serem absorvidos. A ingestão de um único polifenol pode levar ao aumento de muitos diferentes metabólitos. Por exemplo, nas 48 horas após a ingestão da 13cianidina-3-glicosídeo, 17 diferentes metabólitos conhecidos foram detectados no plasma (de Ferrars et al., 2014).

### Propriedades dos Polifenóis

Os polifenóis possuem propriedades de eliminar radicais relacionadas com a sua estrutura química. Contudo, a concentração plasmática máxima de polifenóis e seus metabólitos é relativamente baixa (0,1– 22  $\mu\text{M}$ ) em comparação com a concentração plasmática do urato (150– 450  $\mu\text{M}$ ) que também é um antioxidante importante no compartimento plasmático. Parece improvável, portanto, que os fenólicos plasmáticos são antioxidantes diretos efetivos in vivo. Existem crescentes evidências atualmente de que os fenólicos aumentam a capacidade antioxidante endógena pela sinalização via fator 2 (Nrf2)/elemento de resposta antioxidante (ARE), resultando em uma síntese aumentada de antioxidantes endógenos como a superóxido dismutase, catalase e peroxirredoxina (Huang et al., 2015). Paradoxalmente, parece que os efeitos antioxidantes dos polifenóis surgem da sua ação pró-oxidante após exposição in vivo a espécies reativas de oxigênio (EROs). Os polifenóis também possuem propriedades anti-inflamatórias e têm sido mostrados in vitro reduzindo a sinalização pró-inflamatória via fator nuclear Kappa de cadeias leves intensificador de células B ativadas (NF- $\kappa\text{B}$ ) por inibir as enzimas ciclo-oxigenases COX-1 e COX-2 (Esposito et al., 2014), que também são alvos de medicamentos anti-inflamatórios não esteróides.

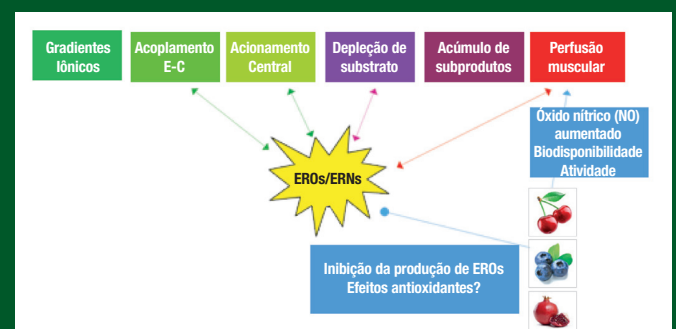
O consumo de polifenóis derivados das frutas, incluindo aqueles das cerejas, mirtilos, groselhas negras (cassis), romãs e do cacau, reduzem os marcadores plasmáticos de danos oxidativos e inflamação. A suplementação crônica e aguda com polifenóis também melhora a função vascular, especificamente a vasodilatação fluxo-mediada (FMD) dependente de óxido nítrico (NO). Um estudo de meta-análise revelou que a suplementação aguda com uma mistura de flavonóides aumentou a FMD em 2,33% (baseado em 18 estudos) e em 0,73% com a suplementação crônica (baseado em 14 estudos) (Kay et al., 2012). A dose ideal identificada foi de 500mg/dia de flavonóides totais ou 300mg/dia de procianidinas. O aumento da biodisponibilidade de NO é provavelmente atingido por diversos mecanismos agindo sinergicamente para 1) ativar a síntese de óxido nítrico endotelial (Chalopin et al., 2010), 2) inibir as enzimas de produção de superóxido como as NADPH oxidase (Maraldi, 2013), e ainda reduzir a depleção de NO devido a formação de NO e super-óxido, e 3) sinalização por meio da Nrf2 e aumento da capacidade antioxidante endógena (Ramirez-Sanchez et al., 2013).

Existe ainda uma forte lógica sugerindo que os polifenóis podem melhorar a performance do exercício e recuperação após exercício

intenso devido às suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e vasoativas (Bowtell & Kelly, 2019). O objetivo deste artigo do Sports Science Exchange é fornecer um breve resumo das evidências de pesquisas recentes nesta área.

### A SUPLEMENTAÇÃO DE POLIFENÓIS NA PERFORMANCE

O músculo esquelético é um grande produtor de espécies reativas de oxigênio de uma variedade de fontes incluindo a cadeia de respiração mitocondrial e fontes enzimáticas como as NADPH oxidase e xantinas oxidase. A geração de EROs aumenta durante o exercício de maneira dependente da intensidade e pode exceder a capacidade antioxidante muscular resultando em balanço redox comprometido durante exercícios prolongados ou de grande intensidade (Bailey et al., 2007). Esse comprometimento no balanço redox resulta no desenvolvimento da fadiga através do fluxo sanguíneo e capacidade vasodilatadora prejudicados, utilização de cálcio e sensibilidade alterados, além do desenvolvimento da fadiga central (Figura 1, para revisão veja Powers & Jackson, 2008). Portanto, é plausível que a suplementação com antioxidantes pode neutralizar a fadiga e melhorar a performance, através da melhor perfusão do músculo exercitado, assim como a manutenção de um melhor acoplamento excitação-contracção muscular e acionamento central.



**Figura 1.** Os potenciais mecanismos da fadiga induzida por exercício. O mecanismo da fadiga permanece controverso devido a sua natureza de complexidade multifatorial e especificidade do tipo de exercício, intensidade e duração. No entanto, a exposição aumentada a espécies reativas de oxigênio e nitrogênio durante o exercício foi implicada, sugerindo que a suplementação com polifenóis pode demonstrar efeito ergogênico devido a sua propriedade antioxidante.

### SUPLEMENTAÇÃO AGUDA

Apenas alguns estudos investigaram se a suplementação aguda com polifenóis (única dose < 3 horas antes do exercício) afeta a performance no exercício. O timing de consumo parece ser um fator importante já que efeitos ergogênicos foram apenas observados naqueles estudos onde os polifenóis foram consumidos em até 1 hora anterior ao exercício. Isso provavelmente coincide com a máxima concentração dos metabólitos dos polifenóis do plasma e, portanto, efeitos fisiológicos máximos. Quando consumidos 30 minutos antes do exercício, a romã (1000mg de extrato de romã) (Roelofs et al., 2017; Trexler et al., 2014) e extrato de ecklonia cava (alga marinha japonesa) (72mg de polifenóis) (Oh et al., 2010) melhoraram o tempo na esteira até a exaustão, e o pico e força média durante ciclos de sprints em participantes ativos com fins recreativos. Os polifenóis combinados derivados do chá verde, uvas e romãs, ou uvas e maçãs (500mg de polifenóis) consumidos 1 hora anterior ao exercício aumentou o pico e força média durante ciclos repetitivos de sprints (Cases et al., 2017) e aumentou

o tempo até a exaustão durante um teste de corrida máxima adicional na esteira, e ciclismo em 70% da força aeróbica máxima (Deley et al., 2017) em participantes ativos com fins recreativos. Contudo, o extrato de romã ou flavonóides do cacau consumidos 1,5 hora ou mais antes do exercício não produziram efeitos ergogênicos (Decroix et al., 2017; Crum et al., 2017; Roelofs et al., 2017; Trexler et al., 2014). Estes estudos envolveram atletas treinados, então não está claro se o tipo de treino pode influenciar também na eficácia; apesar da melhora modesta em ciclistas experientes na performance em sprints, 1 hora e 30 minutos após a ingestão de concentrado de cerejas de Montmorency (Keane et al., 2018).

O efeito ergogênico observado em indivíduos ativos recreativamente provavelmente envolve mecanismos vasculares, com redução da pressão arterial, e aumento do diâmetro da artéria braquial e do fluxo observado em conjunto com melhora da performance (Cases et al., 2017; Roelofs et al., 2017; Trexler et al., 2014).

### SUPLEMENTAÇÃO CRÔNICA

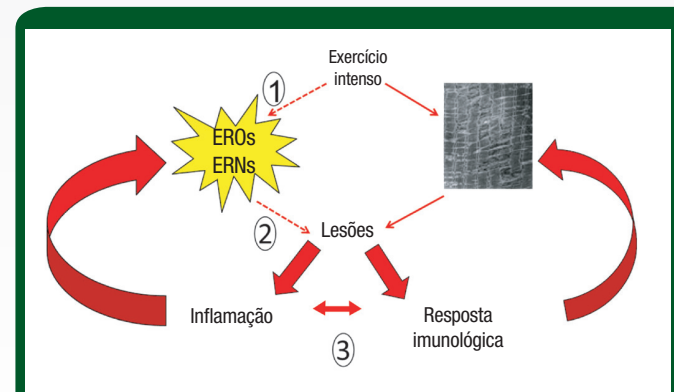
A suplementação com groselha negra em pó (300mg/dia com 105mg/dia de antocianinas) por 7 dias aumentou o tempo de performance em teste de ciclismo de 16,1km (Cook et al., 2015) e da corrida em distância intermitente de alta intensidade até a exaustão (Perkins et al., 2015), reduziu o índice de fadiga em sprints repetitivos em participantes ativos recreativamente (Godwin et al., 2017; Willems et al., 2016), e induziu uma pequena melhora (0,8%) no tempo de teste da performance de ciclismo de 4km em indivíduos treinados (Murphy et al., 2017). Braakhuis et al. (2014) também encontrou uma possível melhora no tempo de teste de performance de 5km para corredoras de velocidade do sexo feminino após 3 semanas de suplementação com polifenóis da groselha negra (300mg/dia de antocianinas) durante um período de treino intensificado, com evidência de decréscimo da performance após suplementação com vitamina C neste estudo crossover randomizado. A suplementação com cereja em pó por 7 dias melhorou o tempo do teste de performance de 15km em ciclistas treinados do sexo masculino (Morgan et al., 2019). No entanto, os achados não foram consistentes, já que 7 dias de suplementação com romã (1800mg de polifenóis) (Trinity et al., 2014), e 2 semanas de suplementação com chocolate amargo (108mg de catequinas e 88mg de flavanóides) (Allgrove et al., 2011) não melhorou a performance.

Da evidência disponível, o consumo crônico de polifenóis parece produzir efeitos ergogênicos em participantes ativos com fins recreativos e em menor extensão, em atletas treinados. Os mecanismos mais prováveis parecem ser a exposição reduzida, ou aumento na capacidade de detoxificar EROs e espécies reativas de nitrogênio (ERNs) ou aumentar a atividade antioxidante enzimática. Estas respostas parecem ocorrer em paralelo com a melhora da função vascular, possivelmente resultando em melhora da perfusão muscular e aumento na captação de oxigênio (Richards et al., 2010).

### SUPLEMENTAÇÃO COM POLIFENÓIS PARA MELHOR RECUPERAÇÃO

Danos musculares induzidos por exercícios envolvem processos mecânicos e bioquímicos. O dano inicial, induzido pela exposição à grandes forças mecânicas e exposição aumentada às EROs, é gatilho

para uma potente resposta inflamatória onde as fibras musculares afetadas liberam citocinas pró-inflamatórias, que servem como atrativos químicos para neutrófilos e macrófagos e ativam as enzimas geradoras de EROs nos músculos (para revisão veja Peake et al., 2017). A infiltração e ativação de neutrófilos ocorre em 2 horas dos danos, o que libera EROs e enzimas proteolíticas que podem exacerbar o dano muscular inicial, mas que também facilitam a regeneração removendo os resíduos e ativando as células satélites. Logo após a infiltração dos neutrófilos, macrófagos provenientes dos monócitos do sangue se acumulam no tecido afetado. O papel deles é vasculhar resíduos e células apoptóticas e ainda, liberar uma gama de fatores de crescimento e outras substâncias que são gatilhos para a reestruturação da matriz extracelular e elementos contráteis e vasculares. O envolvimento central da geração de EROs e inflamação no músculo afetado e o processo de cura sugerem que existe uma razão clara para a suplementação com polifenóis para melhorar a recuperação (Figura 2).



**Figura 2.** A suplementação com polifenóis e a recuperação dos danos musculares. A suplementação com polifenóis parece melhorar a recuperação dos danos musculares induzidos por exercício por meio de muitos possíveis mecanismos: 1) inibição das enzimas produtoras de superóxido como as NADPH oxidases, 2) capacidade antioxidante endógena aumentada e 3) efeitos anti-inflamatórios.

A suplementação com polifenóis derivados das frutas (Cereja de Montmorency (MC), romã e mirtilo) melhora a restauração da função muscular e reduz a dor após prática intensa de exercício. A suplementação com MC tem mostrado melhora na recuperação das funções musculares e performance no exercício em cinco de nove estudos publicados investigando esta questão (Bell et al., 2015, 2016; Bowtell et al., 2011; Connolly et al., 2006; Howatson et al., 2010). Estes estudos envolveram atletas treinados assim como indivíduos com prática de exercício com fins recreativos, assim diferente dos efeitos agudos na performance pela suplementação com polifenóis, parece que efeitos benéficos na recuperação são acessíveis para ambos os grupos de indivíduos atletas, assim como para os não-atletas. A eficácia do suplemento não foi influenciada pelo tipo de exercício utilizado para atingir o dano muscular, já que diferentes abordagens ou grupos musculares foram danificados em cada um destes estudos. Os polifenóis da MC foram fornecidos na forma de suco, consumidos pela manhã e à noite por pelo menos 3 dias anteriormente ao exercício, e foram fornecidos pelo menos 1200mg de polifenóis ao dia nos estudos onde a melhora na recuperação foi evidente. Nos estudos que não relataram qualquer efeito na melhora da recuperação das funções mus-

culares ou performance no exercício, ou foi fornecida uma dose menor (e presumidamente insuficiente) de MC em pó (Beals et al., 2017; Levers et al., 2015), ou a intensidade do exercício não induziu declínio mensurável da força muscular (McCormick et al., 2016) ou da performance no exercício (Bell et al., 2014), tornando por definição impossível a melhora na recuperação.

O consumo do suco de romã foi relatado na melhora da recuperação da função muscular dos flexores do cotovelo (Machin et al., 2012; Trombold et al., 2010, 2011) e extensores do joelho (Machin et al., 2012) após exercício intenso em indivíduos do sexo masculino. No entanto, Trombold et al. (2011) relatou que os extensores do joelho em homens com treinos de resistência foram relativamente refratários de danos musculares (redução de 15-20% na força isométrica vs. perda de 25-35% da força isométrica dos músculos flexores do cotovelo) o que pode ter contribuído para a falta de efeito dos polifenóis da romã nos extensores do joelho deste grupo. Contudo, em homens ativos com fins recreativos, a força na recuperação tanto dos músculos flexores do cotovelo quanto os extensores do joelho, foi melhorada pelo consumo de um concentrado de romã fornecendo 650mg de polifenóis ou uma ou duas vezes ao dia por 3 dias antes do exercício (Machin et al., 2012; Trombold et al., 2010), sugerindo que esta dose mais baixa de polifenóis foi igualmente efetiva nesta população. Deve ser mencionado que o estudo de Machin et al. (2012) somente foi apresentado como resumo. A suplementação com mirtilo consumida na forma de Smoothie no dia do exercício (1360mg de polifenóis) e durante dois dias na recuperação (420mg polifenóis ao dia) melhorou a recuperação da força dos extensores do joelho após exercício excêntrico unilateral em mulheres ativas com fins recreativos (McLeay et al., 2012).

Os efeitos da suplementação com polifenóis da cereja na dor muscular após exercício intenso são bem menos consistentes; a suplementação com MC reduziu a dor muscular após exercício intenso em apenas metade dos estudos publicados (Bell et al., 2016; Connolly et al., 2006; Kuehl et al., 2010; Levers et al., 2015), mas não nos outros estudos publicados onde a dor muscular foi relatada (Beals et al., 2017; Bowtell et al., 2011; Howatson et al., 2010; McCormick et al., 2016). A suplementação com romã reduziu a dor muscular após exercício excêntrico nos flexores do cotovelo em homens com treino de resistência (Trombold et al., 2011), mas não nos outros músculos ou estudos, e a suplementação com mirtilo não reduziu a dor muscular (McLeay et al., 2012). Não existiu um padrão claro para explicar esta variação, mas estudos não foram consistentes em termos de controle dietético já que alguns garantiram que os participantes se abstivessem em relação ao consumo de polifenóis no início do estudo e outros não. Em três estudos, efeitos favoráveis na recuperação da força muscular e na dor muscular foram evidentes; em outros, efeitos favoráveis na função muscular, mas não na dor muscular foram observados. Por definição, a dor muscular é uma medida altamente subjetiva mesmo quando a tolerância a pressão e dor é medida utilizando um algômetro, e apesar de importante para a performance atlética, é difícil de quantificar de maneira segura e objetiva. A quantificação da inflamação em um dano muscular por si só, junto a medida de dor muscular, poderia ser um passo importante em direção a um melhor entendimento dos efeitos dos polifenóis.

## APLICAÇÕES PRÁTICAS

- Existe evidência preliminar para sugerir que o consumo de ~300mg de polifenóis em até uma hora antes do exercício pode melhorar a resistência e performance em sprints repetitivos, mais provavelmente devido a melhora na perfusão muscular.
- A otimização da recuperação pós-exercício é imperativa durante treinos pesados e calendários de competições onde existe tempo limitado para a recuperação. Evidências recentes sugerem que a suplementação com > 1000mg de polifenóis ao dia por 3 ou mais dias previamente e após o exercício irá melhorar a recuperação posterior aos eventos de esporte que levam a danos musculares.
- Esta dose de polifenóis poderia ser fornecida consumindo ~450g de mirtilos, 120g de groselhas negras ou 300g de cerejas de Montmorency (veja a tabela 1 e phenolexplorer.eu). Contudo, o conteúdo de polifenóis das frutas varia consideravelmente dependendo da espécie da planta, condições de crescimento e processos após a colheita.
- Médicos devem considerar o paladar e preferências pessoais de seus atletas e demandas do estilo de vida quando recomendarem protocolos de suplementação individual para garantir que estes protocolos sejam cumpridos, e o fornecimento de polifenóis provenientes das frutas (consumidas como parte da dieta) podem ser uma fonte mais conveniente e consistente de polifenóis.

## RESUMO

Resumindo, o consumo de suco ou concentrado de MC fornecendo 600mg de polifenóis pela manhã e noite por pelo menos 3 dias anteriormente ao exercício e durante a recuperação tem sido consistentemente mostrado na melhora da recuperação da função muscular. A proteção dos músculos contráteis contra o dano oxidativo e supressão da inflamação são provavelmente os mecanismos que sustentam esses efeitos favoráveis. O consumo de ~300mg de polifenóis derivados das frutas em até uma hora antes do exercício parece melhorar o desempenho, provavelmente pela melhora da perfusão muscular. Estudos futuros são necessários para identificar a dose ideal, frequência e duração da ingestão/suplementação, e para melhorar nosso entendimento dos mecanismos de ação.

## REFERÊNCIAS

- Allgrove, J., E. Farrell, M. Gleeson, G. Williamson, and K. Cooper (2011). Regular dark chocolate consumption's reduction of oxidative stress and increase of free-fatty-acid mobilization in response to prolonged cycling. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Met.* 21:113-123.
- Bailey, D.M., L. Lawrenson, J. McEnery, I.S. Young, P.E. James, S.K. Jackson, R.R. Henry, O. Mathieu-Costello, J.M. McCord, and R.S. Richardson (2007). Electron paramagnetic spectroscopic evidence of exercise-induced free radical accumulation in human skeletal muscle. *Free Radical Res.* 41:182-190.
- Beals, K., K.F. Allison, M. Damell, M. Lovalekar, R. Baker, D.C. Nieman, et al. (2017). The effects of a tart cherry beverage on reducing exercise-induced muscle soreness. *Isokin. Exerc. Sci.* 25:53-63.
- Bell, P.G., I.H. Walshe, G.W. Davison, E. Stevenson, and G. Howatson (2014). Montmorency cherries reduce the oxidative stress and inflammatory responses to repeated days high-intensity stochastic cycling. *Nutrients* 6:829-843.
- Bell, P.G., I.H. Walshe, G.W. Davison, E.J. Stevenson, and G. Howatson (2015). Recovery facilitation with Montmorency cherries following high-intensity, metabolically challenging exercise. *Appl. Physiol. Nutr. Met.* 40:414-423.
- Bell, P.G., E. Stevenson, G.W. Davison, and G. Howatson (2016). The effects of Montmorency tart cherry concentrate supplementation on recovery following prolonged, intermittent exercise. *Nutrients* 8(7):E441.



- Bowtell, J.L., D.P. Sumners, A. Dyer, P. Fox, and K.N. Mileva (2011). Montmorency cherry juice reduces muscle damage caused by intensive strength exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 43:1544-1551.
- Bowtell, J.L. and V. Kelly (2019). Fruit-derived polyphenol supplementation for athlete recovery and performance. *Sports Med.* 2019.
- Braakhuis, A.J., W.G. Hopkins, and T.E. Lowe (2014). Effects of dietary antioxidants on training and performance in female runners. *Eur. J. Sport Sci.* 14:160-168.
- Cases, J., C. Romain, C. Marin-Pagan, L.H. Chung, J.M. Rubio-Perez, C. Laurent, S. Gaillet, E. Prost-Camus, M. Prost, and P.E. Alcaraz (2017). Supplementation with a polyphenol-rich extract, perflorid (f), improves physical performance during high-intensity exercise: a randomized, double blind, crossover trial. *Nutrients* 9(4):E421.
- Chalopin, M., A. Tesse, M.C. Martinez, D. Rognan, J.F. Arnal, and R. Andriantsitohaina (2010). Estrogen receptor alpha as a key target of red wine polyphenols action on the endothelium. *PLoS One* 5(1):e8554.
- Connolly, D.A., M.P. McHugh, and O.I. Padilla-Zakour (2006). Efficacy of a tart cherry juice blend in preventing the symptoms of muscle damage. *Br. J. Sports Med.* 40:679-683.
- Cook, M.D., S.D. Myers, S.D. Blacker, and M.E. Willems (2015). New Zealand blackcurrant extract improves cycling performance and fat oxidation in cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol.* 115:2357-2365.
- Crozier, A., D. Del Rio, and M.N. Clifford (2010). Bioavailability of dietary flavonoids and phenolic compounds. *Mol. Asp. Med.* 31:446-467.
- Crum, E.M., A.M. Che Muhamed, M. Barnes, and S.R. Stannard (2017). The effect of acute pomegranate extract supplementation on oxygen uptake in highly-trained cyclists during high-intensity exercise in a high altitude environment. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 14:14.
- de Ferrars, R.M., C. Czank, Q. Zhang, N.P. Botting, P.A. Kroon, A. Cassidy, and C.D. Kay (2014). The pharmacokinetics of anthocyanins and their metabolites in humans. *Br. J. Pharmacol.* 171:3268-3282.
- Decroix, L., C. Tonoli, D.D. Soares, A. Descat, M.J. Driitij-Reijnders, A.R. Weseler, A. Bast, W. Stahl, E. Heyman, and R. Meeusen (2017). Acute cocoa flavanols intake has minimal effects on exercise-induced oxidative stress and nitric oxide production in healthy cyclists: a randomized controlled trial. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 14:28.
- Deley, G., D. Guillemet, F.A. Allaert, and N. Babault (2017). An acute dose of specific grape and apple polyphenols improves endurance performance: a randomized, crossover, double-blind versus placebo controlled study. *Nutrients* 9(8):E917.
- Duthie, G.G., P.T. Gardner, and J.A. Kyle (2003). Plant polyphenols: are they the new magic bullet? *Proc. Nutr. Soc.* 62:599-603.
- Esposito, D., A. Chen, M.H. Grace, S. Komarmytsky, and M.A. Lila (2014). Inhibitory effects of wild blueberry anthocyanins and other flavonoids on biomarkers of acute and chronic inflammation in vitro. *J. Agric. Food Chem.* 62:7022-7028.
- Godwin, C., M.D. Cook, and M.E.T. Willems (2017). Effect of New Zealand blackcurrant extract on performance during the running based anaerobic sprint test in trained youth and recreationally active male football players. *Sports* 5(3):E69.
- Howatson, G., M.P. McHugh, J.A. Hill, J. Brainer, A.P. Jewell, K.A. van Someren, R.E. Shave, and S.A. Howatson (2010). Influence of tart cherry juice on indices of recovery following marathon running. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 20:843-852.
- Huang, Y., W. Li, Z.Y. Su, and A.N. Kong (2015). The complexity of the Nrf2 pathway: beyond the antioxidant response. *J. Nutr. Biochem.* 26:1401-1413.
- Kay, C.D., L. Hooper, P.A. Kroon, E.B. Rimm, and A. Cassidy (2012). Relative impact of flavonoid composition, dose and structure on vascular function: A systematic review of randomised controlled trials of flavonoid-rich food products. *Mol. Nutr. Food Res.* 56:1605-1616.
- Keane, K.M., S.J. Bailey, A. Vanhatalo, A.M. Jones, and G. Howatson (2018). Effects of montmorency tart cherry (*L-Prunus Cerasus*) consumption on nitric oxide biomarkers and exercise performance. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 28:1746-1756.
- Kuehl, K.S., E.T. Perrier, D.L. Elliot, and J.C. Chesnutt (2010). Efficacy of tart cherry juice in reducing muscle pain during running: a randomized controlled trial. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 7:17.
- Levers, K., R. Dalton, E. Galvan, C. Goodenough, A. O'Connor, S. Simbo, N. Barringer, S.U. Mertens-Talcott, C. Rasmussen, M. Greenwood, S. Riechman, S. Crouse, and R.B. Kreider (2015). Effects of powdered Montmorency tart cherry supplementation on an acute bout of intense lower body strength exercise in resistance trained males. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 12:41.
- Machin, D.R., K.M. Christmas, T.H. Chou, S.C. Hill, D. Van Pelt, J.R. Trombold, and E.F. Coyle (2012). Dose response effects of pomegranate juice concentrate supplementation on DOMS. *Med. Sci. Sports Exerc.* 44:315 (abstract).
- Maraldi, T. (2013). Natural compounds as modulators of NADPH oxidases. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 13:271602.
- McCormick, R., P. Peeling, M. Binnie, B. Dawson, and M. Sim (2016). Effect of tart cherry juice on recovery and next day performance in well-trained Water Polo players. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 13:41.
- McLeay, Y., M.J. Barnes, T. Mundel, S.M. Hurst, R.D. Hurst, and S.R. Stannard (2012). Effect of New Zealand blueberry consumption on recovery from eccentric exercise-induced muscle damage. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 9(1):19.
- Morgan, P.T., M.J. Barton, and J.L. Bowtell (2019). Montmorency cherry supplementation improves 15-km cycling time-trial performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* E-pub ahead of print.
- Murphy, C.A., M.D. Cook, and M.E.T. Willems (2017). Effect of New Zealand blackcurrant extract on repeated cycling time trial performance. *Sports* 5(2):E25.
- Oh, J.K., Y.O. Shin, J.H. Yoon, S.H. Kim, H.C. Shin, and H.J. Hwang (2010). Effect of supplementation with *Ecklonia cava* polyphenol on endurance performance of college students. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Met.* 20:72-79.
- Oracz, J., D. Zyzewicz, and E. Nebesny (2015). The content of polyphenolic compounds in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.), depending on variety, growing region, and processing operations: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 55:1176-1192.
- Peake, J.M., O. Neubauer, P.A. Della Gatta, and K. Nosaka (2017). Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *J. Appl. Physiol.* 122:559-570.
- Powers, S.K. and M.J. Jackson (2008). Exercise-induced oxidative stress: cellular mechanisms and impact on muscle force production. *Physiol. Rev.* 88:1243-1276.
- Perkins, I.C., S.A. Vine, S.D. Blacker, and M.E. Willems (2015). New Zealand blackcurrant extract improves high-intensity intermittent running. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Met.* 25:487-493.
- Ramirez-Sanchez, I., P.R. Taub, T.P. Ciaraldi, L. Nogueira, T. Coe, G. Perkins, M. Hogan, A.S. Maisel, R.R. Henry, G. Ceballos, and F. Villarreal (2013). (-)-Epicatechin rich cocoa mediated modulation of oxidative stress regulators in skeletal muscle of heart failure and type 2 diabetes patients. *Int. J. Cardiol.* 168:3982-3990.
- Richards, J.C., M.C. Lonac, T.K. Johnson, M.M. Schweder, and C. Bell (2010). Epigallocatechin-3-gallate increases maximal oxygen uptake in adult humans. *Med. Sci. Sports Exerc.* 42:739-744.
- Roelofs, E.J., A.E. Smith-Ryan, E.T. Trexler, K.R. Hirsch, and M.G. Mock (2017). Effects of pomegranate extract on blood flow and vessel diameter after high-intensity exercise in young, healthy adults. *Eur. J. Sport Sci.* 17:317-325.
- Trexler, E.T., A.E. Smith-Ryan, M.N. Melvin, E.J. Roelofs, and H.L. Wingfield (2014). Effects of pomegranate extract on blood flow and running time to exhaustion. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 39:1038-1042.
- Trinity, J.D., M.D. Pahnke, J.R. Trombold, and E.F. Coyle (2014). Impact of polyphenol antioxidants on cycling performance and cardiovascular function. *Nutrients* 6:1273-1292.
- Trombold, J.R., J.N. Barnes, L. Critchley, and E.F. Coyle (2010). Ellagitannin consumption improves strength recovery 2-3 d after eccentric exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 42:493-498.
- Trombold, J.R., A.S. Reinfield, J.R. Casler, and E.F. Coyle (2011). The effect of pomegranate juice supplementation on strength and soreness after eccentric exercise. *J. Strength Cond. Res.* 25:1782-1788.
- Willems, M.E.T., L. Cousins, D. Williams, and S.D. Blacker (2016). Beneficial effects of New Zealand blackcurrant extract on maximal sprint speed during the Loughborough intermittent shuttle test. *Sports* 4(3):E42.