

Universidade de São Paulo
Faculdade de Saúde Pública

**Efeitos do Consumo de Alimentos Fonte de
Catequinas na Performance Esportiva de Exercícios
*Endurance***

Giovana Lamano de Oliveira

Trabalho apresentado à Disciplina
0060029, como requisito parcial para a
graduação no Curso de Nutrição da
Faculdade de Saúde Pública da
Universidade de São Paulo.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Geni Rodrigues
Sampaio

São Paulo
2022

Efeitos do Consumo de Alimentos Fonte de Catequinas na Performance Esportiva de Exercícios *Endurance*

Giovana Lamano de Oliveira

Trabalho apresentado à Disciplina 0060029, como requisito parcial para a graduação no Curso de Nutrição da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Geni Rodrigues Sampaio



São Paulo

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a meus pais, Rita e Anderson, por sempre me apoiarem, darem força e me ajudarem a trilhar o meu próprio caminho.

À minha professora orientadora Geni Rodrigues que embarcou comigo nessa trajetória desafiadora e cheia de imprevistos, me apoiando com muita experiência e paciência.

Às minhas amigas Giulia, Isabela, Vitoria e Steffany, pelo companheirismo, risadas, carinho e sintonia. Que nós possamos celebrar essa e muitas outras vitórias juntas!

Ao meu namorado Bruno que me encorajou e me apoiou em todos os momentos de incertezas.

Também agradeço a todos os professores do curso de Nutrição da Faculdade de Saúde Pública, que me permitiram obter experiência e conhecimento na área que eu amo.

Por fim, agradeço e dedico este trabalho a meu avô Ari Antônio que sempre carregarei no peito com muitas memórias boas e piadas para contar.

Oliveira GL. Efeitos do consumo de alimentos fonte de catequinas na performance esportiva de exercícios *endurance* [Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Nutrição]. São Paulo. Faculdade de Saúde Pública da USP. 2022.

RESUMO

Atualmente se sabe que o consumo de determinados alimentos pode promover efeitos ergogênicos e influenciar positivamente na performance esportiva de praticantes de exercício físico. As catequinas, são encontrados naturalmente em frutas, ervas e vegetais, e ganham grande destaque no meio esportivo por sua forte ação antioxidante e efeito estimulante da vasodilatação. Dessa forma, este trabalho propõe analisar os efeitos do consumo de alimentos fonte de catequinas na performance esportiva de exercícios de *endurance*. Foi realizada uma revisão de literatura a partir da base de dados PubMed, utilizando o mecanismo de pesquisa avançada disponível. A partir do mecanismo de busca, 363 artigos foram encontrados. Após inclusão dos filtros (estudos publicados nos últimos 10 anos, realizados com humanos, do tipo estudos clínicos controlados e do tipo estudos clínicos controlados randomizados), leitura de título e resumos e revisão das referências bibliográficas, 10 artigos originais foram incluídos. Os estudos analisados apresentaram resultados heterogêneos quanto ao perfil dos participantes e variação nos métodos de avaliação de performance *endurance*. De forma geral, o consumo de catequinas implicou em menor RER, maior oxidação lipídica e, em alguns casos, maior distância percorrida em menor tempo. Não foi possível observar melhor desempenho entre indivíduos que consumiram catequinas de forma aguda ou de forma crônica. Assim, é possível concluir que são necessários mais estudos para avaliar a eficácia do consumo de catequinas através de fontes alimentares para a melhora da performance esportiva em exercícios *endurance*.

Descritores: Catequinas; Alimentos fonte; Performance esportiva; Exercícios *endurance*; Nutrição.

SUMÁRIO

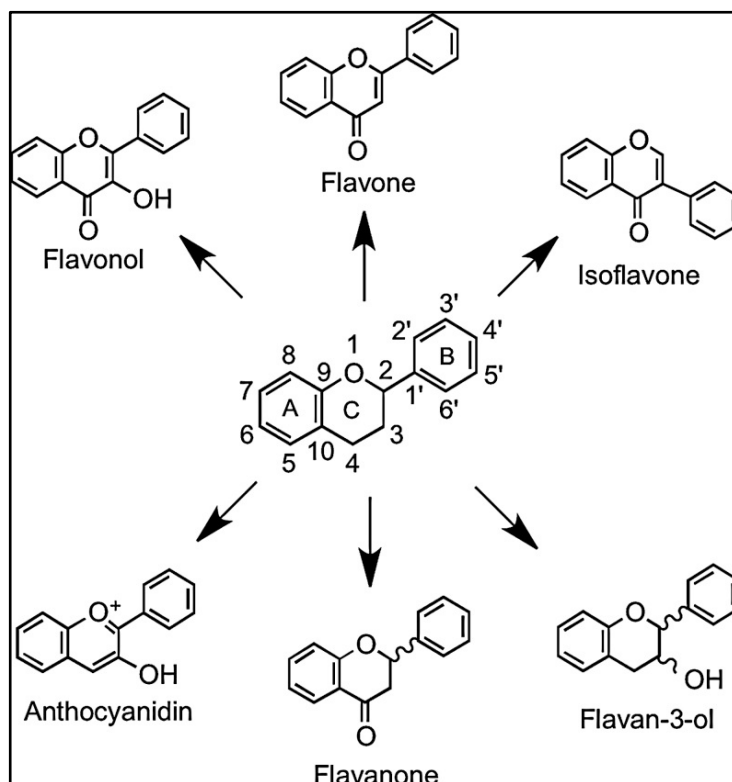
1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVO GERAL	9
3. METODOLOGIA	9
4. RESULTADOS	12
4.1 CONSUMO AGUDO DE ALIMENTOS FONTE DE CATEQUINAS	18
4.2 CONSUMO CRÔNICO DE ALIMENTOS FONTE DE CATEQUINAS	19
5. DISCUSSÃO	20
5.1 CAPACIDADE AERÓBICA	22
5.2 METABOLISMO DAS CATEQUINAS	24
5.3 CONSUMO AGUDO <i>versus</i> CONSUMO CRÔNICO DE CATEQUINAS NA PERFORMANCE <i>ENDURANCE</i>	25
5.4 CONSUMO DE CATEQUINAS PELA INGESTÃO DE ALIMENTOS	27
6. CONCLUSÕES	28
7. IMPLICAÇÕES PARA A PRÁTICA NO CAMPO DE ATUAÇÃO	29
8. REFERÊNCIAS	30

1. INTRODUÇÃO

Uma dieta balanceada e nutritiva é essencial não somente para a promoção de um estilo de vida saudável, mas também para auxiliar na performance esportiva de atletas profissionais e amadores. Dentro do meio esportivo, a base da alimentação dos praticantes de exercício físico deve ser composta por alimentos in natura, minimamente processados e, em segundo plano, alimentos processados, assim como recomenda o Guia Alimentar para a População Brasileira (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2014). Estes alimentos serão a base do planejamento alimentar para que o atleta desenvolva melhor aptidão física, força, performance e mantenha boa saúde e bem-estar. Entretanto, hoje se sabe que o consumo de alimentos ou suplementos que promovem efeitos ergogênicos influenciam positivamente na performance dos atletas, uma vez que atuam em mecanismos específicos do metabolismo, durante e após o exercício, sendo interessante estudar a possível ação ergogênica dos alimentos para que possam ser incluídos no planejamento alimentar de acordo com a modalidade em questão.

Nos últimos anos, cresceu o interesse na utilização de fitoquímicos e, mais especificamente, de polifenóis, dentro do meio esportivo, principalmente devido a sua forte ação antioxidante (MANACH et al., 2004). Os polifenóis são naturalmente encontrados na natureza, em frutas, vegetais e folhosos e existem mais de 10 tipos diferentes, todos com pelo menos um anel aromático e um ou mais grupos de hidroxilas conectados. Entretanto, os quatro tipos mais abundantes e estudados atualmente são: ácido fenólico, lignanas, estilbenos e flavonoides (MANACH et al., 2004). Os flavonoides são compostos por quinze carbonos e dois anéis aromáticos conectados por uma ponte tricíclica (DEL RIO et al., 2013; MANACH et al., 2004).

Figura 1 – Estrutura molecular dos compostos flavonoides.



Fonte: Del Rio et al. (2013)

Este estudo irá focar no grupo dos flavan-3-ol (também chamados de flavanóis) e, mais especificamente, na classe das catequinas.

As catequinas são fitonutrientes classificadas como flavanóis, encontradas naturalmente em frutas, como damascos e amoras, e outros alimentos como chá verde, vinho tinto e chocolate (cacau) (CORTI et al., 2009; ISEMURA, 2019; MANACH et al., 2004). Entretanto, o chá verde e chocolate são os alimentos com maior quantidade de catequinas por 100g (Tabela 1).

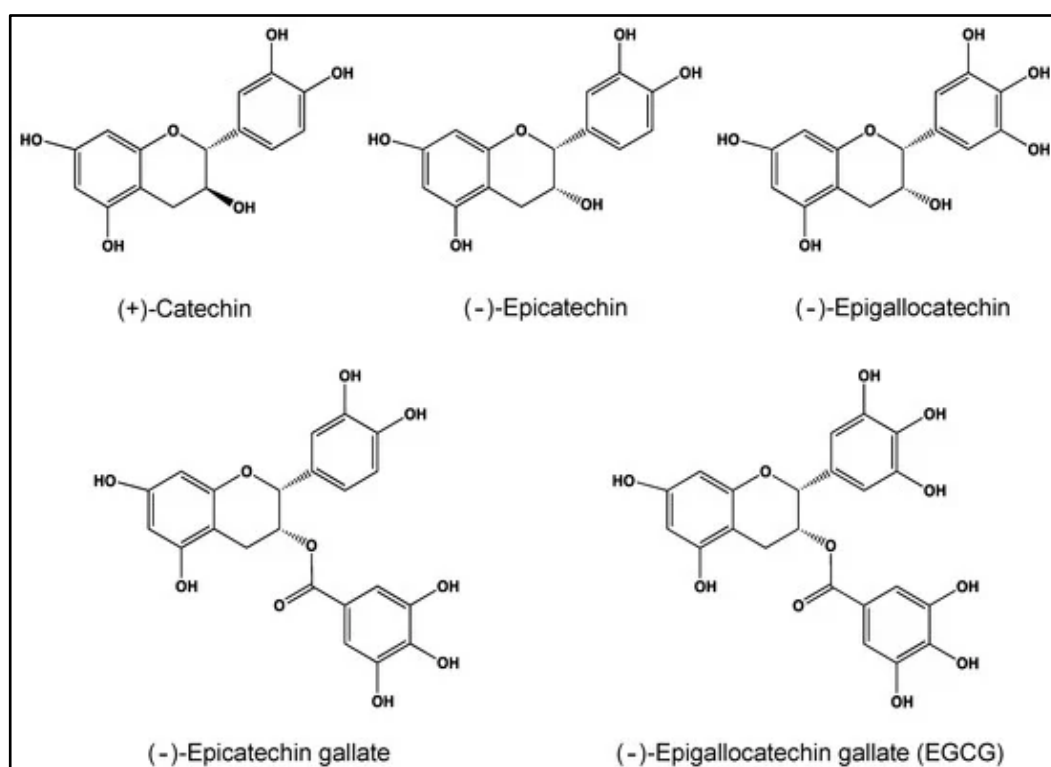
Tabela 1 - Quantidade de catequinas e seus derivados em alimentos.

Alimento fonte	Porção	mg/100g ou mg/100ml	mg/porção
Chocolate	50g	46-61	23-30
Damasco	200g	10-25	20-50
Amora	100g	13	13
Chá verde	200ml	10-80	20-160
Vinho tinto	100ml	8-30	8-30

Fonte: Manach et al. (2004)

A classe das catequinas inclui a epicatequina, epigalocatequina (ECG), epigalocatequina-3-galato (EGCG), epicatequina-3-galato, galocatequina-galato (GCG) e galocatequinas (Figura 2), sendo que a EGCG é a mais abundante e biologicamente ativa na natureza (KAHN & MUKHTAR, 2018; ISEMURA, 2019).

Figura 2 - Estrutura molecular das catequinas e alguns de seus derivados.



Fonte: Isemura (2019)

As catequinas são muito estudadas na área da saúde por apresentarem efeito estimulante na vasodilatação, através do aumento da disponibilidade de óxido nítrico (NO), e por seus efeitos antioxidantes no organismo, determinados principalmente pela estrutura tricíclica características dos flavonóides (CORTI et al., 2009).

O óxido nítrico é uma molécula sinalizadora envolvida em diversos processos fisiológicos no organismo, incluindo a contração muscular, função endotelial, respiração e biogênese mitocondrial, além de regeneração muscular e defesas antioxidantes (d'UNIENVILLE et al., 2021; COGGAN & PETERSON, 2018; MANACH et al., 2004). Além disso, o aumento das concentrações de NO pode reduzir o custo de oxigênio na ressíntese de ATP e promover a vasodilatação, fazendo com que haja maior fluxo sanguíneo e maior perfusão de oxigênio nos músculos esqueléticos (JONES et al., 2018). Dessa forma, considerando que estas propriedades são importantes durante o exercício físico, e principalmente para o exercício aeróbico, há possibilidade de que o aumento da produção de NO implique em melhora da performance de exercícios *endurance*.

A síntese de NO acontece decorrente de duas vias fisiológicas, a dependente de óxido nítrico sintase (NOS) e a não dependente de NOS. A síntese através da via dependente de NOS ocorre através da reação de L-arginina e oxigênio, catalisada por diversas enzimas NOS, incluindo a enzima óxido nítrico sintase endotelial (eNOS) (d'UNIENVILLE et al., 2021; COGGAN & PETERSON, 2018). Experimentos *in vitro* demonstraram que as catequinas induzem a inibição de arginase, resultando em maior disponibilidade de L-Arginina, o principal substrato de eNOS (CORTI et al., 2009).

Além dos efeitos das catequinas no aumento da disponibilidade de NO, estes flavonóides também recebem destaque devido a suas propriedades antioxidantes, que promovem melhora na performance esportiva através da manutenção do balanço redox. Durante o exercício físico, o aumento de espécies reativas de oxigênio funciona como um fator sinalizador das respostas agudas e adaptações crônicas ao exercício. Entretanto, um desequilíbrio entre o estresse oxidativo e a capacidade antioxidante do organismo pode levar a prejuízos no fluxo sanguíneo e nos impulsos neurais, contribuindo para a fadiga muscular durante o exercício. Dessa forma, vê-se que o aumento da capacidade antioxidante pode reduzir as possibilidades de desequilíbrio no balanço redox, levando a melhora da performance no exercício (REID, 2015).

Eventualmente, o aumento do consumo de catequinas através da dieta pode apresentar efeitos benéficos na performance *endurance* de atletas e atletas amadores, através do aumento da produção de NO e da forte ação antioxidante desses compostos.

É importante ressaltar que a quantidade e biodisponibilidade das catequinas em cada alimento pode variar de acordo com a matriz alimentar, processos de produção e armazenamento desses alimentos (KAWABATA et al., 2019). Além disso, o consumo através da dieta também implica em variações na biodisponibilidade devido a fatores genéticos, padrão alimentar e individualidades na microbiota intestinal (KAWABATA et al., 2019; SCALBERT & WILLIANSO, 2000). Por fim, ao analisar a performance esportiva de indivíduos atletas ou não, também é importante considerar que os efeitos do consumo de alimentos fonte de catequinas podem variar de acordo com sexo, nível de aptidão física e função vascular (d'UNIENVILLE et al., 2021).

2. OBJETIVO GERAL

Este estudo tem como principal objetivo analisar os efeitos do consumo de alimentos fonte de catequinas na performance esportiva de exercícios de *endurance*.

3. METODOLOGIA

O trabalho foi elaborado a partir de uma revisão bibliográfica sobre os efeitos do consumo de alimentos fontes de catequinas na performance esportiva de exercícios *endurance*.

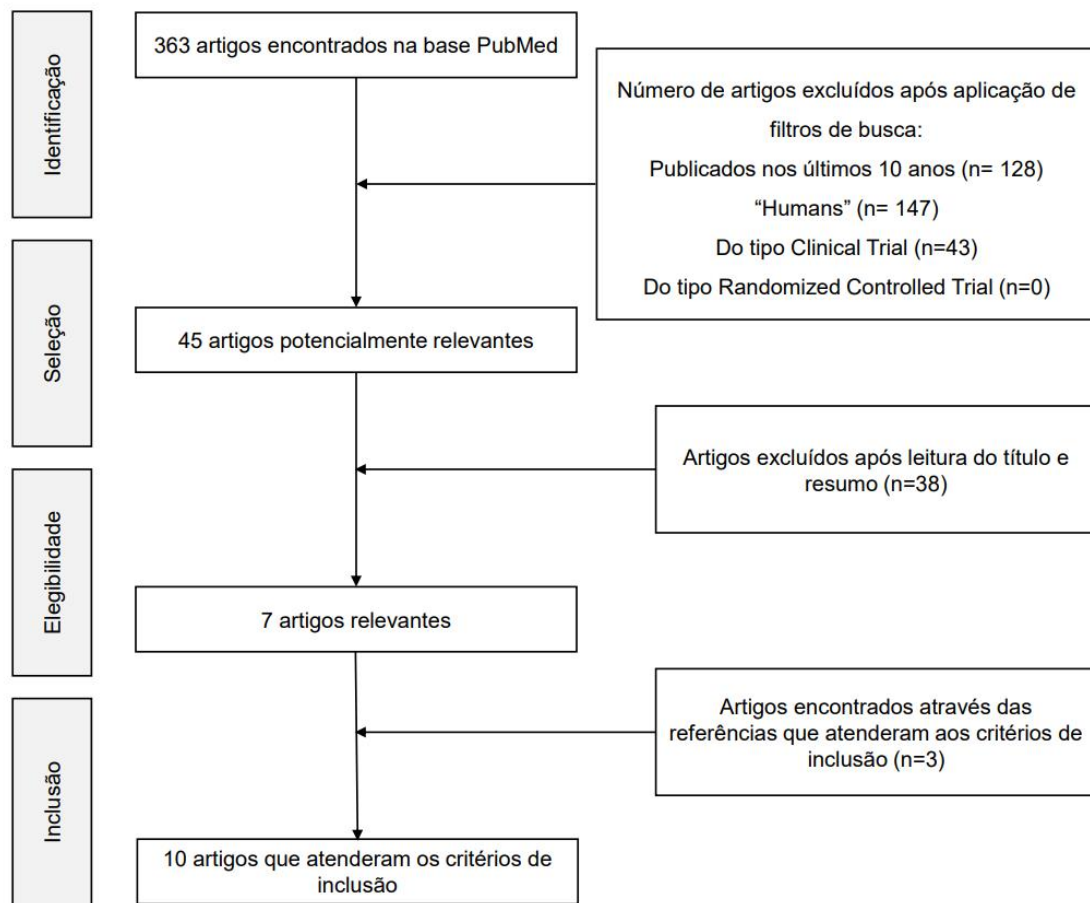
Para o levantamento bibliográfico, foi utilizada a base eletrônica de dados PubMed, devido a importância para os estudos da área de saúde. As buscas foram realizadas com a ferramenta de pesquisa avançada disponível na plataforma PubMed, com aplicação dos termos indexadores relacionados à pergunta-problema do estudo: ("catechin"[MeSH Terms] OR "catechin"[Title/Abstract] OR "catechins"[Title/Abstract] OR "green tea"[Title/Abstract] OR "cocoa"[Title/Abstract] OR "cacao"[Title/Abstract] OR "chocolate"[Title/Abstract] OR "dark chocolate"[Title/Abstract] OR "damascus"[Title/Abstract] OR "red wine"[Title/Abstract] OR "grape

juice"[Title/Abstract] AND ("endurance training"[Title/Abstract] OR "endurance"[Title/Abstract] OR "physical endurance"[Title/Abstract] OR "aerobic capacity"[Title/Abstract] OR "time trial performance"[Title/Abstract] OR "maximal oxygen uptake"[Title/Abstract] OR "aerobic training"[Title/Abstract] OR "endurance performance"[Title/Abstract] OR "aerobic performance"[Title/Abstract] OR "cycling"[Title/Abstract] OR "running"[Title/Abstract] OR "walking"[Title/Abstract] OR "swimming"[Title/Abstract])).

Após o uso dos termos para busca, foi feita a aplicação dos seguintes filtros de busca: estudos publicados nos últimos 10 anos, realizados com humanos, do tipo estudos clínicos controlados e do tipo estudos clínicos controlados randomizados.

Em seguida, para a seleção dos artigos que foram utilizados para análise e discussão dos resultados, foram lidos os títulos e resumos dos artigos encontrados, tendo como critérios de exclusão estudos em animais, estudos in vitro, que não avaliam a performance de exercícios predominantemente aeróbicos e que não especifiquem a fonte de catequinas consumidas. Por fim, também foram incluídos na triagem de estratégias de busca estudos observados nas referências dos artigos previamente selecionados (Figura 3).

Figura 3 - Fluxograma dos processos de identificação, seleção, elegibilidade e inclusão de artigos na revisão bibliográfica.



Fonte: autor.

Foram encontrados 363 artigos, dos quais 318 foram excluídos na primeira etapa de seleção, em que foram aplicados os filtros de busca. A partir da leitura do título e do resumo de cada artigo, foram excluídos outros 38 artigos. Dentre estes artigos excluídos, 19 não avaliaram a performance esportiva no exercício *endurance* e 19 não abordaram o consumo de catequinas em específico.

Os 7 artigos restantes atendiam todos os critérios e foram incluídos na revisão. Com a busca por artigos através das referências dos artigos previamente selecionados, foram adicionados mais 3 artigos. No total, este trabalho se propôs a revisar 10 artigos originais.

4. RESULTADOS

Este estudo consiste em uma revisão de artigos originais que avaliaram o desempenho esportivo em exercícios físicos predominantemente aeróbicos (*endurance*) após ou concomitantemente com o consumo de alimentos fontes de catequinas.

Foram incluídos 10 artigos a partir dos critérios de seleção descritos na metodologia, sendo que a maioria deles consiste em estudos randomizados e controlados. A Tabela 2 descreve as principais características dos estudos analisados. Enquanto isso, a Tabela 3 descreve os protocolos de exercícios adotados e os principais resultados encontrados.

Tabela 2 - Principais resultados obtidos a partir da metodologia de busca.

Estudo	Abordagem de análise utilizada	População estudada	Idade	Fonte de catequinas	Quantidade de catequinas	Período de consumo	Alimento controle
WILLEMS et al. (2018)	Ensaio Clínico Controlado Aleatorizado	13 mulheres	27 ± 8 anos	Bebida feita a partir da mistura de pó de chá verde Matcha (1g) com água	575mg/dia (quatro doses com 143g/dose)	Agudo - 2 dias	-
PATEL et al. (2015)	Ensaio Clínico Controlado Aleatorizado	9 homens	21 ± 1 anos	Chocolate amargo (40g/dia)	-	Crônico - 14 dias	Chocolate branco (40g/dia)
LOFFREDO et al. (2015)	Ensaio Clínico Controlado Aleatorizado	20 idosos com PAD	69 ± 9 anos	Chocolate amargo, >85% cacau (40g)	-	Agudo - 2 horas prévias à intervenção	Chocolate ao leite <35% cacau (40g/dia)
MCDERMOTT et al. (2020)	Ensaio Clínico Controlado Aleatorizado	44 idosos com PAD	>60 anos	Bebida feita a partir da mistura de cacau em pó (15g) com água ou leite	75mg de catequinas/dia	Crônico - 6 meses	Bebida feita a partir de mistura placebo (15g) com água ou leite
SUGITA et al. (2016)	Ensaio Clínico Controlado Aleatorizado	16 ginastas homens	20 a 23 anos	Bebida à base de extrato de chá verde	780mg catequinas (dose única)	Agudo - Dose único prévia à intervenção	Água
OTA et al. (2016)	Ensaio Clínico Controlado Aleatorizado	16 homens	25 a 47 anos	Bebida adicionada de chá verde (500ml/dia)	570mg de catequinas/dia	Crônico - 8 semanas	Bebida placebo sem adição de chá verde (500ml)

MARTIN et al. (2014)	Estudo duplo- cego, controlado	15 homens	18 a 45 anos	Cápsulas de extrato de chá verde (Equivalente a 2 a 3 xícaras de chá verde/dia)	900mg/dia	Agudo - 2 dias	Cápsulas placebo, sem adição de extrato de chá verde
KUO et al. (2015)	Estudo duplo- cego, controlado	40 homens	20 ± 1 anos	Cápsulas de extrato de chá verde (250mg/dia)	207mg/dia	Crônico - 4 semanas	Cápsulas placebo
O'CONNOR et al. (2013)	Ensaio Clínico Controlado Aleatorizado	40 indivíduos (homens e mulheres)	18 a 35 anos	Bebida à base de pó de uvas vermelhas, verdes e roxas (46g/dia)	32,3mg/dia	Crônico - 45 dias	Bebida placebo sem polifenóis
RANDELL et al. (2013)	Estudo duplo- cego, controlado	31 homens	-	Bebida à base de extrato de chá verde (660ml/dia)	1120mg/dia	Agudo - 1 dia ou 7 dias	Bebida placebo (660ml/dia)

Fonte: autor.

Tabela 3. Protocolos de exercícios, indicadores analisados e principais resultados obtidos nos estudos analisados.

Estudo	Protocolo de treinamento endurance adotado	Indicadores analisados	Resultados
WILLEMS et al. (2018)	Caminhada na esteira em MET 5 ou 6	RER; Oxidação lipídica; Oxidação CHO; percepção de intensidade	↑ Oxidação lipídica ↓ RER e Oxidação CHO ↔ Percepção de intensidade
PATEL et al. (2015)	Prática de ciclismo a 80% GET e all out sprint performance durante 2 minutos	VO2máx; RER; Lactato sanguíneo; FC; GET; <i>Time trial</i>	↑ GET e <i>Time trial</i> ↔ VO2máx, RER, lactato sanguíneo e FC
LOFFREDO et al. (2015)	Caminhada em esteira até exaustão máxima	MWD; MWT	↑ MWD ↓ MWT
MCDERMOTT et al. (2020)	Caminhada durante 6 minutos	Distância percorrida em 6 minutos	↑ Efeito terapêutico ↔ Distância percorrida em 6 minutos
SUGITA et al. (2016)	Bicicleta ergométrica até alcance de 220W e até exaustão	RER; VO2máx; Lactato sanguíneo; Oxidação	↑ marcadores oxidativos ↔ RER, VO2máx e lactato sanguíneo
OTA et al. (2016)	Treino de ciclismo + avaliação física antes e após o período de 8 semanas	VO2máx; VT; Lactato sanguíneo	↑ VT ↓ Lactato sanguíneo ↔ VO2máx
MARTIN et al. (2014)	Aquecimento de 5min + 1 hora de ciclismo para atingir Fatmáx	REE; VO2; oxidação de substrato energético; FC; lipólise; <i>Time trial</i>	↑ lipólise ↓ FC ↔ REE, volume VO2, oxidação de substrato energético e <i>Time trial</i>

KUO et al. (2015)	Corrida em esteira a 75% do VO2max	VO2máx; Tempo até exaustão	↔ VO2máx, Tempo até exaustão
O'CONNOR et al. (2013)	Treinamento por 5min em esteira + Teste até exaustão	VO2máx; VO2max, Tempo até exaustão em corrida	↔ VO2máx, VO2max e Tempo até exaustão em corrida
RANDELL et al. (2013)	Ciclismo durante 60 minutos a 55% do VO2max	Lipólise; Oxidação lipídica;	↔ Lipólise e Oxidação lipídica

Fonte: autor.

Oito estudos foram realizados com adultos saudáveis, entre 18 a 45 anos, e dois estudos foram realizados com idosos acima de 60 anos e com Doença Arterial Periférica (PAD, em inglês). Dentre os estudos desenvolvidos com adultos saudáveis, apenas um analisou a performance esportiva de atletas profissionais. Além disso, as pesquisas variaram em número de participantes, apresentando uma faixa heterogênea de 9 a 44 indivíduos analisados. A grande maioria dos estudos analisaram participantes do sexo masculino, mostrando uma carência de dados na população feminina.

Dentre os 10 artigos revisados, 6 utilizaram como alimento fonte de catequinas o chá verde, sendo que WILLEMS et al. (2018) utilizaram o chá verde matchá. Os demais quatro estudos avaliaram o consumo de cacau, chocolates amargo e branco e uvas mistas (verdes, vermelhas e roxas). Todos os artigos detalharam a quantidade de catequinas presentes nos alimentos fonte utilizados na intervenção e o seu respectivo período de consumo. Ao observar os resultados obtidos, é possível identificar grande variação na dosagem de catequinas consumidas, entre 32,3 mg de catequinas totais/dia a 1120 mg de catequinas totais/dia. O mesmo ocorre com o período de consumo dessa substância através dos alimentos, variando nos estudos entre uma dose única e consumo crônico de 6 meses.

As modalidades adotadas nas intervenções dos estudos analisados consistiram em testes ergométricos e caminhadas em esteira rolante, sendo que os protocolos de exercício variaram em cada estudo. Por fim, para análise da performance esportiva dos participantes, o principal método utilizado foi a coleta de gases expirados durante o protocolo de exercício, variando entre coleta intervalada e coleta contínua (*breath-by-breath*). Coletas de sangue, análise da frequência cardíaca e protocolos contrarrelógio (*Time trial*) também foram utilizados como métodos para obtenção e análise dos resultados.

4.1 CONSUMO AGUDO DE ALIMENTOS FONTE DE CATEQUINAS

Em estudo controlado e randomizado, WILLEMS et al. (2018), analisaram os efeitos fisiológicos e na percepção de intensidade durante 30 minutos de caminhada após o consumo agudo de quatro doses de chá verde Matchá de 13 mulheres. Para análise dos resultados foi feita a coleta de ar expirado em 8-10, 18-20 e 28-30 minutos, com registro da frequência cardíaca. Ao final da intervenção, foi constatado que o consumo agudo de chá verde Matchá não alterou efeitos fisiológicos e percepção de intensidade, mas mostrou menor razão de troca respiratória e consequente maior oxidação lipídica.

De forma semelhante, SUGITA et al. (2016) analisaram os efeitos do consumo de uma dose única de catequinas na oxidação lipídica de 16 ginastas profissionais, homens, durante e após exercício em bicicleta ergométrica. Os atletas pedalarão com aumento gradativo de carga até atingirem exaustão e os gases expirados foram coletados continuamente durante o exercício. Após a intervenção, não foram encontradas diferenças significativas na razão de troca respiratória (RER), lactato sanguíneo, consumo de glicose e marcadores oxidativos do grupo que recebeu o polifenol e do grupo que recebeu bebida placebo.

Já para 20 idosos acima de 60 anos com PAD, LOFFREDO et al. (2015) constataram que o consumo de chocolate amargo aumentou a distância máxima e o tempo máximo percorrido em esteira rolante.

Para 15 homens saudáveis, o consumo de bebida à base de chá verde por 2 dias consecutivos, seguido de exercício em bicicleta ergométrica durante 1 hora, não alterou RER e o substrato energético utilizado, segundo MARTIN et al. (2014). Entretanto, a partir da coleta contínua de gases expirados, foi constatado menor frequência cardíaca e maior lipólise.

Por fim, 31 homens moderadamente treinados consumiram 1 ou 7 dias de bebida à base de extrato de chá verde e realizaram exercício em bicicleta ergométrica durante 60 minutos em 55% do $VO_{2máx}$, em estudo desenhado por RANDELL et al. (2013). Após a intervenção, foi constatado que o grupo que consumiu apenas um dia de catequinas não obteve resultados em nenhum dos marcadores analisados, enquanto o grupo que consumiu 7 dias consecutivos de catequinas apresentou aumento da lipólise.

4.2 CONSUMO CRÔNICO DE ALIMENTOS FONTE DE CATEQUINAS

Quanto ao consumo de catequinas de forma crônica, MCDERMOTT et al. (2020) analisaram os efeitos metabólicos em 44 idosos, acima de 60 anos, com PAD. Os participantes consumiram durante 6 meses uma bebida à base de cacau e posteriormente caminharam em esteira rolante durante 6 minutos. Os autores concluíram que o consumo de catequinas apresentou efeito terapêutico, mas não houve diferenças significativas na distância percorrida durante o exercício.

De forma semelhante, PATEL et al. (2015) avaliaram se o consumo de chocolates amargos comerciais influencia o GET (Gasto Energético Total), consumo de oxigênio e provas contrarrelógio em 9 homens saudáveis, moderadamente-treinados, quando comparado ao consumo de chocolates brancos. Após um teste em bicicleta ergométrica, os participantes mostraram aumento do GET e maior distância percorrida em 2 minutos.

Por outro lado, OTA et al. (2016) mostraram que o consumo de bebida adicionada de chá verde durante 8 semanas apresentou aumento no limiar ventilatório, indicando maior consumo máximo de oxigênio e, conseqüentemente, melhor capacidade aeróbica em 16 homens saudáveis.

Em 40 homens sedentários, KUO et al. (2015) analisaram o consumo de cápsula de extrato de chá verde durante 4 semanas. Após treinamento de corrida em esteira a 75% VO₂máx, foi constatado que as catequinas não mostraram efeitos na capacidade *endurance* ou no VO₂máx.

Participantes saudáveis do estudo de O'CONNOR et al. (2013) consumiram bebida feita com pó de uvas mistas (vermelhas, roxas e verdes) durante 45 dias e foram submetidos a teste em esteira rolante com aumento gradativo da inclinação até atingirem a exaustão. Após a intervenção, nenhum dos fatores de capacidade *endurance* analisados apresentou diferença significativa.

5. DISCUSSÃO

Esse estudo é uma revisão da literatura de 10 artigos originais que avaliaram o consumo de alimentos fontes de catequinas e seus efeitos na performance *endurance*. Como principais resultados, foram observados menor razão de troca respiratória e aumento na taxa de oxidação lipídica após o consumo crônico de alimentos fontes de catequinas. Entretanto, a grande maioria dos estudos analisados relatou não haver benefícios significativos para a capacidade aeróbica.

Os estudos analisados apresentam população estudada que varia em idade, sexo, aptidão física, quadro de saúde e hábitos alimentares, cinco variáveis importantes para a obtenção dos resultados.

Para RIVERA-BROWN et al. (2012), com o aumento da idade, para homens e mulheres, é possível que haja diminuição de aproximadamente 10% da capacidade aeróbia dos indivíduos por década decorrida, possivelmente associada à menor prática de atividade física na rotina.

Apesar de apresentarem resultados heterogêneos quanto à idade dos participantes, os estudos analisados demonstraram controle de variáveis como nível de aptidão física, quadro de saúde dos indivíduos, recordatório dietético e exclusão do consumo de bebidas e alimentos específicos prévios à intervenção, como descritos no Quadro 1.

Quadro 1 – VARIÁVEIS CONTROLADAS NOS ESTUDOS ANALISADOS.

Estudo	Controle da dieta	Controle das adaptações metabólicas	Controle de catequinas	Controle de cafeína	Controle de álcool	Controle de calorias	Controle do exercício físico
WILLEMS et al. (2018)	Recordatório dietético	Sem exercícios intensos nas 48h prévias a intervenção	NÃO	SIM	SIM	NÃO	SIM
PATEL et al. (2015)	Exclusão de suplemento vitamínico e lácteos	Sem exercícios intensos nas 24h prévias a intervenção	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM
LOFFREDO et al. (2015)	-	-	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
MCDERMOTT et al. (2020)	-	-	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	NÃO
SUGITA et al. (2016)	Dieta controle para todos os participantes	-	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
OTA et al. (2016)	Exclusão de álcool	Não aderiam a treino de resistência na rotina	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO
MARTIN et al. (2014)	Recordatório dietético de 48h	Sem exercícios intensos nas 72h prévias a intervenção	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM
KUO et al. (2015)	-	Indivíduos sedentários	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
O'CONNOR et al. (2013)	Exclusão de álcool, cafeína e tabaco	Sem exercícios intensos >2x/semana	NÃO	SIM	SIM	NÃO	SIM
RANDELL et al. (2013)	Dieta controle para todos os participantes	Exclusão de atletas	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM

Fonte: autor.

Como exemplo, RANDELL et al. (2013) recrutaram apenas participantes saudáveis e moderadamente treinados, uma vez que atletas de *endurance* bem treinados já possuem alta taxa de oxidação lipídica devido às alterações metabólicas no músculo esquelético, decorrente do treinamento. Dessa forma, para esses indivíduos, o consumo de extrato de chá verde poderia apresentar efeito nulo no aumento ainda maior da oxidação de lipídeos.

5.1 CAPACIDADE AERÓBICA

O exercício físico *endurance* é aquele praticado por longos períodos, em baixa a média intensidade, em que o atleta sustenta a atividade principalmente através do metabolismo aeróbico. O aumento dessa capacidade aeróbica pode ser atingido através do treinamento, mas também pode ser modulada por meio de fatores dietéticos, como o consumo de refeições completas ou compostos específicos como as catequinas presentes na classe dos polifenóis (PAULO et al., 2001).

De acordo com HODGSON et al. (2013), as catequinas têm a capacidade de promover aumento nas taxas de oxidação de gordura e redução da utilização de glicogênio durante o exercício de forma que a fadiga seja retardada e o desempenho aumentado. Nesse sentido, ao longo dos estudos analisados, diversos indicadores de substrato energético e capacidade respiratória foram analisados para elucidar os efeitos das catequinas no metabolismo do exercício *endurance*.

De acordo com SUGITA et al. (2016), a razão de troca respiratória (RER) consiste na relação entre o O₂ consumido e o CO₂ produzido durante a respiração, resultando em respostas metabólicas específicas baseadas na duração do exercício. O RER reflete a composição do substrato energético que será utilizado durante a prática física, sendo que os valores geralmente variam entre 0,7 e 1, sendo o menor valor indicativo de maior utilização de substrato energético lipídico (BROOKS, 2011).

Entretanto, enquanto WILLEMS et al. (2018) observaram menor razão de troca respiratória e maior oxidação lipídica em mulheres saudáveis após o consumo de chá verde Matchá, PATEL et al. (2015) não apresentaram diferenças significativas no RER entre o consumo de chocolate amargo e grupo controle. O estudo conclui que o tempo

de exercício aplicado não foi suficiente para demonstrar alterações significativas no RER (PATEL et al., 2015).

Por outro lado, OTA et al. (2016) analisaram a capacidade aeróbica dos participantes através do limiar ventilatório (anaeróbico). Este fator define o ponto em que a ventilação começa a aumentar a uma taxa maior do que o VO_2 , representando o início do metabolismo predominantemente anaeróbico com acúmulo de lactato (REYBROUCK et al., 1986). No estudo, ao fim do consumo de bebida à base de chá verde durante 8 semanas, os participantes apresentaram maior limiar ventilatório, indicando uma possível melhora na performance *endurance* (OTA et al., 2016).

Diversos estudos analisaram o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ dos participantes (PATEL et al., 2015; KUO et al., 2015; O'CONNOR et al., 2013). O $\text{VO}_{2\text{máx}}$ representa a capacidade do organismo de utilizar a quantidade máxima de oxigênio possível dentro de uma unidade de tempo enquanto realiza um exercício. Esse fator está diretamente relacionado com a intensidade do processo aeróbico e é considerado o método-padrão internacional para mensurar a capacidade física (RANKOVIC et al., 2010). BROOKS (2011) mostra que o pico de capacidade aeróbica é tão dependente do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ que o aumento do MET (múltiplos de equivalentes metabólicos) em 20 vezes representa o dobro da capacidade para o metabolismo aeróbico.

Com maior capacidade de atingir alto MET, o indivíduo é capaz de realizar uma atividade com menor RER e menor coeficiente respiratório (QR). Tais fatores combinados indicam maior capacidade aeróbica pois resultam em menor demanda energética derivada de carboidratos e maior demanda de fontes energéticas lipídicas, como os ácidos graxos livres e triglicerídeos intramusculares (BROOKS, 2011). Dessa forma, também é possível considerar que aumentos nas taxas de oxidação lipídica e lipólise indicam menor RER, menor QR e, conseqüentemente, maior capacidade aeróbica.

PATEL et al. (2015) ao analisarem os efeitos do consumo de chocolate amargo no consumo de oxigênio, RER e $\text{VO}_{2\text{máx}}$, mostrou não haver diferenças significativas em nenhum dos fatores analisados quando comparados ao grupo controle. De forma semelhante, MARTIN et al. (2014) também não observaram alterações no consumo de oxigênio e utilização de substrato após o consumo de extrato de chá verde. Entretanto, a frequência cardíaca durante o exercício *steady state* teve pequena e

significativa redução, que pode estar relacionada ao aumento do volume sistólico ou aumento da extração de oxigênio do músculo esquelético.

Ainda mais, durante o exercício *endurance* quando a demanda de energia é alta, é possível observar aumento do lactato sanguíneo, indicando alta intensidade de treinamento. Entretanto, o aumento do lactato está relacionado ao aumento da glicólise, consequentemente indicando menor oxidação lipídica e influência negativa na performance esportiva (PATEL et al., 2015; SUGITA et al., 2016). Para PATEL et al. (2015), os níveis de lactato sanguíneo aumentaram após consumo de 7 dias de catequinas, porém não houve diferenças significativas na oxidação de carboidratos (CHO). Já para SUGITA et al. (2016), os níveis de lactato não apresentaram alterações significativas.

Por fim, a performance esportiva dos indivíduos também pode ser mensurada através de provas contrarrelógio (*Time trial*) e, nesse sentido, MARTIN et al. (2014) elaboraram a hipótese de que neste tipo de teste, a performance seria melhorada devido ao aumento do carboidrato disponível prévio ao exercício *steady state* de 60 minutos.

5.2 METABOLISMO DAS CATEQUINAS

Entre os estudos analisados nesta revisão, diferentes hipóteses foram propostas para explicar os mecanismos pelos quais as catequinas influenciam a capacidade *endurance*.

Na literatura, o mecanismo mais associado às catequinas ocorre pela inibição da catechol-O-metiltransferase (COMT), resultando em menor quebra de catecolaminas como a noradrenalina (NE). Como consequência, o aumento da NE no plasma sanguíneo poderia potencializar a estimulação simpática através de receptores adrenérgicos e resultar em diferentes respostas fisiológicas (SUGITA et al., 2016; MARTIN et al., 2014). Para WILLEMS et al. (2018), o estímulo adrenérgico aumenta a oxidação lipídica, porém HODGSON et al. (2013) não observaram diferenças no sistema adrenérgico após o consumo de extrato de chá verde. Já para MARTIN et al. (2014), a inibição da COMT traz como sub consequência a diminuição da frequência cardíaca (FC) durante exercício *steady-state*. Por fim, SUGITA et al.

(2016) mostraram que não houve diferenças significativas na frequência cardíaca máxima durante o protocolo de exercício entre o grupo que consumiu catequinas e o grupo placebo, porém afirma que fatores fisiológicos que influenciam o VO₂máx podem estar diretamente associados a melhora da performance esportiva.

Apesar dos achados estarem de acordo com o mecanismo descrito, MARTIN et al. (2014) ressaltam um caminho alternativo para a ação das catequinas, em que há aumento da ativação da enzima óxido nítrico sintase endotelial (NOS endotelial). Este mecanismo também é citado por PATEL et al. (2015), WILLEMS et al. (2018) e LOFFRED et al. (2015).

Para PATEL et al. (2015) o chocolate amargo é capaz de mediar a produção de óxido nítrico (NO) através da supressão da atividade vascular da arginase. O mesmo mecanismo envolvendo o chocolate amargo foi mencionado por LOFFRED et al. (2015), que elaboraram a hipótese após observar aumento da vasodilatação arterial em estudo prévio com participantes fumantes. Por outro lado, WILLEMS et al. (2018) também citam a ativação dos receptores vanilóides tipo 1 (TRPV 1) como forma de ativar a NOS e aumentar os níveis de NO.

5.3 CONSUMO AGUDO *versus* CONSUMO CRÔNICO DE CATEQUINAS NA PERFORMANCE *ENDURANCE*

Nesta revisão, é possível comparar os resultados obtidos a partir do consumo agudo (considerados aqueles com consumo menor ou igual a uma semana, assim como fizeram HODGSON et al. (2013)) ou crônico (considerados aqueles com consumo maior de uma semana) de catequinas durante o exercício.

Entre os 5 estudos que analisaram o consumo agudo (WILLEMS et al., 2018; LOFFRED et al, 2015; SUGITA et al, 2016; MARTIN et al, 2014; RANDELL et al., 2013), 3 apresentaram resultados positivos em relação a um ou mais fatores que possivelmente beneficiam a performance *endurance*. Em relação aos demais 5 estudos que analisaram o consumo crônico (PATEL et al., 2015; MCDERMOTT et al., 2020; OTA et al., 2016; KUO et al., 2015; O'CONNOR et al., 2013), apenas 2 apresentaram benefícios para o exercício aeróbico (Tabela 4).

Tabela 4 - Consumo de catequinas agudo ou crônico e resultados positivos em relação a um ou mais fatores que beneficiam a performance *endurance*.

Período de consumo de catequinas	Referência	Resultado positivo para performance <i>endurance</i>
Agudo (≤ 7 dias)	WILLEMS et al. (2018)	SIM
	LOFFREDO et al. (2015)	NÃO
	SUGITA et al. (2016)	NÃO
	MARTIN et al. (2014)	SIM
	RANDELL et al. (2013)	NÃO
Crônico (>7 dias)	PATEL et al. (2015)	SIM
	MCDERMOTT et al. (2020)	NÃO
	OTA et al. (2016)	SIM
	KUO et al. (2015)	NÃO
	O'CONNOR et al. (2013)	NÃO

Fonte: autor

Nenhum dos estudos analisados explicam o motivo da falta de resultados em relação ao tempo de consumo de catequinas, o que corrobora com o resultado da revisão de HODGSON et al. (2021), em que têm como objetivo explicar os mecanismos por trás do consumo de catequinas durante longos períodos, mas é incapaz de chegar a conclusões significativas. Entretanto, para RANDELL et al. (2013), uma das limitações do estudo que afetou os resultados obtidos foi justamente o tempo curto de ingestão de catequinas (1 ou 7 dias), sendo necessário a investigação do consumo crônico.

Entre os estudos que apresentaram resultados em prol da melhora da performance esportiva no *endurance*, aqueles que analisaram o consumo agudo variam a faixa de catequinas consumidas em 575 mg/dia e 900 mg/dia. Já para aqueles que analisaram o consumo crônico, variou em 570 mg/dia.

Tais valores podem indicar uma faixa ideal de 570 mg/dia e 900 mg/dia do consumo de catequinas no dia, seja em curto ou longo período, para eliciar benefícios em fatores relacionados à performance esportiva *endurance*.

Os pontos discutidos ao longo deste estudo corroboram com outros achados interessantes para a performance esportiva em exercícios *endurance*. ROJANO-ORTEGA (2021) analisou os efeitos do consumo de catequinas do chá verde no estresse oxidativo induzido pelo exercício e concluiu que o consumo de 400 a 800mg de catequinas/dia por mais de uma semana pode ser uma boa estratégia para minimizar os danos oxidativos pós exercício e, conseqüentemente, melhorar a performance no esporte.

Mais ainda, RANDELL et al. (2013) também citam que o consumo de 160 mg/dia de catequinas ao longo de 3 semanas não alterou o substrato utilizado durante exercício, demonstrando que baixas dosagens não devem ser tidas como base para promoção dos efeitos ergogênicos das catequinas.

5.4 CONSUMO DE CATEQUINAS PELA INGESTÃO DE ALIMENTOS

As fontes alimentares de catequinas utilizadas nos estudos analisados participam da cultura alimentar de diversos países e estão inclusos na alimentação diária da população, seja pela tradição de um consumo milenar, como visto com o chá verde e as uvas, seja pelo fator indulgente e afetivo visto com o chocolate amargo.

Dessa forma, os indivíduos que desejam obter benefícios na performance esportiva através do consumo de alimentos fontes de catequinas raramente terão dificuldades em incluir tal alimento na rotina alimentar, facilitando o processo de aceitação e a efetividade do consumo.

Entretanto, é interessante ressaltar que órgãos internacionais estabelecem uma dose máxima segura para o consumo de catequinas. De acordo com a European Food Safety Authority (EFSA., 2018), o consumo de EGCG não deve ultrapassar doses de 800mg EGCG/dia, considerando possíveis efeitos adversos no fígado (EFSA PANEL ON FOOD ADDITIVES AND NUTRIENT SOURCES ADDED TO FOODS, 2018).

Além disso, para que seja possível incorporar alimentos fontes de catequinas na rotina alimentar, é necessário considerar a quantidade viável que pode ser consumida diariamente deste alimento. Dentre os estudos analisados, O'CONNOR et

al. (2013) consideraram o consumo de 2 a 3 xícaras de uvas/dia para elaborar o preparo do pó utilizado na bebida, resultando em 46 g de cascas de uvas mistas em pó.

Por fim, RANDELL et al. (2013) também citam a cafeína como um possível fator de influência na ação das catequinas, uma vez que o composto químico pode ser encontrado no chá verde e age estimulando a glicólise, o que torna a oxidação lipídica menos eficiente e influencia negativamente na performance esportiva.

6. CONCLUSÕES

A ingestão de catequinas pelo consumo de fontes alimentares é uma estratégia que pode trazer benefícios para a performance esportiva em exercícios *endurance*.

O objetivo inicial desta revisão bibliográfica foi entender os efeitos do consumo de catequinas na performance de exercícios *endurance*. Levando-se em consideração todos os aspectos mencionados, o consumo de catequinas implicou em uma menor razão de troca respiratória, maior oxidação lipídica e, em alguns casos, maior distância percorrida em menor tempo.

A partir dos estudos analisados, não foi possível observar melhor desempenho entre indivíduos que consumiram catequinas de forma aguda ou de forma crônica. Entretanto, pode-se afirmar que a faixa ideal para aproveitar os efeitos ergogênicos da substância é de 570 mg a 900 mg, considerando a quantidade segura máxima de EGCG de 800 mg/dia.

Os estudos analisados apresentarem resultados heterogêneos quanto a idade, sexo e nível de aptidão física dos participantes e variação nos métodos de avaliação de performance *endurance*. Além disso, 6 estudos analisaram o consumo de chá verde, indicando pouca variedade em relação à fonte alimentar de catequinas.

De forma a obter melhor conhecimento sobre os efeitos e a eficiência do consumo de catequinas no âmbito esportivo, são necessários mais estudos que avaliem diversas fontes alimentares, considerem a biodisponibilidade de catequinas presentes nos alimentos e levem em consideração a quantidade viável de fonte alimentar a ser consumida por dia.

7. IMPLICAÇÕES PARA A PRÁTICA NO CAMPO DE ATUAÇÃO

Pensando na atuação de nutricionistas durante a construção do planejamento alimentar de atletas e atletas amadores, considerar o consumo aumentado de catequinas pode ser uma estratégia interessante para a melhora de performance esportiva. Ainda mais, considerando que uma dieta saudável e equilibrada deve ser constituída principalmente de alimentos *in natura* e minimamente processados, a inclusão de alimentos fonte de catequinas pode ser um bom caminho para evitar que os pacientes consumam aditivos químicos, normalmente presentes em suplementos dietéticos voltados ao público esportivo.

8. REFERÊNCIAS¹

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Guia alimentar para a população brasileira**. Ministério da Saúde, 2014.

BROOKS, George A. Bioenergetics of exercising humans. **Comprehensive physiology**, v. 2, n. 1, p. 537-562, 2011.

COGGAN, Andrew R.; PETERSON, Linda R. Dietary nitrate enhances the contractile properties of human skeletal muscle. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 46, n. 4, p. 254, 2018.

CORTI, Roberto *et al.* Cocoa and Cardiovascular Health. **Circulation**, [S. l.], v. 119, n. 10, p. 1433-1441, 17 mar. 2009.

DEL RIO, Daniele *et al.* Dietary (poly) phenolics in human health: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against chronic diseases. **Antioxidants & redox signaling**, v. 18, n. 14, p. 1818-1892, 2013.

D'UNIENVILLE, Noah *et al.* Effect of food sources of nitrate, polyphenols, L-arginine and L-citrulline on endurance exercise performance: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 18, n. 1, p. 1-28, 2021.

EFSA PANEL ON FOOD ADDITIVES AND NUTRIENT SOURCES ADDED TO FOOD (ANS) *et al.* Scientific opinion on the safety of green tea catechins. **EFSA Journal**, v. 16, n. 4, p. e05239, 2018.

HODGSON, Adrian B.; RANDELL, Rebecca K.; JEUKENDRUP, Asker E. The effect of green tea extract on fat oxidation at rest and during exercise: evidence of efficacy and proposed mechanisms. **Advances in nutrition**, v. 4, n. 2, p. 129-140, 2013.

ISEMURA, Mamoru. Catechin in human health and disease. **Molecules**, v. 24, n. 3, p. 528, 2019.

JONES, Andrew M. *et al.* Dietary nitrate and physical performance. **Annual review of nutrition**, v. 38, p. 303-328, 2018.

KHAN, Naghma; MUKHTAR, Hasan. Tea polyphenols in promotion of human health. **Nutrients**, v. 11, n. 1, p. 39, 2018.

KAWABATA, Kyuichi; YOSHIOKA, Yasukiyo; TERAOKA, Junji. Role of intestinal microbiota in the bioavailability and physiological functions of dietary polyphenols. **Molecules**, v. 24, n. 2, p. 370, 2019.

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

KUO, Yu-Chi et al. Green tea extract supplementation does not hamper endurance-training adaptation but improves antioxidant capacity in sedentary men. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 40, n. 10, p. 990-996, 2015.

LOFFREDO, Lorenzo et al. Dark chocolate acutely improves walking autonomy in patients with peripheral artery disease. **Journal of the American Heart Association**, v. 3, n. 4, p. e001072, 2014.

MANACH, Claudine et al. Polyphenols: food sources and bioavailability. **The American journal of clinical nutrition**, v. 79, n. 5, p. 727-747, 2004.

MARTIN, Brian J. et al. No effect of short-term green tea extract supplementation on metabolism at rest or during exercise in the fed state. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 24, n. 6, p. 656-664, 2014.

MCDERMOTT, Mary M. et al. Cocoa to improve walking performance in older people with peripheral artery disease: the COCOA-PAD pilot randomized clinical trial. **Circulation research**, v. 126, n. 5, p. 589-599, 2020.

O'CONNOR, Patrick J. et al. Grape consumption's effects on fitness, muscle injury, mood, and perceived health. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 23, n. 1, p. 57-64, 2013.

OTA, Noriyasu; SOGA, Satoko; SHIMOTOYODOME, Akira. Daily consumption of tea catechins improves aerobic capacity in healthy male adults: a randomized double-blind, placebo-controlled, crossover trial. **Bioscience, biotechnology, and biochemistry**, v. 80, n. 12, p. 2412-2417, 2016.

PATEL, Rishikesh Kankesh; BROUNER, James; SPENDIFF, Owen. Dark chocolate supplementation reduces the oxygen cost of moderate intensity cycling. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 12, n. 1, p. 47, 2015.

PAULO, Anderson Caetano; DE MORAES FORJAZ, Cláudia Lúcia. Treinamento físico de endurance e de força máxima: adaptações cardiovasculares e relações com a performance esportiva. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, v. 22, n. 2, 2001.

RANDELL, Rebecca K. et al. No effect of 1 or 7 d of green tea extract ingestion on fat oxidation during exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 45, n. 5, p. 883-891, 2013.

RANKOVIĆ, Goran et al. Aerobic capacity as an indicator in different kinds of sports. **Bosnian journal of basic medical sciences**, v. 10, n. 1, p. 44, 2010.

REID, Michael B. Redox interventions to increase exercise performance. **The Journal of Physiology**, v. 594, n. 18, p. 5125-5133, 2015.

REYBROUCK, T. et al. Ventilatory threshold measurement to evaluate maximal endurance performance. **International journal of sports medicine**, v. 7, n. 01, p. 26-29, 1986.

RIVERA-BROWN, Anita M.; FRONTERA, Walter R. Principles of exercise physiology: responses to acute exercise and long-term adaptations to training. **Pm&r**, v. 4, n. 11, p. 797-804, 2012.

ROJANO-ORTEGA, Daniel. Regular, but not acute, green tea supplementation increases total antioxidant status and reduces exercise-induced oxidative stress: A systematic review. **Nutrition Research**, v. 94, p. 34-43, 2021.

SCALBERT, Augustin; WILLIAMSON, Gary. Dietary Intake and Bioavailability of Polyphenols. **American Society for Nutritional Sciences**, v. 130, n. 8S, p. 2073-2085, 2000.

SUGITA, Masaaki et al. Influence of green tea catechins on oxidative stress metabolites at rest and during exercise in healthy humans. **Nutrition**, v. 32, n. 3, p. 321-331, 2016.

WILLEMS, Mark Elisabeth Theodorus; ŞAHİN, Mehmet Akif; COOK, Matthew David. Matcha green tea drinks enhance fat oxidation during brisk walking in females. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 28, n. 5, p. 536-541, 2018.