

**O EFEITO DO POLISSACARÍDEO LEPIDIUM MEYENII NA FADIGA:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA**

Adriana Chapchap Brossi¹, Tales Francisco Gonçalves¹, Carlos Vicente Andreoli¹, Benno Ejnisman¹
Alberto de Castro Pochini¹, Elisabeth Peres Biruel¹

RESUMO

Introdução: a fadiga pode ser definida como a incapacidade na manutenção de uma atividade de potência ou queda do desempenho e está associada à diversos fatores, tais como: alteração no potencial de ação elétrica da fibra muscular, depleção de glicogênio muscular e acúmulo de metabólitos, além de aumento na produção de radicais livres e espécies reativas de oxigênio. O *Lepidium meyenii*, planta originária dos Andes peruanos e utilizada pelos povos locais há milhares de anos, vem sendo estudada por seus benefícios, incluindo seu efeito anti-fadiga. **Objetivo:** determinar, a partir da análise de parâmetros bioquímicos, o efeito antifadiga dos substratos da maca. **Materiais e métodos:** revisão sistemática de estudos experimentais publicados entre janeiro de 2009 e janeiro de 2019, pesquisados nos principais bancos de dados da literatura médica. **Resultados:** em todos os estudos analisados, o tempo de natação forçada apresentou-se maior nos grupos de camundongos suplementados com substratos da maca, em comparação aos grupos controle. Em relação aos parâmetros bioquímicos avaliados (BLA, BUN, LDH E LG), a suplementação se mostrou benéfica, com resposta antifadiga em pelo menos uma amostra estudada de cada trabalho analisado. Outros parâmetros citados nos estudos como MG, BSR, MDA, CK e GSU-PX apresentaram resultados positivos, porém, foram avaliados em apenas um estudo e não puderam ser comparados. **Conclusão:** há a necessidade de se realizar mais experimentos na área, a fim de se estabelecer a melhor forma de purificação e a identificação do substrato com maior atividade antifadiga.

Palavras-chave: *Lepidium meyenii*. Maca peruana. Macamides. Endurance. Fadiga.

1 - Universidade Federal de São Paulo-Escola Paulista de Medicina, São Paulo-SP, Brasil.

ABSTRACT

The effect of *Lepidium meyenii* polysaccharide on fatigue: a systematic review

Introduction: Fatigue can be defined as the inability to maintain a power activity or performance decrease and is associated to several factors, such as: change in the electrical action potential of the muscle fiber, muscle glycogen depletion and metabolite accumulation, in addition to increased free radical production and reactive oxygen species. *Lepidium meyenii*, a plant originally from the Peruvian Andes and used by local people for thousands of years, has been studied for its benefits, including its anti-fatigue effect. **Objective:** To determine, from the analysis of biochemical parameters, the anti-fatigue effect of the maca substrates. **Materials and methods:** Systematic review of experimental studies published between January 2009 and January 2019, searched in the main medical literature databases. **Results:** In all studies analyzed, the forced swimming time was longer in the groups of mice supplemented with maca substrates compared to the control groups. Regarding the biochemical parameters evaluated (BLA, BUN, LDH and LG), supplementation was beneficial, with anti-fatigue response in at least one sample of each work analyzed. Other parameters cited in the studies such as MG, BSR, MDA, CK and GSU-PX were positive, however, they were evaluated in only one study and could not be compared. **Conclusion:** There is a need for further experiments in the area, in order to establish the best form of purification and the identification of the substrate with higher anti-fatigue activity.

Key words: *Lepidium meyenii*. Peruvian maca. Macamides. Endurance. Fatigue.

Autor correspondente:
Adriana Chapchap Brossi.
Rua Santa, 58 apto 41.
Vila Mascote, São Paulo-SP.
CEP: 04363-070.

INTRODUÇÃO

A fadiga induzida pelo exercício pode ser definida como incapacidade de manutenção em uma determinada potência da atividade, causando uma redução no desempenho (Fitts, 1994) ou a uma queda aguda no desempenho em determinado exercício, acompanhado por um aumento na sensação do esforço percebido (Davis, Bailey, 1997).

Pode-se classificar a fadiga como aguda ou crônica. Quando aguda, há relato de cansaço intenso e anormal, que melhora com repouso (Sobrero e colaboradores, 2001) e é ocasionada por alterações fisiológicas que impossibilitam a continuidade do exercício com o intuito de preservar o organismo.

A fadiga aguda pode ainda ser subdividida em central e periférica. A fadiga central refere-se às alterações no funcionamento cerebral, com consequente diminuição no rendimento (Davis, Bailey, 1997).

Já a fadiga periférica caracteriza-se pelas alterações decorrentes do exercício relacionadas à liberação e reabsorção da acetilcolina, (McLester, 1997) propagação do potencial elétrico na fibra muscular, (Green, 1997) liberação e reabsorção de cálcio nas cisternas do retículo sarcoplasmático, acúmulo de metabólitos (Westerblad, Allen, Lannergren, 2002) e depleção de glicogênio muscular (Conlee, 1987) durante o processo de contração muscular.

A planta *Lepidium meyenii*, é nativa na Região dos Andes, no Peru, podendo ser encontrada em outras regiões com altitudes acima de 3.500 metros (Zunk, 1993). O tubérculo tem sido usado pelos povoados andinos como suplemento nutricional e para aumentar a fertilidade e a vitalidade durante séculos (Wang e colaboradores, 2007).

Nos últimos anos, muitos estudos demonstraram que os extratos de raízes da maca têm uma ampla gama de atividades biológicas incluindo antioxidantes, antidepressivos, antivirais, antifadiga, antilipídêmicos, hipoglicemiantes, melhorando o desempenho sexual e a fertilidade e prevenindo deficiências de estrogênio com

perda óssea (He e colaboradores, 2010; Bai e colaboradores, 2015).

Desse modo, o objetivo desta revisão sistemática é determinar, a partir de estudos encontrados na literatura mundial, se os substratos do polissacarídeo *Lepidium meyenii* apresentam resultados positivos na redução da fadiga durante exercícios de endurance em ensaios experimentais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a elaboração do presente estudo, realizou-se uma busca sistemática de artigos nas bases de dados eletrônicas PubMed, Lilacs, BVS, SportDiscus, Medline, Scopus, Google Scholar e Scielo, entre os meses de novembro de 2018 e fevereiro de 2019.

Foi criada uma estratégia de busca por meio de “palavras-chave”, determinadas a partir dos termos definidos no DECS (Descritores em Ciências da Saúde).

As “palavras-chave” utilizadas foram: *lepidium meyenii*, maca peruana, maca, macamides, maino, fadigue, exercise, endurance.

Foram incluídos artigos na íntegra com desenho de estudo experimental, publicados em inglês, português ou espanhol entre os meses de janeiro de 2009 e janeiro de 2019, que investigassem os efeitos da utilização dos substratos do *Lepidium meyenii* sobre marcadores associados à fadiga após a realização de um teste de natação forçada. Foram excluídos desse estudo, artigos de monografia, teses, dissertações e capítulos de livro.

Os artigos foram sistematicamente revisados por dois autores, inicialmente através da análise dos títulos e resumos, e nos casos em que não houve concordância na seleção, um terceiro autor revisou o artigo.

A partir da busca realizada nas bases de dados, foram encontrados 314 artigos, com exclusão imediata de 95 por duplicidade e 212 por não apresentarem relação com o tema de estudo.

Dos 7 artigos restantes, foram selecionados 4 a partir de critérios de elegibilidade definidos para a realização dessa revisão, figura 1.

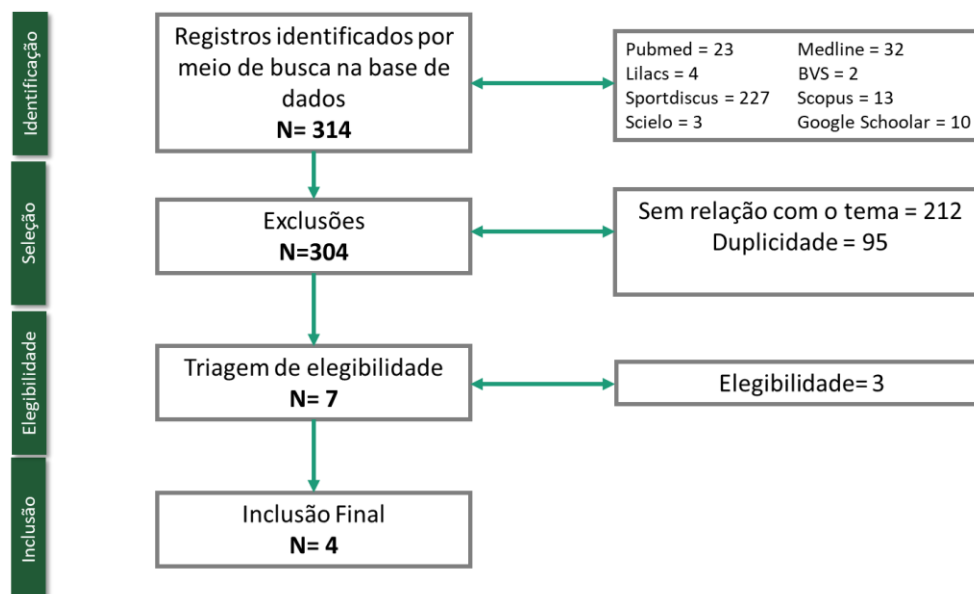


Figura 1 - Diagrama Prisma.

RESULTADOS

Nos 4 estudos selecionados, foram avaliados 188 camundongos que passaram por testes experimentais.

Todos os estudos identificaram a composição dos substratos utilizados levando-se em conta a porcentagem de glicose presente em cada um deles, além de realizarem teste de natação forçada e avaliação laboratorial de dosagem de lactato e uréia nitrogenada após utilização dos

substratos com posterior comparação dos grupos caso.

A lactato desidrogenase foi avaliada em 3 dos estudos selecionados, bem como o glicogênio hepático. Apenas um dos estudos avaliou a relação glicêmica e o glicogênio muscular após utilização de substrato, assim como apenas um estudo realizou a avaliação de parâmetros como malondialdeído, atividade da creatinoquinase e atividade da glutathione peroxidase, conforme quadro 1.

Quadro 1 - Síntese dos resultados.

Artigo	Amostra	Composição do polissacarídeo	Monossacarídeo predominante	Polissacarídeos e dosagens	Resultado teste de natação forçada	Resultados
Anti-fatigue activity of polysaccharide fractions from <i>Lepidium meyenii</i> Walp (Maca). (Li e colaboradores 2016)	50	MPS-1: xilose, arabinose, galactose e glicose MPS-2: arabinose, galactose e glicose	MPS-1= 93,2% (glicose) MPS-2= 91,5% (glicose)	MPS-1H: 100mg/kg MPS-1L: 20mg/kg MPS-2H: 100mg/kg MPS-2L: 20mg/kg	Carga: 7% peso corporal Tempo de nado > nos grupos que usaram polissacarídeo Houve dose-efeito positivo MPS-2 maior efeito do que MPS-1	BLA: redução dose dependente; MPS-2H com redução mais significativa BUN: redução; MPS-2H com redução mais significativa LDH: baixas doses sem alteração em relação ao grupo controle; doses altas com redução significativa LG: MPS-1L com aumento significativo; MPS-2-H com o aumento mais significativo
Hypoxia Tolerance and Fatigue Relief Produced by <i>Lepidium meyenii</i> and its Water-soluble Polysaccharide in Mice. (Feng e colaboradores 2016)	48	Maca em pó (MP) MAE: maca bruta MWP: arabinose, galactose, glicose e xilose	MAE= 69,32% (glicose) MWP= 79,88% (glicose)	MP: 1g/kg MP: 0,5g/kg MP: 0,1g/kg MAE: 1g/kg MAE: 0,5g/kg MAE: 0,1g/kg MWP: 1g/kg MWP: 0,5g/kg MWP: 0,1g/kg	Carga: 4% peso corporal Tempo de nado > com MAE média dose e com todas as doses de MWP	BLA: redução significativa com MP e MAE, principalmente em baixa e média doses; não significativo com MWP BUN: redução com MP e MAE; não significativo com MWP LDH: diferença significativa, principalmente em dose alta com MP e MAE; não significativo com MWP LG: aumentou em todos os grupos MG: aumentou em todos os grupos BSR: estabilizou com todos os grupos, principalmente em dose alta
Maca polysaccharides: extraction optimization, structural features and anti-fatigue activities. (Li e colaboradores 2018)	40	MCP: glicose, galactose e ramnose	MCP= 61% (glicose)	MCP-L: 150mg/kg MCP-M: 300mg/kg MCP-H: 600mg/kg	Carga: 5% peso corporal Tempo de nado > em todos os grupos, não dose dependente MCP-L > MCP-M > MCP-H	LG: aumento mais significativo com MCP-L BUN: diminuição mais significativa com MCP-L; não significativo com outras dosagens BLA: sem alteração significativa
Structural Characterization and Antifatigue Effect In Vivo of Maca (<i>Lepidium meyenii</i> Walp) Polysaccharide. (Tang e colaboradores 2017)	80	MCP: galactose e glicose	MCP= 29,98% (glicose) e 35,07% (galactose)	MCP-L: 25mg/kg MCP-M: 50mg/kg MCP-H: 100mg/kg	Carga: 5% peso corporal Tempo de nado > em todos os grupos, dose-dependente	BLA: redução dose-dependente BUN: redução LDH: redução da atividade MDA: redução com MCP-M e MCP-H Atividade CK: aumento mais significativo com MCP-H Atividade GSU-FX: aumento mais significativo com MCP-M

Teste de Natação Forçada

O teste de natação com carga de peso é considerado uma escala objetiva e quantitativamente apropriada para medir o nível de fadiga (Tanaka e colaboradores, 2003).

A duração do tempo de natação exaustivo indica o grau de resistência ao exercício (Yang, 2016).

Em teste de natação realizado por Li e colaboradores, (2016), o processo de purificação realizado resultou em duas diluições: MPS-1 (polissacarídeo neutro) e MPS-2 (polissacarídeo ácido).

Teor de açúcar total na MPS-1 foi de 93,2% e o teor de açúcar total na MPS-2 foi de 91,5%. Grupo controle: tratado com solução salina; alta dose de MPS-1 (MPS-1H): tratado com 100 mg / kg · d; dose baixa de MPS-1 (MPS-1L): tratada com 20 mg / kg · d; alta dose de MPS-2 (MPS-2H): tratado com 100 mg / kg · d; dose baixa de MPS-2 (MPS-2L): tratado com 20 mg / kg · d.

Cada rato foi anexado com uma carga igual a 7% do seu peso corporal para a cauda e submetido ao teste de natação forçada.

Os resultados indicaram que a MPS-1 e MPS-2 teve efeito significativo ($p < 0,05$) no final da resistência do exercício com relação dose-efeito, figura 2.

Além disso, a MPS-2 teve um efeito melhor do que a MPS-1 em aumentar a capacidade de exercício em camundongos forçados a nadar.

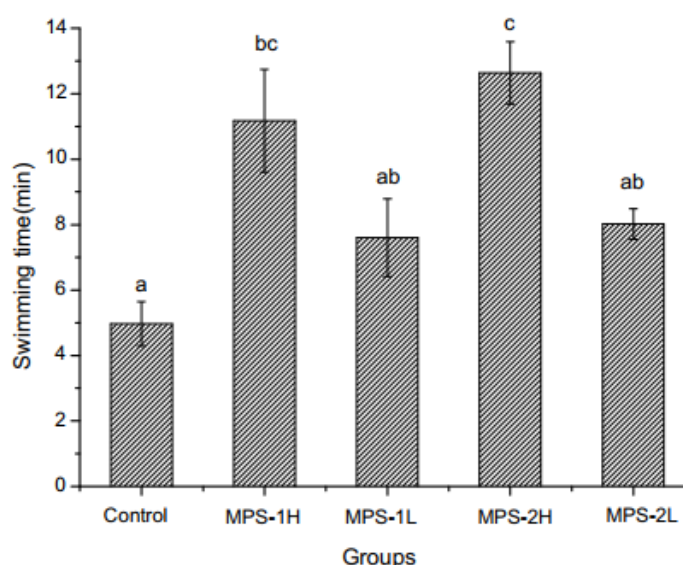


Figura 2 - Efeitos de diferentes suplementações no teste de natação forçada em camundongos. MPS-1H: alta dose de MPS-1; MPS-1L: baixa dose de MPS-1; MPS-2H: alta dose de MPS-2; MPS-2L: dose baixa de MPS-2, (Li e colaboradores, 2016).

A relação dose-dependente também foi demonstrada no estudo de Feng e colaboradores, (2016). Após os processos de purificação, foram obtidos os extratos aquosos de maca (MAE). Parte da MAE foi novamente processada e obteve-se o polissacarídeo solúvel em água (MWP). O teor total de açúcar do MAE foi de $69,32 \pm 0,23\%$.

Após várias purificações por precipitação com álcool, os teores totais de açúcar aumentaram significativamente. No estudo, 48 camundongos foram divididos aleatoriamente em quatro grupos: um grupo de alta dose, um grupo de dose média e um grupo de baixa dose, que foram tratados com pó de maca em doses de 1, 0,5 ou 0,1 g / kg

de peso corporal, respectivamente; um grupo controle, que foi tratado com água destilada. Seis ratos de cada grupo foram lançados individualmente num tanque de água com uma carga (4% do peso corporal) ligada à cauda.

O tempo de nado forçado (FST) foi definido como o intervalo de tempo desde quando o camundongo foi jogado na água até a exaustão. Os resultados de FST para camundongos administrados com pó de maca são mostrados na figura 3.

Os FSTs dos três grupos tratados foram todos mais do que o grupo controle. Além disso, o FST do grupo alta dose foi significativamente mais longo que o grupo controle.

Além disso, foram observadas diferenças significativas nos FST entre o grupo de dose alta e os grupos de dose média e

baixa, significando que o efeito da maca era dependente da dose. Os resultados de FST para camundongos administrados com MAE são mostrados na figura 3, cujos valores foram maiores do que o do grupo controle.

Os resultados dos FSTs para os grupos administrados com MWP, figura 4, também foram maiores do que o do grupo controle, indicando que o MWP pode aumentar significativamente a capacidade de exercício de ratos.

Houve tendência de desempenho cada vez melhor com etapas sucessivas de extração. Portanto, parece que o MWP é pelo menos uma das substâncias ativas que dá à maca em pó e ao MAE, a capacidade de melhorar os resultados de FST em camundongos.

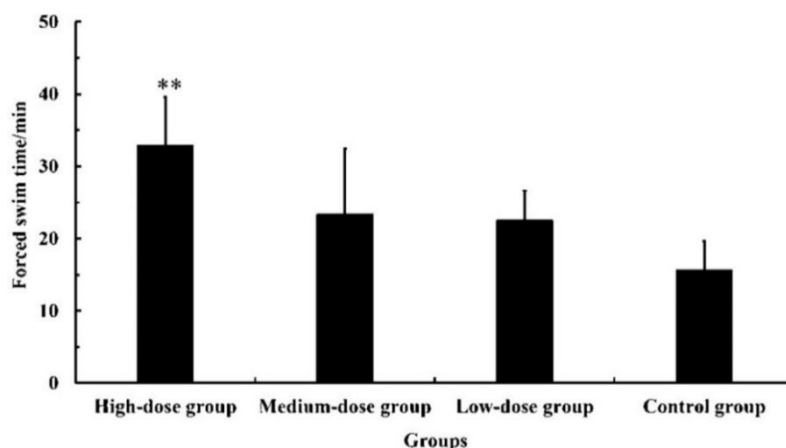


Figura 3 - FST de grupos de maca em pó, (Feng e colaboradores, 2016).

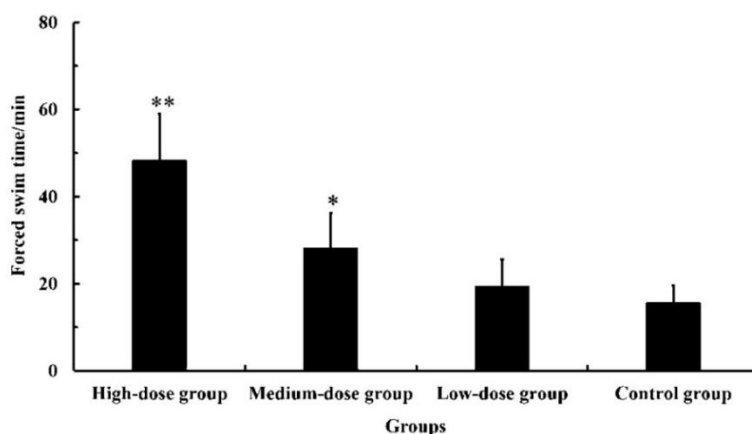


Figura 4 - FST dos grupos MAE (n = 6), (Feng e colaboradores, 2016).

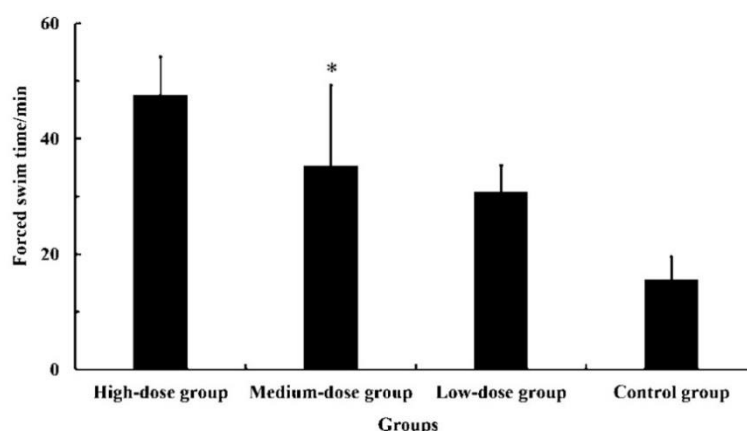


Figura 5 - FST dos grupos MWP (n = 6), (Feng e colaboradores, 2016).

Tang e colaboradores, (2017) incluiu em seu estudo, além da duração do tempo de natação, a velocidade média nos primeiros cinco minutos de teste.

O teste utilizou 80 camundongos que foram divididos aleatoriamente em 4 grupos com base em sua capacidade de natação e peso corporal: grupo controle, grupo MP de alta dose (100 mg / kg bw / dia), grupo MP de meia dose (50 mg / kg bw / dia) e grupo MP baixa dose (25 mg / kg bw / dia).

Dez camundongos foram selecionados aleatoriamente e submetidos a testes de natação com uma carga correspondente a 5% de seus pesos corporais e um aparelho de labirinto de água foi usado para rastrear a capacidade de natação dos ratos no primeiro 5 min.

Usando esses dados, calculou-se a velocidade média para avaliar o grau de fadiga dos camundongos. O tratamento com MP (50,

100 mg / kg bw / d) não apenas acelerou significativamente a velocidade média de natação dos ratos no 1º 5 min, figura 6A, mas também prolongou significativamente a duração da natação dos camundongos de maneira dose-dependente (Figura 5B).

Comparando com o grupo controle, a velocidade média dos camundongos na dose média do MP grupo foi significativamente avançada, e o grupo de alta dose de MP apresentou melhor desempenho. A duração total de natação dos camundongos também foi efetivamente aumentada pela administração de MP (50 e 100 mg / kg bw / d).

Comparado com o grupo controle, a duração da natação do grupo MP de média dose foi significativamente alongada. Após o tratamento com MP, a duração da natação do grupo com alta dose de MP foi aumentada, mostrando efeito dose-dependente.

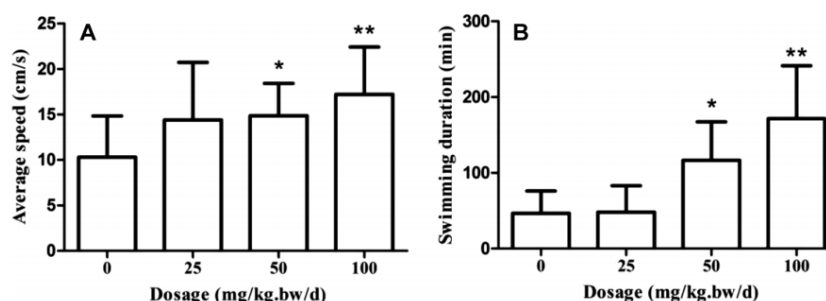


Figura 6 - Efeitos do MP na velocidade média (A) e duração total da natação (B). '0' representa ratos tratados. 25, 50, e 100 mg / kg bw / d MP correspondente a dosagens baixas, médias e altas, (Tang e colaboradores, 2017).

Em contrapartida, o estudo de Li e colaboradores, 2018, não observou relação dose-dependente com o polissacarídeo bruto de maca (MCP).

Com base nos resultados ótimos de extração, os teores totais de açúcar e proteína MCP purificados da extração ótima foram de 61,00% e 4,46% com base na MCP bruta seca, respectivamente.

Quarenta ratos machos foram divididos aleatoriamente em quatro grupos: grupo controle, grupo de baixa dose de MCP (MCP-L= 150 mg / kg · d), grupo de meia dose

de MCP (MCP-M= 300 mg / kg.d), grupo de alta dose de MCP (MCP-H= (600 mg / kg.d).

Os camundongos nadaram com uma carga que correspondeu a 5% dos pesos para a cauda. Ao comparar o tempo de natação exaustivo entre o grupo controle e os diferentes grupos de tratamento com MCP, o resultado indicou que a MCP teve uma influência significativa na atividade antifadiga, figura 7.

A ordem do grupo MCP em nível significante foi: grupo MCP-L > MCP-H grupo > MCP-M, não mostrando relação dose-dependente.

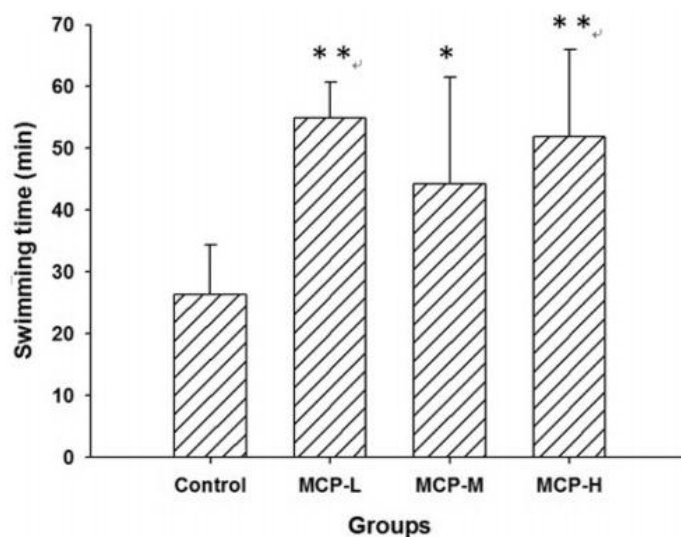


Figura 7 - Efeitos do MCP no tempo de natação forçada, (Li e colaboradores, 2018).

Peso Corporal e Índice de Vísceras

Li e colaboradores, (2018) incluiu em sua pesquisa a tendência de variação do peso do rato, figura 7.

Em comparação com o grupo de controle, o grupo MCP-L, MCP-M, MCP-H não mostrou as diferenças significativas e não

houve diferenças significativas no índice de baço e no índice tímico entre o grupo controle e os grupos experimentais, o que revelou que a atividade antifadiga não estava relacionada com a imunocompetência.

O resultado do índice hepático indicou que o rato com MCP não mostrou a reação colateral durante o período de alimentação.

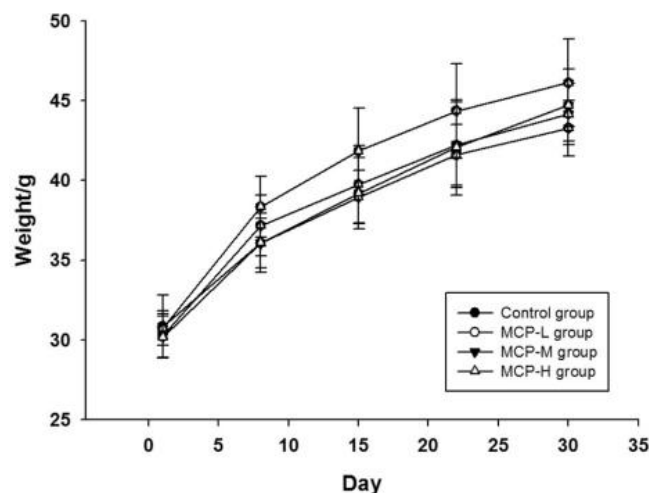


Figura 7 - Efeitos do MCP na tendência de variação de peso em camundongos, (Li e colaboradores, 2018).

Lactato (BLA) e lactato desidrogenase (LDH)

De acordo com Li e colaboradores, (2016), a utilização do substrato de maca resultou em uma redução dose-dependente na produção de lactato desidrogenase, com valor mais significativo no grupo de camundongo que ingeriu uma dose mais elevada (MPS-2H= 100mg/kg), em comparação ao grupo controle.

Resultado este que corrobora com os autores Tang e colaboradores, (2017), cujo estudo também demonstrou um padrão de dose-dependência, com valor mais significativo no grupo que utilizou a maior dosagem de substrato (MCP-H= 100mg/kg).

No entanto, Li e colaboradores, (2018), apresentaram resultados controversos, mostrando que a utilização do substrato obtido não resultou em alteração significativa na dosagem de lactato do grupo tratado, bem como Feng e colaboradores, (2016), que obteve redução bastante significativa apenas no grupo tratado com baixas e médias doses da maca em pó (MP) e maca bruta (MAE), com valores obtidos pelo ANOVA com $p < 0,005$. E ainda sem significância estatística com a utilização do substrato MWP.

Os autores Li e colaboradores, (2016), mostraram que o grupo que ingeriu doses elevadas do substrato apresentou uma produção menor de LDH do que o grupo controle, também com um padrão dose-dependente, já que a utilização das doses mais baixas não resultou em alteração significativa após o teste de natação forçada.

Um resultado significativo também foi demonstrado pelos autores Tang e colaboradores, (2017), porém, em todos os grupos tratados, independentemente da dose utilizada. Já Feng e colaboradores, (2016), mais uma vez obtiveram resultados mais significativos após utilização de MP e MAE, sem apresentar alteração significativa com o uso do substrato MWP.

Uréia nitrogenada (BUN)

Em seu estudo, os autores Li e colaboradores, (2016) demonstraram uma melhora importante nas dosagens de uréia em todos os grupos tratados, sendo mais significativo no grupo que ingeriu MPS-2H, assim como no estudo de Tang e colaboradores, (2017), cuja melhora foi identificada em todos os grupos tratados, independentemente da dose.

Já no estudo Li e colaboradores, (2018), houve significância estatística apenas no grupo que ingeriu o substrato com menor dose (MCP-L= 150mg/kg), e mais uma vez, os autores Feng e colaboradores, (2016), obtiveram resposta significativa apenas com a utilização de MP e MAE.

Glicogênio hepático (LG) e muscular (MG)

Os autores Li e colaboradores, (2016), identificaram um aumento no valor de glicogênio hepático nos dois grupos suplementados com substratos da maca, com

maior significância estatística naquele que recebeu a maior dose (MPS-2H= 100MG/kg).

Em contrapartida, Li e colaboradores, (2018), identificaram uma melhora apenas no grupo que recebeu a menor dose do substrato (MCP-L= 150mg/kg), não apresentando alteração significativa quando houve administração de uma dose mais elevada.

Já o estudo de Feng e colaboradores, (2016), obteve um resultado positivo em todos os grupos, independentemente da dose utilizada.

Além disso, os autores apresentaram como resposta à suplementação, uma maior quantidade de glicogênio muscular nos camundongos, demonstrando a capacidade da maca em manter estável a reserva dessa substância na musculatura.

BSR (Relação glicêmica)

Em seu trabalho, Feng e colaboradores, (2016), analisou a relação glicêmica (BSR), definida a partir da seguinte equação: $BSR (\%) = [(C1-C2) / (C1)] \times 100$, cujo C1 é a glicose sanguínea antes do teste de natação forçada e o C2 é a glicose sanguínea após o teste.

A análise desse parâmetro pode estar relacionada à capacidade da substância em manter a glicose sanguínea estável durante um exercício físico extenuante e/ou prolongado, aumentando assim o tempo necessário para o organismo entrar em estado de fadiga.

O uso da maca em suas diversas formas analisadas (em pó, MAE e MWP) demonstrou uma estabilização da glicose sanguínea em todas as doses utilizadas, com efeito ainda mais positivo em doses elevadas.

Malondialdeído (MDA) e Atividade da glutatona peroxidase (GSU-PX)

Em seu estudo, Tang e colaboradores, (2017), utilizou da medição desse fator como forma de analisar a resposta dos camundongos aos substratos da maca utilizados e o considerou como o principal fator que desencadeia danos teciduais durante o processo de fadiga.

O resultado apresentado mostra que o uso de doses mais elevadas (MCP- M= 50mg/kg e MCP-H= 100mg/kg) foi capaz de reduzir o acúmulo desse produto em relação ao grupo controle, o que poderia gerar um

efeito positivo na evolução do processo de fadiga.

Além da avaliação do malondialdeído, o estudo também avaliou a atividade da glutatona peroxidase (GSU-PX), enzima com função antioxidante, cujo aumento identificado nos camundongos tratados com os substratos pode ser traduzido em redução na evolução da fadiga e aumento no tempo de natação.

Atividade da creatinoquinase (CK)

Na avaliação da atividade da CK, Tang e colaboradores, (2017), obteve um resultado positivo em todos os camundongos suplementados com a maca, com resultado ainda mais significativo naqueles que utilizaram a maior dosagem.

DISCUSSÃO

No presente estudo, ficou evidenciado que a utilização de substratos do polissacarídeo *Lepidium meyenii* é capaz de alterar parâmetros laboratoriais associados à evolução da fadiga em camundongos e, consequentemente, aumentar o tempo de natação forçada.

Entretanto, os dados obtidos mostram que a dosagem de glicose presente nos substratos parece não estar diretamente relacionado com o efeito de resistência à fadiga, e que, de fato, a maca apresenta alguma substância que age ativamente no organismo gerando essas modificações.

Dos parâmetros avaliados, o teste de natação forçada apresentou efeitos bastante positivos nos grupos que utilizaram algum substrato da planta, com efeito dose-dependente em quase todos os estudos, exceto no trabalho de Li e colaboradores, (2018), cujo resultado, foi mais significativo na dosagem mais baixa de substrato utilizado (150mg/Kg).

Em contrapartida, o estudo de Feng e colaboradores, (2016), não apresentou melhora no tempo de nado dos camundongos na dosagem de 0,1g/Kg de maca bruta.

Desta forma, podemos considerar que doses entre 100 e 150mg/Kg da maca bruta são mais efetivas no aumento da resistência à um exercício intenso.

O aumento no tempo de natação dos camundongos está diretamente relacionado a mudanças na produção e metabolização de produtos relacionados à fadiga do organismo. Dentre os parâmetros avaliados, o lactato,

produto da glicólise de carboidrato em condições anaeróbicas é um indicador indireto da evolução da fadiga.

De acordo com Li e colaboradores, (2016), o efeito de uma substância considerada antifadiga é reduzir a produção de ácido láctico e/ou aumentar o clearance desse metabólito no organismo.

Já a presença de LDH na circulação é um marcador acurado de atividade muscular e seus níveis elevados indicam a ocorrência de dano muscular. Os estudos mostraram que, de modo geral, a maca foi capaz de alterar esses parâmetros laboratoriais, principalmente quando foram utilizadas dosagens entre 50 e 100mg/Kg de algum dos substratos, resultando em redução do processo de fadiga do organismo.

Conforme Li e colaboradores, (2016) descreveram, a uréia nitrogenada é um produto obtido a partir do metabolismo de proteína e aminoácido. Em exercícios extenuantes ou prolongados, a redução do aporte energético gera consumo de proteínas para manutenção da atividade, levando a uma produção aumentada de uréia.

Assim, a dosagem desse parâmetro pode ser utilizada como um dos principais indicadores de fadiga. Todos os estudos identificaram melhora neste parâmetro após uso dos substratos, no entanto, não houve consenso em relação a dosagem capaz de gerar um melhor resultado.

No entanto, substratos mais purificados como o obtido e testado por Feng e colaboradores, (2016), não foram capazes de alterar de maneira significativa os parâmetros avaliados neste estudo.

A capacidade do organismo em manter as reservas de glicogênio muscular e hepático durante um exercício físico prolongado ou extenuante visto após a utilização de alguns substratos pode resultar em menor evolução da fadiga.

Como relatado pelos autores Li e colaboradores, (2016), inicialmente, a energia necessária para realização do exercício é obtida a partir da quebra de glicogênio oriundo da musculatura.

No entanto, conforme o exercício se prolonga ou se torna mais intenso, a reserva muscular é exaurida e a fonte de glicose é obtida a partir da reserva de glicogênio hepático, resultando em redução da reserva no órgão.

Nos estudos avaliados, não houve consenso em relação à dosagem de substrato

que apresenta melhor capacidade de manutenção do glicogênio muscular e hepático.

A avaliação de parâmetros como o malondialdeído, produto da oxidação de lipídeos derivado de espécies reativas de oxigênio, da glutathione peroxidase, enzima que faz parte do sistema antioxidante, e da enzima creatinoquinase, catalisadora de ATP em ADP e fosfocreatina para manutenção de energia, apresentaram efeitos positivos nos grupos que utilizaram dosagens de 50 e 100mg/ Kg, porém, foram estudadas apenas com o substrato purificado por Tang e colaboradores, (2017).

CONCLUSÃO

Em análise dos estudos experimentais, observou-se efeito positivo antifadiga nos testes de natação forçada e em grande parte dos parâmetros laboratoriais, porém são indispensáveis mais estudos para se estabelecer um modo prático para extração e purificação que isolem os polissacarídeos mais efetivos.

Ademais, não foi constatado em todos os testes e parâmetros mensurados, um efeito dose-dependente, indicando também a necessidade de pesquisa sobre a melhor dosagem para se obter o efeito antifadiga.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores do presente estudo afirmam que não apresentam conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

- 1-Bai, N.; He, K.; Roller, M.; Lai, C.S.; Bai, L.; Pan, M.H. Flavonolignans and other constituents from *Lepidium meyenii* with activities in anti-inflammation and human cancer cell lines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 63. Num. 9. 2015. p. 2458-2463.
- 2-Conlee, R.K. Muscle glycogen and exercise endurance: A twenty-year perspective. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. Provo. Vol. 15. Num. 1. 1987. p. 1-28.
- 3-Davis, J.M.; Bailey, S.P. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Medicine Science in Sports &*

Exercise. Columbia. Vol. 29. Num. 1. 1997. p. 45-57.

4-Fitts, R.H. Cellular mechanisms of fatigue muscle. *Physiological Reviews*. Milwaukee. Vol. 74. Num. 1. 1994. p. 49-93.

5-Green, H.J. Mechanisms of muscle fatigue in intense exercise. *Journal of Sports Sciences*. Ontario. Vol. 15. Num. 3. 1997. p. 247-256.

6-He, Z.; Feng, Y.; Xu, L.F.; Sun, L.; Shi, L.; Chen, X.M. In vitro antioxidant activity of ethanol extract of maca (*Lepidium meyenii* Walpers) cultivated in Yunnan. *Food Science*. Vol. 31. Num. 1. 2010. p. 39-43.

7-Li, Y.; Xin, Y.; Xu, F.; Zheng, M.; Xi, X.; Cui, X.; Cao, H.; Guo, H.; Han, C. Maca polysaccharides: extraction optimization, structural features and anti-fatigue activities. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018. p. 618-624

8-Li, J.; Sun, Q.; Meng, Q.; Wang, L.; Xiong, W.; Zhang, L. Anti-fatigue activity of polysaccharide fractions from *Lepidium meyenii* Walp (maca), *Int. J. Boil. Macromol.* Vol. 95. 2016. p.1305-1311.

9-McLester, J.R. Muscle contraction and fatigue: The role of adenosine 5'-Diphosphate and inorganic phosphate. *Sports Medicine*. Tuscaloosa. Vol. 23. Num 5. 1997. p. 287-305.

10-Sobrero, A.; Puglisi, F.; Guglielmi, A.; Belvedere, O.; Aprile, G.; Ramello, M.; Grossi, F. Fatigue: a main component of anemia symptomatology. *Seminars Oncology*. Udine. Vol 28. Num 8. 2001. p 15-18.

11-Tanaka, M.; Nakamura, F.S.; Matsumura, A.; Nozaki, S.; Watanabe, Y. Establishment, and assessment of a rat model of fatigue. *Neuroscience Letters*. Vol. 352. Num. 3. 2003. p. 159-162.

12-Feng, C.X.; Yan, Y.L.; Min, J.C.; Ling, J.Z.; Le, C.S.; Wen, J.S.; Guang, M.L. Hypoxia Tolerance and Fatigue Relief Produced by *Lepidium meyenii* and its Water-soluble Polysaccharide in Mice. *Food Science and Technology Research*. 2016. p. 611-621.

13-Wang, Y.; Wang, Y.; McNeil, B.; Harvey, L.M. Maca: An Andean crop with multi-

pharmacological functions. *Food Research International*. Beijing. Vol. 40. Num. 7. 2007. p. 783-792.

14-Westerblad, H.; Allen, D.G.; Lannergren, J. Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause? *News in physiological sciences*. Stockholm. Vol. 17. Num. 1. 2002. p. 17-21.

15-Tang, W.; Jin, L.; Xie, L.; Huang, J.; Wang, N.; Chu, B.; Dai, X.; Liu, Y.; Wang, R.; Zhang, Y. Structural Characterization and Antifatigue Effect In Vivo of Maca (*Lepidium meyenii* Walp) Polysaccharide. *Journal of Food Science*. 2016. p. 1-8.

16-Yang, Q.; Jin, W.; Lv, X.; Dai, P.; Ao, Y.; Wu, M. Effects of macamides on endurance capacity and anti-fatigue property in prolonged swimming mice. *Pharmaceutical Biology*. Vol. 54. Num. 5. 2016. p. 827-834.

17-Zunk, K.; Mummenhoff, K.; Hurka, H. Chloroplast DNA restriction site variation in the Brassicaceae tribe Lepidieae. *Plant Molecular Evolution Newsletter*. Vol. 3. 1993. p. 40-44.

Recebido para publicação em 13/12/2019

Aceito em 08/05/2020