

Aplicações Terapêuticas da *Lepidium meyenii* (Maca) e seus compostos químicos: Uma Revisão Sistemática**Therapeutic Applications of *Lepidium meyenii* (Maca) and its chemical compounds: A Systematic Review**

DOI:10.34117/bjdv6n10-131

Recebimento dos originais: 08/09/2020

Aceitação para publicação: 07/10/2020

Jobson Josimar Marques Teixeira

Graduado em Farmácia, Centro Universitário UNIFAVIP | Wyden
Instituição: Central de Abastecimento Farmacêutico, Caruaru - Pe
Endereço: Av. Caiuca 2ª Trav., 98 B, Caiuca - Caruaru, PE, CEP: 55034-310
E-mail: jobson_777@hotmail.com

Denyse Alves dos Santos

Farmacêutica - Pós graduada em Farmácia clínica e prescrição farmacêutica, ICTQ - Instituto De
Ciência, Tecnologia e Qualidade
Instituição: Central de Abastecimento Farmacêutico, Caruaru - Pe
Endereço: Rua Saldanha Marinho, 2205 apto 102, Maurício de Nassau, Caruaru, PE, CEP: 55012-
740
E-mail: denysefarma@hotmail.com

Ana Ferreira da Silva Bezerra

Farmacêutica - Pós graduada em Gestão e Tecnologia Industrial Farmacêutica, ICTQ - Instituto
De Ciência, Tecnologia e Qualidade
Instituição: Central de Abastecimento Farmacêutico de Caruaru - Caruaru- Pe
Endereço: Segunda travessa Maria Dináh 66, Divinópolis - Caruaru - PE, CEP 55014-162
E-mail: anaflorfarmaceutica@outlook.com

Victória Júlya Alves de Albuquerque

Graduada em Farmácia, Centro Universitário Tabosa de Almeida - ASCES-UNITA
Instituição: Farmácias Maurício, Caruaru-PE
Endereço: Rua Manoel Tenório de Santana, n 81, Centro, Iati-PE, CEP: 55345-000
E-mail: victoria_albuquerque@hotmail.com

Juliane Cordeiro Vilarins

Graduada em Farmácia, Centro Universitário Tabosa de Almeida - ASCES-UNITA
Instituição: Central de Abastecimento Farmacêutico, Caruaru- PE
Endereço: Rua Alexandrino Boa Ventura, 60, Sol Poente Caruaru - PE, CEP 55.036-525
E-mail: julianecv17@gmail.com

Valdir Cordeiro de Araújo Júnior

Graduado em Farmácia, Centro Universitário UNIFAVIP | Wyden

Instituição: Hospital Mestre Vitalino, Caruaru-PE

Endereço: Avenida Amazonas, nº 175, bairro universitário, Caruaru-PE, CEP: 55016-430

E-mail: juninhoaraujo1212@gmail.com

Antonino Borba Ferro

Graduando em Farmácia, Faculdade Maurício de Nassau - polo Caruaru

Endereço: Rua Saldanha Marinho, 2205 apto 102, Maurício de Nassau, Caruaru, PE, CEP: 55012-740

E-mail: antoninoborba@hotmail.com

José Edson de Souza Silva

Farmacêutico - Mestre em ciências Farmacêuticas, Universidade Federal de Sergipe

Instituição: Centro Universitário UNIFAVIP | Wyden

Endereço: Av. Adjar da Silva Casé, 800, Indianópolis, Caruaru - PE, CEP: 55024-740

E-mail: joseedson23@hotmail.com

RESUMO

A *Lepidium meyenii* é uma planta nativa da região dos Andes, bastante utilizada em sua região devido ao alto valor nutricional dela, além de suas propriedades medicinais. Foi realizado uma revisão sistemática, a fim de identificar e analisar sobre a composição química e as atividades terapêuticas da *Lepidium meyenii*. Detectou-se nos estudos avaliados muitos benefícios dessa planta, alguns já eram esperados como ação antioxidante, antifadiga, anti-inflamatório, mas outras nos surpreenderam como as ações neuroprotetora, imunomoduladora, regulador hormonal entres outros efeitos terapêuticos. Estes fatos mudam a percepção e a importância dessa planta para a humanidade.

Palavras-chave: *Lepidium meyenii*, Ação Terapêutica, Composição Química.

ABSTRACT

Lepidium meyenii is a plant native to the Andes region, widely used in its region due to its high nutritional value, in addition to its medicinal properties. A systematic review was carried out in order to identify and analyze the chemical composition and therapeutic activities of *Lepidium meyenii*. It was detected in the evaluated studies many benefits of this plant that some were already expected as an antioxidant, anti-fatigue, anti-inflammatory action, but others surprised us as the neuroprotective, immunomodulatory, hormonal regulator actions among other therapeutic effects. Thus changing the perception and the importance of this plant for humanity.

Keywords: *Lepidium meyenii*, Therapeutics, Chemistry.

1 INTRODUÇÃO

A maca (*Lepidium meyenii*) é uma planta nativa da região dos Andes cultivada em altitudes entre 3500 a 4450 m e pertence à família *Brassicaceae*. Possui boa adaptação a condições extremamente severas como o frio, a forte radiação ultravioleta, o baixo nível de oxigênio e o clima caprichoso. Sua raiz é considerada um alimento de alto valor nutricional, semelhante aos grãos de cereais, possui carboidratos (59-73%), proteínas (10-18%), fibras (8,5%) e conteúdo mineral. A parte comestível da maca são os hipocótilos e a raiz (WU et al., 2019).

Vários componentes ativos foram identificados nos hipocótilos, incluindo glucosinolatos, macamidas, macaenes, esteróis, óleos essenciais (principalmente fenilacetoneitrila) e polissacarídeos, que estão relacionados às suas propriedades medicinais. Esses compostos bioativos possuem ainda alcalóides, compostos fenólicos (ácidos fenólicos, flavonóides, lignanas, estilbenos e taninos), glicosídeos, taninos, terpenóides e fitoalexinas (CARVALHO; RIBEIRO, 2019; REYES et al., 2019).

A *L. meyenii* é comumente utilizada na alimentação suplementar devido suas propriedades medicinais e valor nutricional. Os usos tradicionais da maca incluem a espermatogênese, fertilidade feminina e melhora do desempenho sexual, apresentando ainda, função hepatoprotetora, propriedades antioxidantes e imunomodulatórias. As raízes de *L. meyenii* são usadas na medicina tradicional como preparações líquidas, como sucos, embora os hipocótilos sejam fervidos antes ao consumo para torná-lo mais suave (CARVALHO; RIBEIRO, 2019).

Considerando que a *L. Meyenii* apresenta diversas atividades terapêuticas para benefício do corpo humano, o estudo objetivou realizar uma revisão sistemática a fim de apresentar as propriedades medicinais comprovadas em estudos disponíveis na literatura.

2 METODOLOGIA

2.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA E CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Esta pesquisa trata-se de uma revisão sistemática, de cunho descritivo, com fins de identificar e analisar estudos que discorressem sobre as atividades terapêuticas da *Lepidium meyenii*, bem como de seus compostos químicos. A revisão foi realizada nas bases de dados da MEDLINE, SCIELO e LILACS entre o período de 2010 a 2020. Os termos utilizados na pesquisa foram *Lepidium meyenii*, metabólitos, química, terapêutica, bioatividade e ação, estruturados da seguinte maneira: (tw:(*lepidium meyenii*)) AND (tw:(metabolites)) OR (tw:(chemical)) AND (tw:(therapeutic)) OR (tw:(bioactivity)) OR (tw:(action)).

2.2 IDENTIFICAÇÃO E EXTRAÇÃO DE DADOS

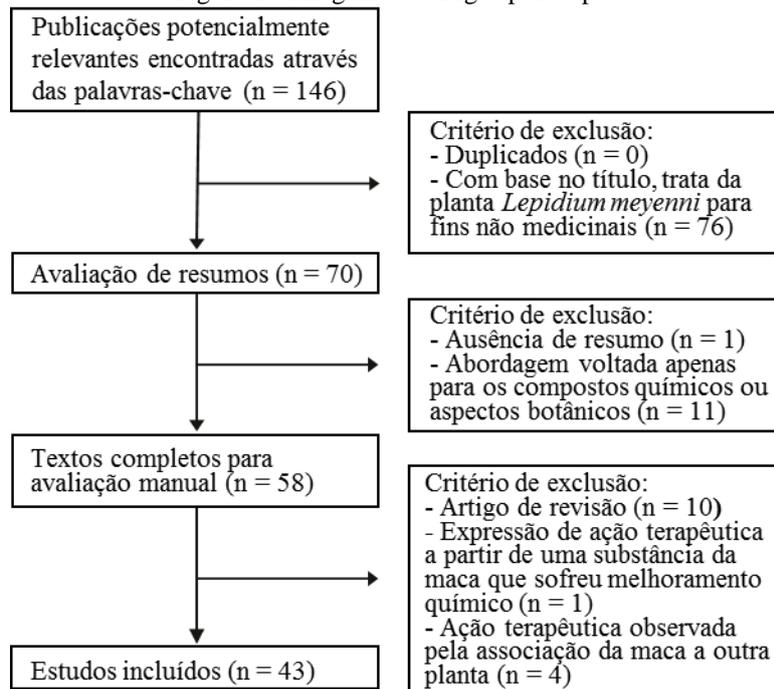
Toda a triagem foi realizada em três etapas (título, resumo e texto completo), sendo que a análise do título (1ª etapa) foi executada pelo pesquisador Jobson J. M. Teixeira e as demais etapas executadas por todos os pesquisadores. Para a análise dos títulos, considerou-se apenas os que remetiam a algo voltado para fins medicinais, ressaltando que os artigos repetidos seriam considerados apenas uma vez. Para a análise dos resumos (2ª etapa), estabeleceu-se excluir os estudos que não apresentassem resumo e que tratassem apenas dos compostos químicos (ausência de atividades terapêuticas) e/ou aspectos botânicos. Por fim, para a análise dos textos completos (3ª etapa), utilizou-se como critérios de exclusão os artigos de revisão, os que demonstrassem ação terapêutica a partir de uma substância da maca que sofreu melhoramento químico e os que apresentaram efeitos terapêuticos com associação a outra planta. Finalizadas estas etapas, foram coletadas informações sobre autor, ano e país de realização do estudo (i), objetivo da pesquisa (ii) e os resultados obtidos nos testes (iii) ressaltando um pouco da metodologia aplicada ao artigo avaliado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme observado na figura 1, detectou-se na seleção inicial, 146 publicações potencialmente relevantes, sendo que 76 destas baseadas no título, tratavam da planta *Lepidium meyenii* (Maca) para fins não medicinais e 70 se sobressaíram para a avaliação dos resumos, destes, 11 abordavam especificamente os compostos químicos ou aspectos botânicos, 1 a inexistência de resumo, restando 58 estudos para a avaliação de texto completo. Após a avaliação, 10 eram artigos de revisão, 4 tinham ação terapêutica da maca associada a outra planta e 1 ação terapêutica a partir de uma substância da maca que sofreu melhoramento químico. Após exclusão de diversos estudos, apenas 43 preencheram os critérios propícios ao objetivo deste trabalho.

Os estudos avaliados e selecionados para a realização deste trabalho foram realizados em 3 continentes e para dois dos estudos selecionados não foi possível localizar o continente ou país de origem. Vinte-oito (65,12%) dos 43 estudos selecionados foram realizados no continente asiático nos países, China, Japão, Paquistão e Coréia a Do Sul; onze (25,58%) foram realizados no continente americano distribuído entre América Do Norte, Central E Sul nos países Estados Unidos, Peru, México e Argentina; apenas dois (4,65%) dos estudos foram realizados no Continente Europeu no País da Itália; e outros dois (4,65%) não foi possível localizar o continente ou país da realização do estudo.

Figura 1 - Triagem dos artigos por etapa.



Fonte: autores.

Ao sintetizar os achados do quadro 1, observou-se que vários autores apontaram diversos compostos químicos como responsáveis pela atividade antioxidante da planta, Tafuri et al. (2019) apontaram os glucosinolatos e as macamidas; Lee e Chang (2019) as saponinas, fenóis e esteroides, alguns polissacarídeos também apresentaram esta atividade; Zha et al. (2014) citaram estrutura monossacarídica composta de ramnose, arabinose, glicose e galactose; Shufang et al. (2017) apresentaram mesma estrutura monossarídica de Zha et al. (2014) com adição da mannose; já no estudo de Wang et al. (2018) foi o arabinogalactano, que além de sua atividade antioxidante, apresentou efeito protetor em células lesionadas com H₂O₂; para Sun et al. (2018) os ácidos graxos (ácido linoleico, ácido linolênico e ácido 15-tetracosênico) e os monossacarídeos (anidromonossacarídeos e furancarboxaldeídos) que atuaram como antioxidante.

Caicai et al. (2018) comprovaram que a atividade antioxidante dos polissacarídeos aumentou significativamente conforme a concentração crescente, após serem testados em radicais OH, superóxido e DPPH, tendo como comparativos a vitamina C e o conservante BHT. Além de antioxidante, Rodríguez-Huamán et al. (2017) relataram que a maca atuou também como protetora frente a toxicidade induzida por 6-OHDA (6-hidroxidopamina).

Ações anti-inflamatórias foram citadas, Tenci et al. (2017) apontaram as macamidas e metabólitos lipofílicos de extratos da maca, como possível tratamento contra a dor osteoarticular e neuropática. Para Kitamura et al. (2017), o composto químico 1,3-Bis(3-metoxibenzil), demonstrou

ação analgésica esperada contra a dor inflamatória induzida em ratos. Nos estudos de Almkadi et al., 2013, as macamidas atuaram no sistema nervoso central para fornecer efeitos analgésicos, anti-inflamatórios ou neuroprotetores, modulando a liberação de neurotransmissores.

A maca também retratou atividade importante relacionada ao aumento da capacidade sexual, Gao et al. (2019) mencionaram os compostos n-benzil-hexadecanamida, n-benzil-(9z,12z)octadecadienamida e n-benzil-(9z,12z,15z)octadecatrienamida, como os possíveis potenciais marcadores bioativos relacionados ao aumento da capacidade sexual. Avelar et al. (2016) relataram que a maca seca serviu como um gatilho, mantendo a performance sexual alta. No que se trata de infertilidade, no estudo de Valdivia Cuya et al. (2016), a maca foi capaz de reverter o efeito da subfertilidade química associada ao citocromo P450 e à produção de androgênio, porém não reverteu o baixo potencial da membrana mitocondrial, comprometido pela infertilidade induzida fisicamente.

Alguns polissacarídeos foram responsáveis pelo efeito antifadiga, Tang et al. (2017) revelaram que a estrutura monossacarídica possuía a galactose, ácido galacturônico, glicose, manose, ramnose e arabinose e LI, Jing et al. (2017) expuseram os mesmos compostos, acrescentando a xilose. Tang et al. (2019) relataram que além da ação antifadiga, ela pode ser usada como agente terapêutico e alimento funcional. Dessa forma também auxilia como ação protetora muscular após exercícios, retardando a fadiga muscular (Zheng et al., 2019).

A maca consegue ainda estimular o sistema imunológico a partir do estímulo de aumento da fagocitose e produção de NO, TNF- α e IL-6, como revelado por Wu et al. (2019) ao testar um composto protéico da maca. Zha et al. (2018) apresentaram que um polissacarídeo composto por arabinose e glicose exerceram ação imunoestimulante em células RAW264.7 ao aumentar a sua viabilidade, expressão de receptores TLR4 e TLR2 e citocinas TNF- α , IL-1 β e IL-6. Zhang, Mengmeng et al. (2017) apontaram ação imunomoduladora a partir de uma estrutura de monossacarídeos composta por arabinose, manose, glicose e galactose, a qual induziu a polarização de macrófagos de fenótipo M1 e conversão de M2 em M1, além de inibir as reações inflamatórias desencadeadas pelo LPS (lipopolissacarídeo), o que pode auxiliar em pacientes com baixa imunidade ou com tumor.

Os estudos fitoquímicos de Zhou et al. (2017) encontraram substâncias com efeito neuroprotetor, como exemplo foi relatado que os alcaloides imiodazólicos e as macamidas conseguiram bom potencial protetivo de embriões de peixe-zebra tratados com 6-tetra-hidropiridina (MPTP - indutor de perda neuronal dopaminérgica). Almkadi et al. (2013) revelaram que testes realizados com a macamida N-3-metoxibenzil-linoleamida apresentaram uma inibição na enzima

amida hidrolase de ácidos graxos (FAAH), além de modular neurotransmissores e ter ação analgésica e anti-inflamatória. O efeito inibidor de FAAH relatado por Almkadi et al. (2013) corrobora com os achados nos testes de Wu et al. (2013), o qual detectou tal ação frente a macâmidas.

Outros estudos, presentes no quadro 1, podem reforçar as atividades terapêuticas até aqui explanadas, bem como apresentar outras ações que trazem benefícios aos indivíduos que fazem utilização do extrato ou compostos isolados da *Lepidium meyenii*.

Quadro 1 - Descrição dos objetivos e resultados dos artigos selecionados.

| AUTOR E ANO / PAÍS | OBJETIVO | RESULTADOS |
|----------------------------------|---|--|
| LEE; CHANG, 2019 / Coréia do Sul | Avaliar as propriedades físico-químicas e antioxidantes do extrato de metanol de folhas e raízes de maca. | A partir de extratos metanólicos das folhas e raízes da maca, identificou-se 25 compostos por meio do screening de LC-Q-TOF, estes foram caracterizados quimicamente, revelando a presença de saponinas, fenóis e esteroides. Os extratos foram submetidos a testes para avaliação da atividade antioxidante. Os resultados foram maiores no extrato de metanol das folhas de maca em comparação com as raízes da maca. As atividades antioxidantes das folhas e raízes foram determinadas por dois testes, a atividade de eliminação do radical DPPH e o ensaio FRAP, em ambos os ensaios foi verificado que o extrato de metanol das folhas da maca apresentou atividades antioxidantes mais altas em comparação com o extrato de metanol das raízes da maca. |
| GAO et al., 2019 / China | Rastrear e determinar os compostos potenciais que promovem a proliferação de células leydig (TM3) de camundongos. | Foram utilizadas técnicas de HPLC-ESI-MS / MS com a análise PLS (Partial Least Squares) para triagem e determinação dos compostos bioativos, onde foram encontrados n-benzil-hexadecanamida, n-benzil-(9z, 12z)octadecadienamida e n-benzil-(9z, 12z, 15z)octadecatrienamida, que podem ser os potenciais marcadores bioativos relacionados ao aumento da capacidade sexual (melhora da função sexual, proliferação das células leydig e secreção de testosterona) de <i>Lepidium leyenii</i> . O docking molecular foi empregado para ilustrar o mecanismo de ação para a bioatividade. |
| WU et al., 2019 / China | Analisar a estrutura, propriedades físico-químicas e ação imunomoduladora da estrutura protéica da maca. | Analisou-se, a partir do HPLC e da espectrometria, o principal componente proteico (MMP) da maca (<i>Lepidium meyenii</i>). Não foram encontrados aminoácidos essenciais em comparação com o isolado de proteína de soja e caseína, mas apresentou-se rico em cisteína e prolina. Os experimentos realizados neste estudo deduziram que o MMP tem atividade imunomoduladora na linha celular (RAW 264.7) de macrófagos murinos, a partir do desempenho fagocítico e da produção de NO, TNF- α e IL-6. |
| TAFURI et al., 2019 / Itália | Analisar os compostos químicos descrevendo seus efeitos no status redox e na biologia reprodutiva de garanthões submetidos a administração de maca. | Todas as análises foram realizadas por LC-MS-QTOF, detectando 88 compostos diferentes. Dos metabólitos relatados, o glucosinato de benzilo e o glucosinato de m-metoxibenzil, são duas importantes moléculas hidrolisadas em isotiocianatos, eliminador de radicais livres. Este estudo revelou que os glucosinatos e as macâmidas podem ser as responsáveis pela atividade antioxidante da planta. De acordo com os dados obtidos, a suplementação de maca afetou positivamente o status redox e alguns parâmetros reprodutivos dos garanthões. Nas amostras de sangue foram observadas a diminuição dos metabólitos reativos de oxigênio (teste d-ROMs), o um aumento da barreira antioxidante em termos de potencial antioxidante biológico (teste BAP), a poderosa capacidade oxidante (teste OXY-adsorvente) e avaliação de tióis (teste - SHp). Na amostra de sêmen obteve-se resultados positivos para os seguintes parâmetros: volumes |

| | | |
|-----------------------------|--|---|
| | | ejaculados, concentrações de espermatozoides, motilidade total e progressiva e integridade do acrossoma. |
| WANG et al., 2019 / China | Utilizar a macamida isolada da maca (<i>Lepidium meyenii</i> Walp.), o MBOC, em experimento in vitro para comprovar sua ação na prevenção da perda óssea. | N-(3-methoxybenzyl)-(9Z,12Z,15Z)-octadecatrienamida (MBOC), isolado da maca, foi administrado em camundongos OVX (ovariectomizado) por via oral, 20 mg/kg de MBOC uma vez ao dia por 30 dias, seus fêmures distais foram analisados por tomografia microcomputada e ensaio imunohistoquímico. Observou-se, através da Coloração de hematoxilina e eosina nos cortes ósseos, que o MBOC induziu ao aumento acentuado da massa óssea e número de trabéculas no fêmur de camundongos OVX. MBOC promoveu a expressão proteica de Ocn (anticorpos) e também aumentou a expressão de proteínas osteogênicas em células C3H/10T1/2 (Células-tronco mesenquimais - MSCs) e melhorou a diferenciação osteogênica e formação óssea através da sinalização Wnt/ β -catenina, entretanto, MBOC não afetou a proliferação celular de MSCs. |
| TANG et al., 2019 / China | Isolar, purificar e identificar a estrutura de um polissacarídeo de <i>Lepidium meyenii</i> , demonstrando sua atividade antifadiga in vitro. | Após extração e purificação de um polissacarídeo de <i>Lepidium meyenii</i> por Millipore (100 kD) e Sephadex G-200, e permeação em HPGPC, foi obtido a estrutura primária do polissacarídeo composto por arabinose, manose, glicose e galactose com a razão molar de 2,134:1:2,78:2,82, o qual foi nomeado como M-PL. Após 45 dias de administração contínua com alta dose (0.05 g/(kg · d)) do M-PL, a capacidade de nado dos camundongos foi melhorada. O consumo da maca permitiu declinar o acúmulo de SUN e os níveis séricos de lactato desidrogenase (LDH) e nitrogênio ureico, garantindo um melhor armazenamento de energia. Desta forma, comprovou-se a ação antifadiga do M-LP, que pode ser usada como agente terapêutico e alimento funcional. |
| ZHENG et al., 2019 / China | Avaliar o efeito antifadiga de dois extratos de maca (CME e PME), administrados a camundongos pré-teste de natação forçada, analisando a ação da maca no dano muscular. | As macamidas foram preparadas por meio de extração assistida por enzima e separado por resina macroporosa, obtendo o extrato bruto de macamida (CME) e o extrato purificado de macamida (PME). Observou-se que ambos os extratos aumentam o nível de glicogênio hepático e glicogênio muscular, e aceleram a oxidação de ácidos graxos no soro para fornecer energia, proporcionando uma diminuição no acúmulo de ácido láctico e de nitrogênio ureico no sangue, retardando a fadiga muscular. Após os exercícios, os níveis de lactato desidrogenase e creatina quinase dos grupos CME e PME foram significativamente menores do que aos do grupo controle, entretanto reduziram a velocidade do dano na membrana celular muscular, promovendo ação protetora muscular e ação antifadiga. |
| CAICAI et al., 2018 / China | Isolar, purificar e caracterizar a estrutura de dois polissacarídeos extraído das folhas de <i>Lepidium meyenii</i> , avaliando as atividades antioxidantes dessas frações in vitro. | Foi isolado e purificado 2 polissacarídeos das folhas de <i>Lepidium meyenii</i> (LMP-1 e LMP-2) através da cromatografia de celulose-52 do DEAE e Sephadex G-200, respectivamente, suas caracterizações (peso molecular e composição monossacarídica) foram analisadas por GC-MS identificando que a estrutura do LMP-1 apresentou ribose, ramnose, arabinose, xilose, manose, glicose e galactose (razão 0.12:0.32:1.50:0.32:1.03:1.00:0.93), e na estrutura LMP-2 apenas glicose, tendo seus pesos moleculares estabelecidos por HPGPC. Suas estruturas foram elucidadas por espectros FT-IR e UV. A atividade antioxidante dos LMP's foi testada em radicais OH• (LMP-1 = 82,71%, LMP-2 = 79,07%, Vit. C = 99,68% e BHT = 44,35%), superóxido (LMP-1 = 76,67%, LMP-2 = 52,62%) e DPPH (LMP-1 = 62,01%, LMP-2 = 59,67%) tendo como comparativos a vitamina C e o conservante BHT. A atividade antioxidante dos LMP's aumentou significativamente conforme a concentração crescente, apesar que o LMP-1 apresentou uma ação mais elevada por ter peso molecular menor e componentes complexos de monossacarídeos. |
| ZHENG et al., 2018 / China | Analisar os efeitos terapêuticos da Maca na inflamação e lesão hepática e investigar as alterações celulares | O extrato de maca obtido através da maceração foi dissolvido em solução salina tamponada com fins de administrar em camundongos no intuito de avaliar, em um período de 24 horas, se a maca possuía ação hepatotóxica quando administrado sozinho, e ação hepatoprotetora 2 horas antes da hepatite aguda induzida por ConA (concanavalina) em dose letal, analisando assim a taxa de sobrevivência dos camundongos. Decorridas as 24 horas, percebeu-se que a maca não demonstrou toxicidade. Já nos camundongos |

| | | |
|---------------------------|---|--|
| | e moleculares da hepatite aguda induzida por ConA tratadas pela administração do extrato de Maca. | que receberam a ConA, houve cerca de 75% de taxa de sobrevivência (24h) nos que receberam a maca em relação a mortalidade total (14h) dos camundongos que não receberam a maca. Após análises dos níveis séricos reduzidos de AST e ALT, exame anatomohistopatológico, níveis de citocinas inflamatórias, recrutamento de células supressoras derivadas de mielóides (MDSCs) e inibição de vias de sinalização de NF- κ B, STAT1 e STAT3 na lesão hepática induzida, concluiu-se que a inibição das respostas inflamatórias e imunológicas, e recrutamento de mais MDSCs pela maca podem ser aplicados na prevenção de danos hepáticos. |
| LI et al., 2018 / China | Otimizar a extração dos polissacarídeos da maca, determinando a composição química e analisando a ação antifadiga | Através da extração aquosa à quente se obteve o extrato de MCP (polissacarídeos da maca), a qual foi precipitada e desproteïnizada pelo método de Sevag, identificando os monossacarídeos estruturais: ramnose, glicose e galactose, em proporção 2,34:10,21:1,00. Selecionou-se camundongos para receber o MCP durante 30 dias consecutivos, em seguida, realizou-se análise bioquímica de parâmetros relacionados com a fadiga e detectou-se aumento no glicogênio hepático e redução nos níveis de nitrogênio ureico e ácido láctico no sangue, indicando uma ação antifadiga para o MCP. |
| ZHOU et al., 2018 / China | Investigar a Proteômica e Lipidômica do mecanismo subjacente ao mecanismo neuroprotetor da N-benzilhexadecanamida, isolado da Maca. | Usando os métodos de HPLC, espectrômetro de massa e ELISA foi realizado uma investigação para determinação de 27 neurotransmissores e sobrenadante celular de células MN9D antes e após administração de XA (N-benzilhexadecamida), e para decifrar o mecanismo subjacentes da lipidômica e proteômica, verificando também o efeito neuroprotetor de XA. Concluiu-se que o XA poderia regular os neurotransmissores de monoamina, fosfatidilcolinas, fosfatidiletanolaminas, ceramidas e proteínas relacionadas ao metabolismo energético. Todos estes biomarcadores indicam que o mecanismo neuroprotetor de XA está envolvido na regulação do metabolismo esfingolipídico e na função mitocondrial. |
| SUN et al., 2018 / China | Analisar a composição e a atividade antioxidante de óleos essenciais, lipídios e polissacarídeos em diferentes fenótipos de <i>Lepidium meyenii</i> . | Através do método GC-MS identificou-se compostos voláteis, ácidos graxos e monossacarídeos em diferentes fenótipos de Maca. As análises em GC-MS dos polissacarídeos revelaram a presença de anidromonossacarídeos e furancarboxaldeídos em pequenas quantidades. Em três fenótipos de maca analisados, foi detectada uma quantidade maior de óleos essenciais na maca preta, em relação a vermelha e amarela, estes apresentaram os compostos benzenocetonitrilo, isotiocianato de benzilo, e para os ácidos graxos encontrou-se o ácido linoleico, ácido linolênico e ácido 15-tetracosênico. O efeito de eliminação de DPPH foi mais forte para o óleo essencial, entretanto os ácidos graxos e os monossacarídeos estavam positivamente relacionados à atividade antioxidante. |
| WANG et al., 2018 / China | Caracterizar a estrutura MP1, sua ação antioxidante e protetora contra lesões causadas por H ₂ O ₂ . | Através do método de HPLC o polissacarídeo MP1 (arabinogalactano) foi isolado da maca, através deste foi mostrada que sua capacidade é moderada para eliminação de radicais DPPH, ABTS, superóxido e hidroxila, atividade quelante de Fe ²⁺ , inibição da peroxidação lipídica e poder redutor contra radicais livres. Também exibiu significantes efeito protetor em células RAW264.7 lesionadas com H ₂ O ₂ . |
| JIN et al., 2018 / China | Analisar as partes aéreas da maca como vegetais funcionais com atividade procinética gastrointestinal in vivo. | Através de métodos físico-químicos foram analisadas a fitoquímica e os dados nutricionais da <i>Lepidium meyenii</i> . Os estudos mostraram que são encontrados em abundância nutrientes, minerais, aminoácidos, macamidas, glucosinolatos, adenosina e saponina. Estudos procinéticos gastrointestinais de APM (partes aéreas da maca) mostraram que o APM promove significativamente a atividade gastrointestinal. No geral, o estudo demonstrou que os APM não são apenas boas fontes de alimentos saudáveis, ricos em nutrição, mas também são boas fontes de vegetais funcionais que podem promover o peristaltismo gastrointestinal. |
| ZHA et al., 2018 / China | Isolar, purificar e caracterizar a estrutura de um polissacarídeo da maca, elucidando | Um polissacarídeo bruto de <i>Lepidium meyenii</i> (LMP), isolado e caracterizado (peso molecular e composição monossacarídica) por técnicas cromatográficas (HPLC e HPGPC) revelou a presença de glicose e arabinose (razão 7,03:1,08) na estrutura molecular, a qual foi elucidada por análise espectroscópica FT-IR, GC-MS e RMN. O LMP aumentou a |

| | | |
|----------------------------------|--|---|
| | seu mecanismo de atividade imunomoduladora nos macrófagos RAW264.7. | viabilidade de células RAW264.7 através do método MTT, aumentando a expressão dos receptores TLR4 e TLR2 e de suas proteínas, além de elevar os níveis de mRNA de citocinas (TNF- α , IL-1 β e IL-6), o que indica atividade imunestimuladora (ativação de macrófago) e poder de atuação do LMP nas vias de sinalização (vias de sinal TLR dependentes do MyD88 e do TRIF; via de sinalização NF- κ B) dos macrófagos. |
| TENCI et al., 2017 / Itália | Avaliar a eficácia anti-inflamatória, após ingestão oral de extrato aquoso de <i>Lepidium meyenii</i> , por ratos frente a diversos estímulos dolorosos. | O estudo foi realizado em modelos de ratos ou camundongos de dor persistente induzida pela injeção intra-articular de monoacetato (MIA), lesão crônica de constrição (LCC) do nervo ciático e neuropatia induzida por quimioterapia. O extrato administrado aos ratos foi comprado e preparado no formato de soluções, estes foram analisados por HPLC-DAD-MS (identificando várias macâmidas) e espectrometria MS-MS (mostrando metabólitos lipofílicos). Após indução de osteoartrite por MIA, neuropatia por LCC, oxaliplatina e paclitaxel, teste de pressão da pata, de incapacidade e de placa fria, nos animais, foram observados efeitos analgésicos a partir da utilização do extrato nos três modelos diferentes de dor persistente, concluindo assim que a maca pode conferir possível tratamento contra a dor osteoarticular e neuropática. |
| QURESHI et al., 2017 / Paquistão | Avaliar compostos fitoquímicos e ações biológicas da <i>Lepidium meyenii</i> e <i>Epimedium sagittatum</i> em camundongos. | A maceração etanólica de <i>L. meyenii</i> (LM) foi utilizada em camundongos no intuito de avaliar suas respostas frente a diversos estímulos. Os testes fitoquímicos revelaram a presença de taninos, alcaloides, carboidratos e proteína. Os resultados obtidos frente aos procedimentos com os camundongos são: 1. Método de contorcer - 500mg/kg de LM oral inibiu 66% da algesia em comparação a 300mg/Kg aspirina que inibiu 60%; 2. Estudo comportamental bruto - LM provocou atividade espontânea e alerta; 3. Avaliação neurofarmacológica - em teste de Campo aberto, gaiola cruzada e atividade de mergulho na cabeça, o LM apresentou significativo número de quadrados percorridos, gaiolas cruzadas e reduzidos mergulhos de cabeça; 4. Teste de natação forçada e interação social - 500mg/kg de LM aumentou significativamente o tempo de mobilidade em relação a 1mg/Kg de imipramina; 5. Teste de diuréticos - não apresentou nenhuma atividade diurética significativa; 6. Efeito sobre estudos de toxicidade crônica, peso corporal e reprodução - o LM não apresentou toxicidade crônica nem alteração significativa do peso corporal, mas elevou consideravelmente a fertilidade. |
| ZOU et al., 2017 / China | Explorar os efeitos inibidores da <i>Lepidium meyenii</i> (Maca), licopeno e sua combinação na hiperplasia prostática benigna (HPB) em camundongos. | O extrato aquoso de maca emulsionado e administrado em camundongos por gavagem durante 30 dias, estes receberam propionato de testosterona (5 mg/kg) para induzir a hiperplasia prostática. O grupo tratado apenas com maca (60 mg/Kg) amenizou o aumento do peso prostático (PW) em 84,023% e o índice prostático em (PI) 87,489%, enquanto que o grupo tratado com maca (30 mg/Kg) e licopeno (7,5 mg/Kg) obteve inibição de PW em 84,127% e PI em 93,22%, comparados estes resultados a finasterida 1 mg/Kg (PW – 94,66% / PI – 92,02%). Em se tratando dos níveis séricos de Fosfatase Ácido Prostática (PAP), Dihidrotestosterona (DHT), estradiol (E2), testosterona (T) e razão T/E2 variaram muito entre os 13 grupos estipulados pela pesquisa. Através dos achados histopatológicos da próstata deste estudo associados a avaliação dos níveis séricos hormonais encontrados, inferiu-se que a combinação de licopeno e maca podem efetivamente inibir o desenvolvimento de HBP em camundongos. |
| LI, Shufang et al., 2017 / China | Extrair e purificar um polissacarídeo das folhas de <i>Lepidium meyenii</i> , analisando sua atividade antioxidante e imunestimuladora. | O polissacarídeo bruto das folhas de <i>Lepidium meyenii</i> (CLMLP) após extraído por soxlet, precipitado por etanol e desproteínizado, isolado por cromatografia (DEAE-52) e pesado (SephadexG-100 - 58,43 KDa), teve sua composição revelada pela cromatografia gasosa (rhamnose, arabinose, mannose, glicose e galactose - razão 5.51:4.05:1.15:0.77:0.01) e identidade molecular revelada por espectroscopia UV e IV. O estudo ainda avaliou a ação antioxidante do CLMLP frente a radicais DPPH, a qual em 1 mg/ml obtendo taxa de eliminação de radicais em 68,42% em comparação a Vitamina C (0,005 mg/ml) que apresentou apenas 62,56%. Para avaliar uma possível atividade imunomoduladora, aplicou-se entre 10-160 μ g/ml em uma |

| | | |
|-----------------------------------|---|--|
| | | cultura de macrófagos RAW264.7, o que ativou as células, aumentou a fagocitose das células em comparação com grupo controle, estimulando a expressão de receptores CD80 (indução de imunidade adaptativa). |
| KITAMUR A et al., 2017 | Examinar a ocorrência de derivados de ureia em Brassicales, na esperança de encontrar inibidores da sEH à base de uréia biologicamente ativos a partir de plantas. | A <i>Lepidium meyenii</i> , da ordem Brassicales, teve os compostos (1) 1,3-dibenzilurei, (2) 1-Benzil-3-(3-metoxibenzil) e (3) 1,3-Bis(3-metoxibenzil), isolados e analisados por LC-MS / MS, esses estão entre os inibidores mais potentes da sEH (hidrolase de epóxido solúvel - enzima responsável pela hidrólise de ácidos graxos epóxi em seus dióis correspondentes em humanos e outros mamíferos) derivados de fontes naturais. Os inibidores da sEH reduzem efetivamente a dor inflamatória e neuropática, por este motivo, utilizou-se um modelo de dor inflamatória (induzida por carragenina) sobre a pata de ratos para determinar os efeitos analgésicos do composto 3, este foi aplicado topicamente sobre a pata na concentração de 6 mg, sua ação foi comparada com o sEH triclocarban (6 vezes mais potente que o composto 3) em mesma concentração, ambos reduziram significativamente os níveis de dor, por fim realizou-se a administração oral do composto 3 que demonstrou a analgésica esperada contra a dor inflamatória. |
| ZHOU et al., 2017 / China | Analisar e identificar fitoquímicos da maca a partir da UHPLC-ESI-Orbitrap MS e UHPLC-ESI-QqQ MS e testar sua aplicação em embriões de peixe-zebra induzidos pela neurotoxina MPTP, explorando a neuroproteção da maca. | Maca em pó foi extraída sob ultrassom em 30 mL de metanol por 30 min e eluída com 5%, 10%, 30%, 50%, 80%, 100% (800 mL) de metanol em uma coluna de gel de Octadecilsilil, cada fração foi analisada por UHPLC-ESI-Orbitrap MS (qualitativamente) e UHPLC-ESI-QqQ MS (quantitativamente) identificando: Fr. 1 (ácidos orgânicos), Fr. 2 (glicosinolos), Fr. 3 (alcalóides da β -carbolina), Fr. 4 (alcalóides, amidas comuns, macaridinas), Fr. 5 (alcalóides imidazol, macamidas, macaenes), Fr. 6 (macamidas). Todas as frações foram aplicadas a embriões de peixe-zebra tratados com 6-tetra-hidropiridina (MPTP - indutor de perda neuronal dopaminérgica) a fim de verificar alguma ação neuroprotetora, destas, as frações 5 e 6 foram consideradas as partes neuroprotetoras mais eficazes. Os achados consideram a maca como alimento preventivo de doenças neurodegenerativas, como o Alzheimer e o Parkinson. Ensaios in vitro revelaram que o possível mecanismo neuroprotetor esteja relacionado a inibição de AChE e BuChE. |
| ZHANG, Lijun et al., 2017 / China | Testar a hipótese de que a alimentação de LMPs protegem o modelo de camundongos ICR contra os danos hepáticos do álcool. | Um polissacarídeo extraído dos hipocótilos da maca (LMP) teve seu peso (1067,3 kDa) e composição monossacarídica (ramnose, ácido galacturônico, glicose, galactose, xilose e arabinose) revelada por HPLC e estrutura molecular identificada por espectroscopia FT-IR. O LMP (5 mg/mL) revelou ação antioxidante contra o íon hidroxila (OH [•]), ânion superóxido (O ₂ ^{•-}) e no método DPPH, de 62,3%, 60,8% e 56,5% respectivamente, já no ensaio de FRAP, o poder de redução está correlacionado com o aumento das concentrações. O método de ensaio MTT utilizou células Hep-G2 para avaliar a viabilidade das células tratadas com álcool frente a concentrações diferentes de LMP, revelando que houve diminuição dos danos causados pelo álcool à medida que se elevou as concentrações de LMP. Avaliou-se ainda os parâmetros bioquímicos sorológicos, os efeitos nos índices hepáticos e os efeitos histopatológicos do LMP sobre camundongos tratados com álcool, concluindo que a administração do LMP, em concentrações diferentes, reduziu os níveis de TG, LDL-C, transaminases e danos hepáticos, elevando os níveis de enzimas antioxidantes (SOD, GSH-Px e GST). |
| TANG et al., 2017 / China | Avaliar o efeito anti-fadiga de um polissacarídeo de <i>Lepidium meyenii</i> (LMP) em camundongos submetidos à natação forçada. | O LMP foi extraído dos hipocótilos da maca e purificada através de cromatografia em gel, seu peso molecular (793,5 kDa) foi determinado pelo HPGPC, sua composição monossacarídica (galactose - 4,21%, ácido galacturônico - 35,07%, glicose - 29,98%, manose - 13,01%, ramnose - 0,75% e arabinose - 16,98%) analisada por GC-MS e sua análise estrutural observada por espectro FTIR e RMN. Durante o teste de natação, viu-se que o LMP acelerou a velocidade média e prolongou significativamente a duração da natação, além de melhorar as atividades enzimáticas de GSH-Px e CK e diminuir a atividade de LDH, os níveis de nitrogênio ureico. Os resultados mostram que o LMP possui efeitos antifadiga. |

| | | |
|---------------------------------------|---|---|
| RODRÍGU EZ-HUAMÁN et al., 2017 / Peru | Avaliar o efeito antioxidante e neuroprotetor do extrato etanólico de folhas da maca contra a toxicidade induzida por 6-OHDA em células PC12. | A partir do extrato etanólico preparou-se 5 frações a partir de 5 solventes distintos. A partir do método ABTS viu-se que a fração de clorofórmio apresentou os menores valores de ação antioxidante, já a fração metanólica e aquosa, os mais expressivos resultados. Pelo método MTT, as células PC12 foram incubadas com 6-OHDA (6-hidroxi-dopamina) por 12 horas, durante esse período avaliou-se a viabilidade e citotoxicidade (a partir da atividade enzimática da LDH) celular, e os níveis de superóxido dismutase (SOD) e óxido nítrico (NO). As células tratadas com a fração metanólica obtiveram resultados expressivos quando comparados aos controles positivos e negativos, sendo que, quanto maior a concentração aplicada, maior a redução de LDH, SOD e NO, atuando como protetora e antioxidante frente a toxicidade induzida por 6-OHDA. |
| LI, Jing et al., 2017 / China | Avaliar a atividade antifadiga de duas frações de polissacarídeos da maca (MPS-1 e MPS-2). | As frações MPS-1 e MPS-2 foram extraídas em água quente, tendo suas composições monossacarídicas determinadas por HPGPC, o MPS-1 (xilose, arabinose, galactose e glicose, em razão 1:1,7:3,3:30,5) de 7.6 kDa e o MPS-2 (arabinose, galactose e glicose, em razão 1:1,3:36,8) de 6.7 kDa. As atividades anti-fadiga de MPS-1 e MPS-2 foram medidas pelo teste de natação forçada, juntamente com a determinação de lactato sanguíneo, nitrogênio ureico, atividade da LDH e glicogênio hepático. Os resultados indicaram que o MPS-1 e o MPS-2 apresentaram efeitos positivos, dose-dependentes, relacionados à fadiga. Além disso, o MPS-2 tem um melhor efeito antifadiga que o MPS-1. |
| ZHANG, Mengmeng et al., 2017 / China | Caracterizar a estrutura de um novo polissacarídeo de <i>Lepidium meyenii</i> (maca) e analisar a sua função regulatória na polarização de macrófagos in vitro. | O MC-2, um polissacarídeo isolado da raiz de <i>Lepidium meyenii</i> de 9,83 kDa, foi caracterizado estruturalmente em arabinose (20,9%), manose (4,5%), glicose (71,9%) e galactose (2,7%). O MC-2 exibiu uma atividade de imunorregulação mais alta que o MC-1, o que está potencialmente relacionado à sua conformação de hélice tripla. O MC-2 poderia induzir a polarização M1 dos macrófagos originais e converter os macrófagos M2 no fenótipo M1. Embora o MC-2 não pudesse mudar os macrófagos de M1 para M2, ainda assim poderia inibir as reações inflamatórias induzidas pelo LPS (lipopolissacarídeo). Estes resultados mostram que o MC-2 poderia ser potencialmente usado como um candidato a suplemento funcional para terapias de hipoimunidade e tumor. |
| AVELAR et al., 2016 / México | Avaliar o efeito no suplemento de maca no aumento da capacidade sexual de carneiros de baixo desempenho. | 40 carneiros foram classificados em alto (HP) e baixo desempenho (LP). Dentro de cada categoria (n = 20), dez carneiros foram suplementados com 233 mg de maca seca/kg de peso corporal/dia durante quatro semanas, seguidos de quatro semanas de uma dieta controle, enquanto o restante dos animais permaneceu como controle durante as oito semanas. Os carneiros LP, tratados com maca, aumentaram todos os comportamentos sexuais até os níveis de HP, em contrapartida os carneiros HP, demonstraram que a maca serviu como um galtilho, mantendo a performance sexual alta. |
| ZHANG et al., 2016 / China | Caracterizar a estrutura e a atividade imunomodulatória de um novo polissacarídeo (MC-1) da maca. | O MC-1 de 11,3 kDa foi constituído de arabinose (26,21%), manose (11,81%), glicose (53,66%) e galactose (8,32%). O ensaio imunoestimulador indicou que o MC-1 melhorou a capacidade pinocítica e fagocítica das células RAW 264.7, promovendo a secreção de NO, TNF- α e IL-6, estimulados pela possível interação dos receptores toll-like 2, de complemento 3 e de manose. Esses resultados sugerem que a utilização do MC-1 pode ser funcional na suplementação de pessoas com imunidade comprometida. |
| VALDIVIA CUYA et al., 2016 / Peru | Avaliar o efeito da maca na função testicular de camundongos com subfertilidade induzida química e fisicamente. | Os espermatozoides foram extraídos do epidídimo caudal, que foi obtido após a eutanásia dos ratos. Os cortes dos epidídimos foram colocados em 500 μ l de meio de cultura com fluido tubário a 37 °C a fim de deixar os espermatozoides livres no meio. O tecido foi removido e a suspensão de esperma foi mantida a 37 °C. A subfertilidade química foi induzida pela administração oral de cetoconazol para a dose diária de 400 mg/kg de peso corporal dos ratos durante 30 dias antes dos tratamentos. A maca foi capaz de reverter o efeito da subfertilidade química associada ao citocromo P450 e à produção de androgênio. No entanto, não reverteu o baixo potencial da |

| | | |
|---------------------------------------|--|---|
| | | membrana mitocondrial, comprometido pela infertilidade induzida fisicamente. |
| BAI et al., 2015 / Não Identificado | Avaliar atividades anti-inflamatórias e anti-cancerígenas de Flavonolignanos e outros constituintes da maca, em linhas celulares de câncer humano (Hep G2, COLO 205 e HL-60) e em macrófagos RAW264.7. | Das raízes da maca, foram extraídas duas flavonolignanas, éter tricín 4'-O-[treo-β-guaiacil- (7'' -O-metil) -gliceril] (1) e éter tricín 4'-O- (eritro- β-guaiacil-gliceril) (2), juntamente com doze outras substâncias, tricina (3), pinosinol (4), ácido 4- hidroxicinâmico (5), guanósina (6), glucotropaeolina (7), desulfoglucotropaeolina (8), 3-hidroxibenzilisotiocianato (9), benzoato de ácido málico (10), 5-(hidroximetil)-2-furfural (11), D-fenilalanina (12), ácido vanílico 4-O-β-D-glucosídeo (13) e lepidilina B (14). Frente aos isolados foram realizados testes quanto à citotoxicidade de linhas celulares de câncer humano (Hep G2, COLO 205 e HL-60) e atividades anti-inflamatórias em macrófagos RAW264.7 tratados com LPS. Os compostos 1 e 14 foram modestamente ativos inibindo a produção de nitrito em macrófagos. Os compostos 1, 14 e 3 demonstraram ser seletivamente ativos contra células HL-60. A tricina, foi considerada um potencial agente quimiopreventivo do câncer em humanos. |
| STOJANO VSKA et al., 2015 / Hong Kong | Avaliar os efeitos da maca administrados a mulheres chinesas na pós-menopausa. | Este é um estudo cruzado, randomizado, duplo-cego, controlado por placebo, aplicado a 29 mulheres chinesas de Hong Kong na pós-menopausa. Os grupos receberam 3,3 g/dia de maca e placebo por 6 semanas cada, durante 12 semanas. Os níveis de estradiol, FSH, TSH, SHBG, glicose, perfil lipídico e citocinas séricas foram semelhantes entre os grupos, todavia, diminuições na pressão arterial diastólica e depressão foram aparentes após o tratamento com maca. |
| ZHANG et al., 2014 / China | Avaliar o efeito do extrato etanólico a longo prazo da maca sobre os níveis séricos de hormônios em ratos ovariectomizados (OVX) e compará-los com os efeitos do dietilestilbestrol. | Cinquenta ratas foram ovariectomizadas (OVX) ou não (grupo controle). Os grupos de controle e OVX (n = 10, respectivamente) receberam o veículo (equivalência de água destilada) através do tubo gástrico. Os demais ratos OVX receberam por via oral o extrato etanólico de Maca (0,096 ou 0,24 g/kg; n=10, respectivamente) ou dietilestilbestrol (0,05 mg / kg; n = 10). O tratamento durou 28 semanas. Nas semanas 12 e 28, o sangue dos ratos foi coletado e quantificados, por radioensaio, os níveis séricos dos hormônios folículo-estimulante (FSH), estradiol (E2) e testosterona (T). Na semana 12, E2 foi levemente maior no grupo da maca que no grupo OVX; T diminuído significativamente; e FSH ligeiramente alto nos grupos maca frente ao grupo controle. Após 28 semanas, E2 não diferiu significativamente entre os grupos maca e controle, entretanto, em dose baixa o grupo maca elevou E2; o grupo maca impediu o aumento de FSH em comparação com o grupo OVX. O suplemento da maca, a longo prazo, modulou o equilíbrio hormonal endócrino nos ratos OVX, sobretudo reduzindo os níveis elevados de FSH, propondo-se que a maca tem potencial terapêutico para mulheres na pós-menopausa. |
| ZHA et al., 2014 / China | Extrair e purificar polissacarídeos de Maca, identificando sua composição monossacarídica e suas atividades antioxidantes. | Os polissacarídeos do extrato aquoso de maca foram separados e desproteinizados pelo método de Sevag. Foram obtidos quatro polissacarídeos (LMP's) da maca a partir das concentrações de etanol no processo de precipitação de polissacarídeos. Todos os LMP's (60, 70, 80 e 90) foram compostos por ramnose, arabinose, glicose e galactose. Testes de atividade antioxidante revelaram que o LMP-60 mostrou boa capacidade de eliminar o radical livre de hidroxila e o superóxido a 2,0 mg/mL, a taxa de eliminação foi de 52,9% e 85,8%, respectivamente. Os resultados apontaram que os LMP's possuem alta atividade antioxidante. |
| AI et al., 2014 / China | Avaliar o comportamento e os efeitos anatômicos e bioquímicos do extrato etéreo de petróleo da maca a partir do método CUMS na | Três diferentes doses de extrato da maca (125, 250 e 500 mg/kg) foram administradas por via oral no procedimento CUMS (modelo crônico imprevisível de estresse leve) por seis semanas. Fluoxetina (10 mg/kg) foi usado como controle positivo. O extrato (250 e 500 mg/kg) reduziu o tempo de imobilidade no teste de suspensão da cauda; a camada celular granular no giro dentado pareceu mais espessa; reduziu os níveis de corticosterona; após seis semanas, elevou os níveis de noradrenalina e dopamina, inibindo as espécies reativas de oxigênio. Os níveis de serotonina mantiveram-se. Os resultados demonstram que o extrato de maca (250 e 500 mg/kg) apresenta efeitos semelhantes aos antidepressivos por meio da ativação de sistemas |

| | | |
|--|--|--|
| | depressão em camundongos. | noradrenérgicos e dopaminérgicos, bem como atenuou o estresse oxidativo no cérebro de camundongos. |
| UCHIYAMA et al., 2014 / Japão | Investigar o efeito da maca nos níveis séricos do hormônio hipofisário durante a fase pró-estro. | O pó de maca foi comprado na Yamano del Peru SAC. Não foram observadas diferenças significativas no consumo de ração ou na taxa de crescimento entre os ratos. Durante o estágio pró-estro, os soros dos ratos alimentados com o pó da maca a 50%, aumentaram 4,5 vezes o hormônio luteinizante (LH) e 19 vezes o hormônio folículo-estimulante (FSH), quando comparados com os ratos controle. Os demais hormônios da hipófise não foram alterados. O aumento de LH foi observado de forma dose-dependente, na faixa de 3 a 30 g/kg. O estudo demonstrou que a da maca elevou os níveis séricos de LH em ratas durante a fase pró-estro atuando de forma dose-dependente. |
| ALVAREZ; ALZAMORA-GONZALE S, 2013 / Peru | Avaliar o efeito da maca na expressão de citocinas, analisando o estímulo das células da medula óssea. | O extrato aquoso foi preparado a partir das raízes da maca e testado em camundongos imunossuprimidos por ciclofosfamida, o qual conseguiu reverter os efeitos supressores desse agente citotóxico, observado uma maior contagem de células da medula óssea, sangue periférico, unidades formadoras de colônias esplênicas e produção de mRNA para IL-3, GM-CSF e IL-7 no baço, induzindo a atividade hematopoética, como também oferecendo proteção contra mielossupressão induzida pela ciclofosfamida. |
| ALMUKADI et al., 2013 / Estados Unidos | Demonstrar a atividade da macamida N-3-metoxibenzil-linoleamida frente a FAAH, avaliando a atividade analgésica, anti-inflamatória e neuroprotetora. | A macamida N-3-metoxibenzil-linoleamida, foi analisada quanto a inibição da FAAH (amida hidrolase de ácidos graxos) e da MAGL (monoacil glicerol lipase). As macamidas, em concentrações de de 1 a 100 µM, foram testadas usando métodos de ensaio inibidores de FAAH e MAGL, não mostrando efeito sobre MAGL. A N-3-metoxibenzil-linoleamida exibiu atividade inibidora significativa da FAAH dependente do tempo e dependente da dose atividade. O mecanismo de inibição foi provavelmente irreversível ou lentamente reversível. Os resultados mostram que as macamidas, isoladas da Maca, são inibidoras da FAAH, pois podem atuar no sistema nervoso central para fornecer efeitos analgésicos, anti-inflamatórios ou neuroprotetores, modulando a liberação de neurotransmissores. |
| WU et al., 2013 / Estados Unidos | Sintetizar 11 macamidas (N-benzilamidas de ácidos graxos de cadeia longa, apolares) e analisar potencial inibidor da FAAH. | Foram sintetizadas 11 das 19 macamidas relatadas e testadas cada uma delas como potenciais inibidores da enzima humana, a amida hidrolase de ácidos graxos (FAAH). As cinco macamidas mais potentes eram inibidores da FAAH (IC 50 = 10-17 µM). Estas amidas eram derivados de ácidos oleico, linoleico e linolênico e benzilamina ou 3-metoxibenzilamina. Dos três compostos avaliados em um estudo de tempo de pré-incubação, duas macamidas não eram inibidores irreversíveis da FAAH. O terceiro, um carbamato estruturalmente relacionado às macamidas, demonstrou ser um inibidor irreversível da FAAH (IC 50 = 0,153 µM). |
| GONZALE S et al., 2012 / Peru | Determinar o efeito da maca vermelha nos níveis de zinco na próstata em ratos com HP induzida por enantato de T. | O extrato aquoso dos hipocótilos da maca foi utilizado em ratos com hiperplasia prostática (HP) induzida por enantato de testosterona (T). Foi observada uma redução nos níveis de zinco (determinado por ensaio colorimétrico) na próstata quando comparados aos ratos tratados com enantato de T. A administração de maca vermelha reduziu o peso da próstata nos ratos, atingindo valores semelhantes aos relatados no grupo controle. A maca vermelha também reverteu o efeito do enantato de T no peso da glândula prepuical. |
| RUBIO et al., 2011 / Peru | Analisar se o extrato da maca negra tem efeito dose-resposta em camundongos com comprometimento da memória induzida por etanol. | No extrato hidroalcoólico dos hipocótilos secos da maca foi encontrado vários polifenóis, dentre eles o pirogalol, avaliados de acordo com o ensaio Folin-Ciocalteu. A ação do extrato da maca negra na atividade locomotora durante o teste de campo aberto não apresentou diferenças estatísticas entre os grupos controle e EtOH. Em relação à latência de escape não houve diferenças nos camundongos tratados com qualquer dose da maca negra ou grupo controle. O extrato hidroalcoólico inibiu a perda de memória induzida por etanol de maneira dose-resposta em ratos machos e o conteúdo total de polifenóis, como quercetina e antocianinas, pode estar relacionado ao efeito da maca na função cognitiva. |
| GONZALE S- | Avaliar o efeito fotoprotetor das | Após tratamento com as três variedades do extrato hidroalcoólico das folhas das macas, obteve-se efeito semelhante aos observados com o filtro solar |

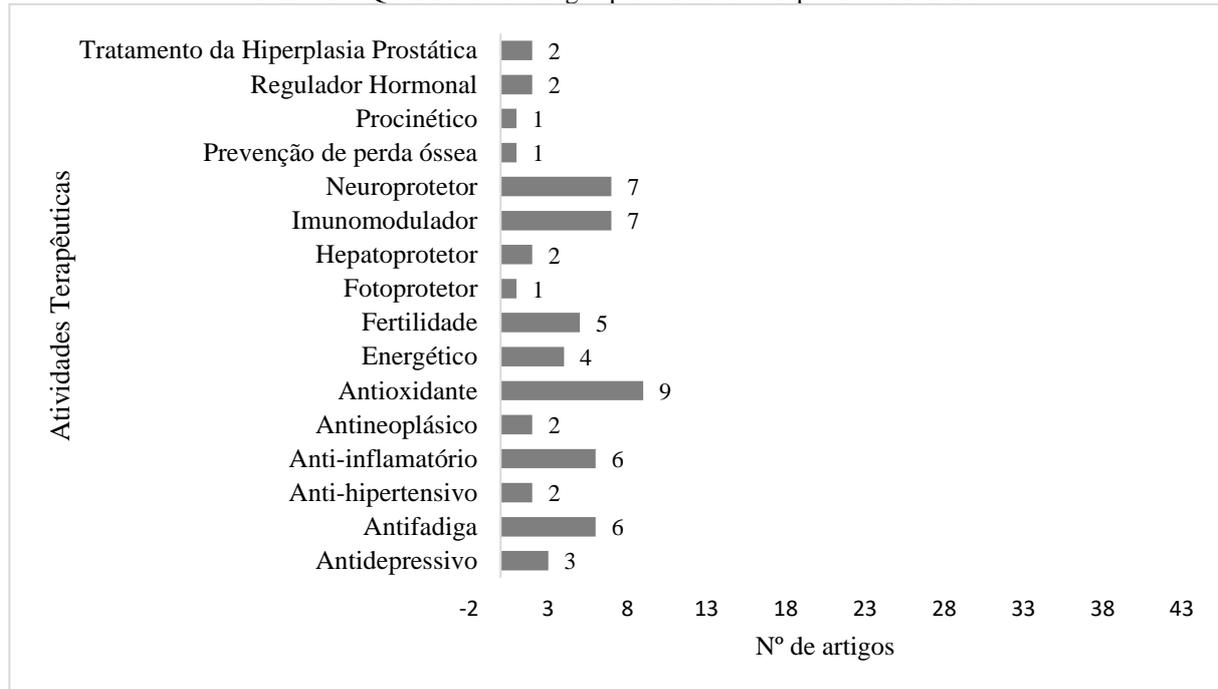
| | | |
|--|---|--|
| CASTAÑE DA et al., 2011 / Peru e Argentina | folhas das três diferentes variedades de maca (amarelo, preto e vermelho) contra o estresse oxidativo induzido por UVB e os danos epidérmicos na pele de camundongos. | FPS 60 em um padrão de pele comparável ao de ratos não irradiados. Os ratos que receberam radiação sem tratamento apresentaram eritemas e queimaduras na pele. A avaliação histopatológica dos ratos tratados pré-teste, mostrou que os danos cutâneos induzidos por UVB foram atenuados, semelhante aos ratos tratados com filtro solar. Os três extratos, foram igualmente eficazes contra danos solares, mas apenas as macas amarela e negra foram mais eficazes na redução da infiltração leucocítica. A maca amarela se mostrou mais eficaz na prevenção do desenvolvimento de queratinócitos atípicos. Quanto a análise da peroxidação lipídica na pele e no fígado, a maca vermelha reduziu as concentrações de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) pós-irradiação, entretanto, TBARS não foi observada nos ratos tratados com os extratos da maca antes da irradiação. No ensaio DPPH, a maca vermelha produziu ação antioxidante mais alta in vitro, se comparado com a maca negra ou amarela, dependendo da concentração usada. |
| PINO-FIGUERO A; NGUYEN; MAHER, 2010 / Estados Unidos | Avaliar a atividade neuroprotetora da maca testada in vitro e in vivo. | No ensaio neuroprotetor com os neurônios do peixe-agulha (in vitro), as células foram tratadas com 30 g/mL do extrato de pentano de maca (obtido dos hipocótilos secos submetidos a uma extração contínua líquido-líquido com n-pentano) e em seguida submetidos ao H ₂ O ₂ , as células tratadas com maca apresentaram formas celulares dendríticas mais saudáveis. No ensaio neuroprotetor in vivo, o extrato foi avaliado em ratos submetidos a acidente vascular cerebral isquêmico focal, mostrando neuroproteção significativa na dose de 3 mg/kg. |
| RANILLA et al., 2010 / Não Identificado | Investigar diferentes plantas medicinais, seus perfis fenólicos, atividade antioxidante, hipoglicemiante e anti-hipertensivo. | O extrato pré-torrado da maca não apresentou inibição contra a enzima α -amilase, indicando perda de compostos ligados à inibição da α -amilase devido ao tratamento térmico (tostagem). Além disso, o conteúdo fenólico total não foi proporcional às atividades inibidoras da α -amilase. A Maca exibiu atividade inibitória moderada da α -glucosidase, baixa inibição da α -amilase e baixo índice fenólico total. A maca torrada e crua, in vitro, inibiram fortemente a ECA (Enzima Conversora de Angiotensina), o que indica seu alto potencial anti-hipertensivo, entretanto a maca torrada apresentou resultados superiores. Pode-se dizer que a alta inibição da ECA nessas amostras é provavelmente devida a compostos não fenólicos, que provavelmente são peptídeos bioativos. |

Fonte: autores.

Após levantamento das informações dispostas no quadro 1, epilogou-se todas as ações terapêuticas observadas nos trabalhos experimentais utilizados neste estudo, estas podem ser observadas no gráfico 1. As atividades levantadas no gráfico 1 corroboram com os achados por Sifuentes-Penagos, León-Vásquez e Paucar-Menacho (2015), no que se refere a ação antioxidante, melhoramento da fertilidade, potencializador do desejo sexual (energético, tratamento da hiperplasia prostática) e redução dos sintomas da menopausa (regulador hormonal).

Outro estudo, de revisão bibliográfica, que corrobora com algumas das ações do gráfico 1 é visto em Wang e Zhu (2019) no que diz respeito as ações antifadiga, antioxidante, neuroprotetor, antineoplásico, hepatoprotetor, imunoregulador, prevenção contra radiação ultravioleta (fotoprotetor) e promotor da digestão (procinético).

Gráfico 1 – Quantidade de artigos por atividade terapêutica defendida.



Fonte: autores.

4 CONCLUSÃO

A partir deste estudo foi possível verificar que a *Lepidium meyenii* oferece vários benefícios, os quais muitos já foram detectados nas populações que a tem incluída em seu cardápio. Dentre as diversas atividades terapêuticas abordadas nesta pesquisa, pode-se notar com maior intensidade que a Maca apresenta ações antioxidante, neuroprotetora, imunomoduladora, anti-inflamatória, antifadiga, energética e potencializadora da fertilidade, tendo como possíveis agentes destas ações os fitoquímicos de estrutura polissacarídica, de estrutura protéica e vários metabólitos derivados das macamidas, glucosinolatos, flavonolignanas e compostos fenólicos. Conhecendo suas propriedades terapêuticas, espera-se que as pessoas possam fazer uso da *Lepidium meyenii* em suas vidas, já que a natureza existe para auxiliar o homem a reestabelecer o equilíbrio.

REFERÊNCIAS

- AI, Zhong et al. Antidepressant-like behavioral, anatomical, and biochemical effects of petroleum ether extract from maca (*Lepidium meyenii*) in mice exposed to chronic unpredictable mild stress. **Journal of medicinal food**, v. 17, n. 5, p. 535-542, 2014.
- ALMUKADI, Haifa et al. The macamide N-3-methoxybenzyl-linoleamide is a time-dependent fatty acid amide hydrolase (FAAH) inhibitor. **Molecular neurobiology**, v. 48, n. 2, p. 333-339, 2013.
- ALVAREZ, Evelyn; ALZAMORA-GONZALES, Libertad. Effect of *Lepidium meyenii* (maca) on the production of three hematopoietic cytokines in splenocytes from immunosuppressed mice. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, p. 313-321, 2013.
- AVELAR, Alberto et al. Maca (*Lepidium meyenii*) supplementation increases the sexual capacity of low but not high sexual performance rams (*Ovis aries*). **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 15, n. 3, p. 144-150, 2016.
- BAI, Naisheng et al. Flavonolignans and other constituents from *Lepidium meyenii* with activities in anti-inflammation and human cancer cell lines. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 63, n. 9, p. 2458-2463, 2015.
- CAICAI, Kang et al. Isolation, purification and antioxidant activity of polysaccharides from the leaves of maca (*Lepidium Meyenii*). **International journal of biological macromolecules**, v. 107, p. 2611-2619, 2018.
- CARVALHO, Fernanda V.; RIBEIRO, Paulo R. Structural diversity, biosynthetic aspects, and LC-HRMS data compilation for the identification of bioactive compounds of *Lepidium meyenii*. **Food Research International**, v. 125, p. 108615, 2019.
- GAO, Xiao-chen et al. Screening of the Active Component Promoting Leydig Cell Proliferation from *Lepidium meyenii* Using HPLC-ESI-MS/MS Coupled with Multivariate Statistical Analysis. **Molecules**, v. 24, n. 11, p. 2101, 2019.
- GONZALES, C. et al. Effect of red maca (*Lepidium meyenii*) on prostate zinc levels in rats with testosterone-induced prostatic hyperplasia. **Andrologia**, v. 44, p. 362-369, 2012.
- GONZALES-CASTAÑEDA, Cynthia et al. Photoprotection against the UVB-induced oxidative stress and epidermal damage in mice using leaves of three different varieties of *Lepidium meyenii* (maca). **International journal of dermatology**, v. 50, n. 8, p. 928-938, 2011.
- JIN, Wenwen et al. Aerial parts of maca (*Lepidium meyenii* Walp.) as functional vegetables with gastrointestinal prokinetic efficacy in vivo. **Food & function**, v. 9, n. 6, p. 3456-3465, 2018.
- KITAMURA, Seiya et al. Occurrence of urea-based soluble epoxide hydrolase inhibitors from the plants in the order Brassicales. **PloS one**, v. 12, n. 5, 2017.

- LEE, Yun-Kyung; CHANG, Yoon Hyuk. Physicochemical and antioxidant properties of methanol extract from Maca (*Lepidium meyenii* Walp.) leaves and roots. **Food Science and Technology**, n. AHEAD, 2019.
- LI, Jing et al. Anti-fatigue activity of polysaccharide fractions from *Lepidium meyenii* Walp.(maca). **International journal of biological macromolecules**, v. 95, p. 1305-1311, 2017.
- LI, Shufang et al. Purification, characterization and biological activities of a polysaccharide from *Lepidium meyenii* leaves. **International journal of biological macromolecules**, v. 103, p. 1302-1310, 2017.
- LI, Yujuan et al. Maca polysaccharides: Extraction optimization, structural features and anti-fatigue activities. **International journal of biological macromolecules**, v. 115, p. 618-624, 2018.
- PINO-FIGUEROA, Alejandro; NGUYEN, Diane; MAHER, Timothy J. Neuroprotective effects of *Lepidium meyenii* (Maca). **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1199, n. 1, p. 77-85, 2010.
- QURESHI, Mahmood et al. Phytochemical and biological assessments on *Lepidium meyenii* (maca) and *Epimedium sagittatum* (horny goat weed). **Pakistan journal of pharmaceutical sciences**, v. 30, n. 1, 2017.
- RANILLA, Lena Galvez et al. Phenolic compounds, antioxidant activity and in vitro inhibitory potential against key enzymes relevant for hyperglycemia and hypertension of commonly used medicinal plants, herbs and spices in Latin America. **Bioresource technology**, v. 101, n. 12, p. 4676-4689, 2010.
- REYES, Thais Huarancca et al. Physiological responses of *Lepidium meyenii* plants to ultraviolet-B radiation challenge. **BMC plant biology**, v. 19, n. 1, p. 186, 2019.
- RODRÍGUEZ-HUAMÁN, Ángel et al. Antioxidant and neuroprotector effect of *Lepidium meyenii* (maca) methanol leaf extract against 6-hydroxy dopamine (6-OHDA)-induced toxicity in PC12 cells. **Toxicology mechanisms and methods**, v. 27, n. 4, p. 279-285, 2017.
- RUBIO, Julio et al. Dose–response effect of black maca (*Lepidium meyenii*) in mice with memory impairment induced by ethanol. **Toxicology mechanisms and methods**, v. 21, n. 8, p. 628-634, 2011.
- SIFUENTES-PENAGOS, Gabriel; LEÓN-VÁSQUEZ, Susan; PAUCAR-MENACHO, Luz María. Estudio de la Maca (*Lepidium meyenii* Walp.): cultivo andino con propiedades terapéuticas. **Scientia Agropecuaria**, v. 6, n. 2, p. 131-140, 2015.
- STOJANOVSKA, Lily et al. Maca reduces blood pressure and depression, in a pilot study in postmenopausal women. **Climacteric**, v. 18, n. 1, p. 69-78, 2015.
- SUN, Yuqi et al. Composition analysis and antioxidant activity of essential oils, lipids and polysaccharides in different phenotypes of *Lepidium meyenii*. **Journal of Chromatography B**, v. 1099, p. 25-33, 2018.

TAFURI, Simona et al. Chemical analysis of *Lepidium meyenii* (Maca) and its effects on redox status and on reproductive biology in stallions. **Molecules**, v. 24, n. 10, p. 1981, 2019.

TANG, Weimin et al. Structural characterization and antifatigue effect in vivo of maca (*Lepidium meyenii* Walp) polysaccharide. **Journal of food science**, v. 82, n. 3, p. 757-764, 2017.

TANG, Yun et al. Structure analysis and anti-fatigue activity of a polysaccharide from *Lepidium meyenii* Walp. **Natural product research**, v. 33, n. 17, p. 2480-2489, 2019.

WU, Liying et al. Physicochemical and functional properties of a protein isolate from maca (*Lepidium meyenii*) and the secondary structure and immunomodulatory activity of its major protein component. **Food & function**, v. 10, n. 5, p. 2894-2905, 2019.

WANG, Ting et al. N-(3-methoxybenzyl)-(9Z, 12Z, 15Z)-octadecatrienamide promotes bone formation via the canonical Wnt/ β -catenin signaling pathway. **Phytotherapy Research**, v. 33, n. 4, p. 1074-1083, 2019.

ZHENG, Yue et al. Two macamide extracts relieve physical fatigue by attenuating muscle damage in mice. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 3, p. 1405-1412, 2019.

ZHOU, Yanyan et al. Integrated Proteomics and Lipidomics Investigation of the Mechanism Underlying the Neuroprotective Effect of N-benzylhexadecanamide. **Molecules**, v. 23, n. 11, p. 2929, 2018.

WANG, Wei et al. Structure characterization of one polysaccharide from *Lepidium meyenii* Walp., and its antioxidant activity and protective effect against H₂O₂-induced injury RAW264.7 cells. **International journal of biological macromolecules**, v.118, p.816-833, 2018.

ZHA, Zhengqi et al. Isolation, purification, structural characterization and immunostimulatory activity of water-soluble polysaccharides from *Lepidium meyenii*. **Phytochemistry**, v. 147, p. 184-193, 2018.

ZHENG, Wei et al. *Lepidium meyenii* walp exhibits anti-inflammatory activity against ConA-induced acute hepatitis. **Mediators of inflammation**, v. 2018, 2018.

TENCI, Barbara et al. Effects of a water extract of *Lepidium meyenii* root in different models of persistent pain in rats. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 72, n. 11-12, p. 449-457, 2017.

UCHIYAMA, Fumiaki et al. *Lepidium meyenii* (Maca) enhances the serum levels of luteinising hormone in female rats. **Journal of ethnopharmacology**, v. 151, n. 2, p. 897-902, 2014.

VALDIVIA CUYA, M. et al. Effect of *Lepidium meyenii* (maca) on testicular function of mice with chemically and physically induced subfertility. **Andrologia**, v. 48, n. 8, p. 927-934, 2016.

WANG, Sunan; ZHU, Fan. Chemical composition and health effects of maca (*Lepidium meyenii*). **Food chemistry**, v. 288, p. 422-443, 2019.

WU, Hui et al. Macamides and their synthetic analogs: evaluation of in vitro FAAH inhibition. **Bioorganic & medicinal chemistry**, v. 21, n. 17, p. 5188-5197, 2013.

ZHA, Shenghua et al. Extraction, purification and antioxidant activities of the polysaccharides from maca (*Lepidium meyenii*). **Carbohydrate polymers**, v. 111, p. 584-587, 2014.

ZHANG, Lijun et al. Protective effect of polysaccharide from maca (*Lepidium meyenii*) on Hep-G2 cells and alcoholic liver oxidative injury in mice. **International journal of biological macromolecules**, v. 99, p. 63-70, 2017.

ZHANG, Mengmeng et al. Structural characterization of a novel polysaccharide from *Lepidium meyenii* (Maca) and analysis of its regulatory function in macrophage polarization in vitro. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 65, n. 6, p. 1146-1157, 2017.

ZHANG, Mengmeng et al. Structural characterization and immunomodulatory activity of a novel polysaccharide from *Lepidium meyenii*. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 64, n. 9, p. 1921-1931, 2016.

ZHANG, Yongzhong et al. Effect of ethanolic extract of *Lepidium meyenii* Walp on serum hormone levels in ovariectomized rats. **Indian journal of pharmacology**, v. 46, n. 4, p. 416, 2014.

ZHOU, Yanyan et al. Chemical profiling analysis of Maca using UHPLC-ESI-Orbitrap MS coupled with UHPLC-ESI-QqQ MS and the neuroprotective study on its active ingredients. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-14, 2017.

ZOU, Ying et al. Protective effects of *Lepidium meyenii* (Maca) aqueous extract and lycopene on testosterone propionate-induced prostatic hyperplasia in mice. **Phytotherapy Research**, v. 31, n. 8, p. 1192-1198, 2017.