

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

FACULDADE DE FARMÁCIA

ELISÂNGELA DE JESUS SOUZA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ANÁLISE DA
CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DA MACA PERUANA (*Lepidium
meyenii* Walp.)**

GOIÂNIA – GO

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE FARMÁCIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC no 1240/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei no 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo dos Trabalhos de Conclusão dos Cursos de Graduação disponibilizado no RI/UFG é de responsabilidade exclusiva dos autores. Ao encaminhar(em) o produto final, o(s) autor(a)(es)(as) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG)

Nome(s) completo(s) do(a)(s) autor(a)(es)(as): Elisângela de Jesus Souza

Título do trabalho: Caracterização Físico-Química e análise da capacidade antioxidante da Maca Peruana (*Lepidium meyenii* Walp.)

2. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador) Concorda com a liberação total do documento [x] SIM [] NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(à)(s) autor(a)(es)(as) e ao(à) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo do TCCG. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro.

Obs.: Este termo deve ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por Eduardo Ramirez Asquieri, Professor do Magistério Superior, em 28/10/2021, às 10:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por ELISÂNGELA DE JESUS SOUZA, Discente, em 08/11/2021, às 10:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orcao_acesso_externo=0, informando o código verificador 2377725 e o código CRC F8058F05.

ELISÂNGELA DE JESUS SOUZA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ANÁLISE DA
CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DA MACA PERUANA (*Lepidium
meyenii* Walp.)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Farmácia.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Ramirez Asquieri

Co-orientadora: Ma. Rayssa Dias Batista

GOIÂNIA - GO

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Souza, Elisângela de Jesus
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E ANÁLISE DA
CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DA MACA PERUANA (*Lepidium
meyenii* Walp.) [manuscrito] / Elisângela de Jesus Souza, . - 2021.
23 f.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Ramirez Asquieri ; co-orientador
Rayssa Dias Batista.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade
Federal de Goiás, Faculdade Farmácia (FF), Farmácia, Goiânia,
2021.

Inclui gráfico, tabelas.

1. Antioxidante. 2. Extratos. 3. Maca Peruana. I. . II. Asquieri,
Eduardo Ramirez, orient. III. Batista, Rayssa Dias, co-orient. IV. Título.

CDU 615.1

**UFG**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
FACULDADE DE FARMÁCIA

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ao(s) vinte e dois dias do mês de outubro do ano de dois mil e vinte e um, às dez horas, iniciou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado "Caracterização Físico-Química e análise da capacidade antioxidante da Maca Peruana (*Lepidium meyenii* Walp.)", de autoria de Elisângela de Jesus Souza, do curso de Farmácia, da Faculdade de Farmácia da UFG. Os trabalhos foram instalados pelo(a) Professor Doutor Eduardo Ramirez Asquieri - orientador(a) FF/UFG com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Profa. Dra. Virgínia Farias Alves - FF/UFG e Engenheira de Bioprocessos e Biotecnologia Ma. Rayssa Dias Batista ([Universidade Federal de Goiás/Faculdade de Farmácia](#)). Após a apresentação, a banca examinadora realizou a arguição do(a) estudante. Posteriormente, de forma reservada, a Banca Examinadora atribuiu a nota final de **nove vírgula setenta e seis (9,76)**, tendo sido o TCC considerado aprovado.

Proclamados os resultados, os trabalhos foram encerrados e, para constar, lavrou-se a presente ata que segue assinada pelos Membros da Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Eduardo Ramirez Asquieri, Professor do Magistério Superior**, em 22/10/2021, às 11:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Virgínia Farias Alves, Professora do Magistério Superior**, em 22/10/2021, às 11:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **RAYSSA DIAS BATISTA, Usuário Externo**, em 22/10/2021, às 11:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2377722** e o código CRC **CF064055**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me abençoar e permitir que eu realizasse este sonho. Agradeço imensamente minha família por ser a força que me sustenta, por ser tudo de mais precioso que eu tenho nessa vida, por ser meu coração fora de mim, por sonhar meu sonho e conceder a base que precisava para que eu o realizasse. Muito obrigada por serem e fazerem por mim, muito mais que eu mereço. Não irei me estender mais, pois poderia passar dias, meses e até anos escrevendo sobre vocês que ainda não seria o suficiente. Amo vocês.

Agradeço a todos meus amigos da faculdade, sobretudo a Jordana, Larissa, Mariana e Venine que tornaram esses cinco anos mais alegres e iluminados.

Agradeço a Universidade Federal de Goiás pela oportunidade de ter sido aluna dessa instituição de excelência, que me ensinou muito além dos conhecimentos específicos do curso de Farmácia.

Agradeço a Faculdade de Farmácia por ser minha segunda casa durante estes cinco anos, onde estudei e aprendi muito, mas também me diverti, sorri, brinquei, fiz amizades que irei levar para o resto da vida e vivi momentos radiantes de felicidades que nunca serão apagados da minha memória.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Asquieri, pela oportunidade que me foi dada de desenvolver esta pesquisa em seu laboratório, uma experiência bastante positiva e que agregou bastante conhecimento em minha formação. Agradeço imensamente pela brilhante orientação, te admiro demais tanto como profissional quanto ser humano.

Agradeço também a minha co-orientadora, Ma. Rayssa Dias, por ter me ensinado tudo que eu sei das práticas do Laboratório de Química e Bioquímica de Alimentos, sem dúvida você foi uma peça fundamental para a realização deste trabalho. Tenho certeza que você tem uma carreira e um futuro brilhante te esperando. Obrigada pela recepção e por toda paciência que teve comigo, você é um ser humano de muita luz.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste projeto de vida, que é me tornar Farmacêutica pela Universidade Federal de Goiás.

RESUMO

Lepidium meyenii Walp., conhecida como Maca Peruana, é considerada um alimento funcional pelas suas propriedades físico-químicas e bioquímicas. É utilizada na medicina popular como suplemento alimentar e por apresentar diversas finalidades terapêuticas, dentre elas o combate aos radicais livres devido a sua capacidade antioxidante. O objetivo deste estudo foi realizar a caracterização físico-química da Maca Peruana, bem como estudar suas propriedades antioxidantes a partir de extratos obtidos por diferentes solventes. A Maca Peruana obtida no Mercado Central (Goiânia-GO), foi analisada em relação a sua composição proximal, que abrange umidade, cinzas, lipídios, proteínas e carboidratos. Também foi caracterizada bioquimicamente e determinado seu pH, acidez titulável total, açúcares totais, amido, compostos fenólicos (CF) e capacidade antioxidantes por meio de ensaio DPPH e ABTS⁺. Os resultados analíticos obtidos relacionados à composição proximal e demais análises físico-químicas foram valores de 7,54g ± 0,05 de umidade, 3,27g ± 0,05g de cinzas, 8,70g ± 0,28g de proteínas, 1,54g ± 0,21 de lipídios, 79g ± 0,59 de carboidratos, 4,88 ± 0,005 pH, 0,69 ± 0,02 de acidez, 32,54 % ± 1,38 açúcares totais, 18,07g ± 1,43 de sacarose e 61,19% ± 0,97 de amido. Em relação aos compostos bioativos, o extrato hidroalcoólico 60% foi o que melhor extraiu os antioxidantes da Maca peruana, apresentando 197,62 ± 1,8 mg de ácido gálico/100g de CF; 0,37 ± 0,16g da amostra/g de DPPH nos valores de EC50 e 1482,49 µM de trolox. g⁻¹ ± 0,65 por ensaio de ABTS⁺. Diante dos resultados encontrados, concluímos que a Maca peruana, apresentou boas características nutricionais, além de possuir boa capacidade antioxidante, que foi melhor observada no extrato hidroalcoólico 60%, devido á presença de compostos fenólicos.

Palavras-chave: Antioxidante; Extratos; Maca peruana.

ABSTRACT

Lepidium meyenii, also known as Peruvian Maca, is considered a functional food due to its physicochemical and biochemical properties. It is utilized in traditional medicine as a food supplement and for various therapeutic purposes, such as disarming free radicals due to its antioxidant capacity. The objective of this study was the Peruvians's Maca physicochemical characterization, as well as studying its bioactive properties regarding to its antioxidant capacity using extracts obtained with different solvents. The Peruvian Maca obtained at Mercado Central (Goiânia - GO) was analyzed for its proximate composition, which covers humidity, ashes, lipids, proteins and carbohydrates. Therefore, it was characterized

biochemically and its pH, total titratable acidity, total sugars, starch, phenolic compounds (CF) and antioxidant capacity were determined by DPPH and ABTS⁺. The analytic results obtained regarding the proximal composition and antioxidant capacity were values of 7,54g ± 0,05 the humidity, 3,27g ± 0,05g the ashes, 8,70g ± 0,28g the proteins, 1,54g ± 0,21 the lipids, 79g ± 0,59 the carbohydrates, 4,88 ± 0,005 pH, 0,69 ± 0,02 de acidity, 32,54 % ± 1,38 the total sugars, 18,07g ± 1,43 the sucrose and 61,19% ± 0,97 the starch. Regarding the amount of CF and antioxidant capacity, the hydroalcoholic extract 60% was the one that best extracted the antioxidants from Peruvian Maca, presenting 197,62 mg of gallic acid/100g ± 1,8 of FC; 0,37 g of sample/g DPPH ± 0,16 at EC50 and 1482,49 µM trolox values. g⁻¹ ± 0,65 per ABTS⁺ assay. We concluded that Peruvian Maca had good nutritional characteristics, in addition to having good antioxidant capacity, better observed in the hydroalcoholic extract 60%, due to the presence of phenolic compounds.

Keywords: Antioxidant; Extract; Peruvian Maca.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. METODOLOGIA	11
2.1. Obtenção da matéria-prima	11
2.2. Umidade e Cinzas	11
2.3. Proteínas	12
2.4. Lipídios.....	13
2.5. Carboidratos totais.....	14
2.6. Potencial Hidrogeniônico (pH) e Acidez Titulável Total (ATT).....	14
2.7. Açúcares Totais	14
2.8. Amido	15
2.9. Taninos	16
2.10. Preparação dos Extratos.....	16
2.11. Compostos fenólicos	17
2.12. Avaliação da Capacidade antioxidante.....	18
2.12.1 ABTS ⁺	18
2.12.2 DPPH.....	18
2.13. Análise estatística	19
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	19
3.1. Resultados Caracterização Físico-Química	19
3.2. Capacidade antioxidante.....	21
4. CONCLUSÃO	23
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

1. INTRODUÇÃO

Lepidium meyenii Walp., conhecida popularmente como Maca Peruana, é tubérculo pertencente à família *Brassicaceae*, planta nativa e cultivada na região central dos Andes, no Peru, e em algumas regiões é visto como suplemento alimentar e/ou até mesmo medicamento. Atualmente são conhecidos aproximadamente 13 ecótipos diferentes em seu cultivo, os quais são divididos conforme a coloração amarela, roxa, branca, cinza e preta (Gonzales, et al. 2009).

Por conter em sua composição aminoácidos, carboidratos, minerais, valor elevado de proteínas e metabólitos secundários (glucosinolatos, macamida, entre outros) que desempenham funções bioativas no organismo, a Maca Peruana é considerada um alimento funcional, ganhando destaque mundial. Somado á boa composição nutricional, a literatura atrela ao alimento diversas finalidades terapêuticas, o que despertou o interesse da população que incrementou seu uso na medicina popular (Xia et al., 2019; Castilho, 2015).

Diversos estudos experimentais realizados *in vitro* e *in vivo* evidenciam alguns dos efeitos farmacológicos da Maca. Foi observado, por meio de ensaio randomizado, duplo-cego, controlado por placebo que a adição do extrato de Maca na dieta de homens com disfunção erétil por oito semanas resultou em melhora dessa disfunção e também de outras disfunções sexuais (Ito et al., 2019).

Foi levantado a hipótese que suplementação com a Maca Peruana seria capaz de atuar prevenindo também o risco de osteoporose, neste âmbito Liu e colaboradores (2015) desenvolveram um estudo com o objetivo de isolar os componentes anti-osteoporóticos da Maca. Para isso, foi realizada uma triagem virtual para o receptor de estrogênio e também se verificou a atividade farmacológica nos osteoblastos. Dessa forma, foi descoberto que a N-benzil-palmitamida é um constituinte ativo da Maca na prevenção da osteoporose.

Yu e colaboradores (2020) propuseram avaliar os prováveis efeitos neuroprotetores e a toxicidade ocasionados pelo consumo de extrato etanólico de Maca (100 mg / kg / bw) em ratos e camundongos. Os autores chegaram à conclusão de que o extrato etanólico de Maca foi capaz de proporcionar efeitos neuroprotetores em ratos induzidos por CORT e em células PC12 induzidas por H₂O₂. Ademais, o extrato estudado não apresentou toxicidade relevante em uso crônico, tampouco quando utilizado de forma aguda.

A correlação entre capacidade antioxidante e metabólitos secundários da Maca também foram investigadas por diferentes ensaios, onde se preparou extratos de Maca utilizando

clorofórmio como solvente. Os resultados obtidos foram sugestivos de que os metabólitos secundários alcalóides e fenóis são as substâncias mais importantes para o efeito de antioxidação da Maca (Gan et al. (2017)). Sob o mesmo contexto, a capacidade antioxidante da Maca também foi estudada, fazendo o uso de diferentes metodologias, por Ai-Harbi (2019) e Santos et al. (2017).

A avaliação da capacidade antioxidante da Maca peruana tem sido amplamente estudada. Sandoval et al. (2002) avaliaram esse efeito através da inibição de peroxinitrito, 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH), utilizando extrato aquoso. A partir disso, foi demonstrado que o IC50 para DPPH do extrato aquoso foi de 0,61 mg / mL, ou seja, foi necessária baixa quantidade da matriz alimentícia para reduzir em 50% o radical sintético DPPH, o que comprova seu efeito antioxidante. Concluiu-se que o extrato atua na neutralização de radicais livres, na redução da morte celular induzida por peroxinitrito e na proteção das células contra o peróxido de hidrogênio, mantendo a produção de ATP em níveis ótimos.

Atualmente várias pesquisas têm sido desenvolvidas para quantificar e identificar diferentes compostos bioativos, bem como elucidar a funcionalidade destes, a fim de caracterizá-los e, quando possível, individualizar compostos de interesse, que podem ser empregados no enriquecimento de novos alimentos e bebidas com apelo funcional, produtos farmacêuticos e nutracêuticos (Neri-Numa et al., 2017; Da Silva et al., 2014).

Os antioxidantes podem ser extraídos empregando diversos métodos de extração, bem como fazendo uso de diferentes solventes. Na prática, o que se observa com maior frequência é uma aplicação de extração por solvente quando se pretende isolar antioxidantes naturais. É inquestionável que as propriedades dos solventes utilizados na extração, como polaridade e viscosidade, influenciam no tipo e no rendimento dos antioxidantes extraídos (Rezaie et al., 2015; Wijekoon et al., 2011). Em paralelo a isso, levando em consideração a segurança alimentar, os solventes mais adequados para a extração de compostos fenólicos, são a água, etanol e acetona (Dorta et al., 2012).

Em condições fisiológicas a relação entre os agentes pró-oxidantes e as defesas antioxidantes se mantém em equilíbrio. Entretanto, uma vez que a capacidade de produção de radicais livres supera a defesa antioxidante em um ser vivo, este pode estar mais suscetível ao aparecimento de diversas patologias, sobretudo aquelas relacionadas ao processo de envelhecimento. Diante disso, tornou-se crescente a procura por substâncias com capacidade antioxidante. (Barreiros et al., 2006).

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi determinar a caracterização físico-química da Maca Peruana, bem como estudar as propriedades bioativas da mesma no que se

refere à sua capacidade antioxidante a partir de extratos obtidos por diferentes métodos.

2. METODOLOGIA

2.1. Obtenção da matéria-prima

A Maca Peruana utilizada no experimento foi adquirida em forma de pó desidratado no Mercado Central, situado em Goiânia-GO. A amostra foi transportada em saco plástico para o laboratório de Química e Bioquímica da Faculdade de Farmácia – UFG, onde foi armazenada sob refrigeração a -18 °C.

2.2. Umidade e Cinzas

A determinação da umidade da Maca Peruana foi realizada utilizando método gravimétrico com emprego de calor. Foi pesado cerca de 10 g da amostra, em cápsula de porcelana previamente calcinada e pesada. Em seguida, a cápsula contendo a amostra foi submetida à secagem em estufa (Modelo 315 SE), regulada a 105°C, onde a princípio permaneceu por três horas. Posteriormente, a cápsula foi retirada da estufa, acondicionada em dessecador até atingir a temperatura ambiente e pesada. Por conseguinte, a cápsula foi novamente submetida à estufa, sob a mesma temperatura, por um período de uma hora. Desse modo, a cápsula foi retirada da estufa, resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e pesada. O experimento foi encerrado após observar que os pesos eram constantes. (AOAC, 2000).

Para a determinação de umidade foi utilizada a fórmula abaixo e o resultado foi expresso em porcentagem:

$$\text{Umidade (\%)} = \frac{PI - PF}{PI} \times 100$$

Onde:

PI = peso inicial da amostra úmida

PF = peso final da amostra seca.

O teor de cinzas foi determinado através da pesagem de 2 g de Maca Peruana em cadinho de porcelana, previamente calcinado e pesado. Com o auxílio de uma chapa aquecedora (FANEM Mod. 158) a amostra foi incinerada e, logo após, o cadinho foi acomodado em bico

de bunsen para a completa carbonização da amostra. A partir daí, o cadinho foi transferido para mufla (EDGCON 3P) regulada a 550°C onde permaneceu por duas horas. Posteriormente, o cadinho foi retirado da mufla e colocado em um dessecador até atingir a temperatura ambiente e, por fim, foi pesado.

A determinação de cinzas foi realizada aplicando a fórmula abaixo e o resultado foi expresso em porcentagem:

$$\text{Cinzas (\%)} = \frac{N}{P} \times 100$$

Onde:

N = g de cinzas

P = g da amostra

2.3. Proteínas

O teor de proteínas foi determinado aplicando a técnica Micro-Kjeldahl, utilizando o equipamento Tecnal TE-0363 (AOAC, 2005). A determinação de proteínas ocorreu em três etapas: digestão, destilação e titulação. Na etapa de digestão, foram pesados aproximadamente 0,5 g de Maca peruana em papel vegetal, o mesmo foi dobrado e colocado em um tubo digestor micro-Kjeldahl, onde foi adicionado 7 mL de ácido sulfúrico P.A e cerca de 2,5 g da mistura catalítica.

Posteriormente, a solução preparada foi submetida ao aquecimento em bloco digestor até atingir a temperatura de 400°C, elevando gradativamente. A solução preparada foi mantida na digestão até que a mesma apresentasse a tonalidade azul-esverdeada, indicando o final dessa etapa. Em seguida, após a solução alcançar a temperatura ambiente foi adicionado 10 mL de água destilada.

Procedendo o experimento a solução foi submetido ao processo de destilação, para tanto foi acoplado ao destilador de nitrogênio um erlenmeyer contendo 20mL de ácido bórico a 4% mais quatro gotas do indicador de peterson e o tubo digestor com a amostra, no qual foi acrescentando uma solução de NaOH a 50% (m/v) até a coloração preta. A destilação aconteceu até o momento em que não ocorreu mais reação alcalina, ou seja, após coletar 125 mL do destilado na solução de ácido bórico.

Por fim, na etapa de titulação, a solução recolhida no erlenmeyer foi titulada com a solução de HCl 0,1N até a coloração rósea persistente. Para os cálculos foi aplicada a fórmula

abaixo e o fator de conversão de 6,25 foi utilizado para transformar o nitrogênio total em teor de proteína bruta. O resultado da proteína foi expresso em porcentagem.

$$\% N = \frac{V \times N \times fc \times 0,014}{P} \times 100$$

Onde:

V = mL de HCl gasto na titulação;

N = normalidade do HCl

fc = fator de correção da solução de HCl 0,1 N;

P = peso da amostra (g)

$$\% \text{ Proteínas totais} = \% N \text{ Total} \times F$$

F = fator de conversão da relação nitrogênio/proteína

2.4. Lipídios

Para a extração dos lipídios foi utilizado o método descrito por Bligh & Dyer (1959). Para isso, foi pesado aproximadamente 3g de Maca Peruana, que foi transferida para um tubo e adicionado 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol e 8 mL de água destilada, por fim, o tubo foi colocado em homogeneizador de soluções (Phoenix Lufenco AP 28) por trinta minutos. Em seguida, foi acrescentado 10 mL de clorofórmio e 10 mL de solução de sulfato de sódio 1,5%. Para haver a separação das fases, os tubos foram agitados e deixados em repouso por vinte e quatro horas. O sobrenadante foi então desprezado e o clorofórmio, solvente de interesse, presente na camada inferior da solução, foi recuperado após filtração em papel filtro, juntamente com 1g de sulfato de sódio. Após esse processo, foi transferido para um béquer 5 mL do filtrado. Em seguida, o solvente foi evaporado em estufa regulada a 105°C, esfriou-se em dessecador e foi pesado.

Para realizar os cálculos foi utilizado a fórmula abaixo. O teor de lipídios da amostra foi expresso em porcentagem.

$$\% \text{ lipídios totais} = \frac{\text{peso dos lipídios (g)} \times 4}{\text{peso da amostra (g)}} \times 100$$

2.5. Carboidratos totais

Os carboidratos totais foram calculados por diferença, onde se subtraiu de cem por cento os valores obtidos de umidade, de proteínas, de lipídios, de resíduo mineral fixo (cinzas) (AOAC, 1997).

2.6. Potencial hidrogeniônico (pH) e Acidez Titulável (AT)

Para a determinação do pH da amostra, preparou-se em béquer uma solução contendo 50 mL de água destilada juntamente com 5 g de Maca peruana. Para completa homogeneização, agitou-se em agitador magnético (78HW-1) durante trinta minutos. Em seguida, a solução foi filtrada em tela de nylon e com o auxílio de um Potenciômetro digital (microNal B474), previamente calibrado com soluções tampões de pH 7,0 e 4,0, as leituras do pH da amostra foram realizadas (AOAC 2005).

Para a determinação de acidez titulável foi empregado o método de acidez titulável, onde foi adicionado cerca de 10 g de Maca Peruana em 100 mL de água destilada, o Erlenmeyer foi agitado manualmente de dez em dez minutos durante uma hora. Em seguida, a solução foi filtrada, transferido 50 mL para um novo Erlenmeyer e adicionou-se 1 mL de fenolftaleína. Por fim, a solução foi titulada com hidróxido de sódio a 0,1N até a coloração rósea persistente (Tellos et al., 2018).

O cálculo para determinação da acidez titulável foi elaborado aplicando a fórmula abaixo e o resultado foi expresso em percentual de ácido sulfúrico:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{Eq \times n \times N}{10 \times V}$$

Onde:

Eq = Equivalente grama do ácido sulfúrico

n = Volume de NaOH gasto na titulação

N = Normalidade da solução de NaOH

V = Volume em mL da solução

2.7. Açúcares Totais

Para análise de açúcares totais inicialmente foram determinados os açúcares redutores e a

sacarose. Para análise dos açúcares redutores, fez-se uso da metodologia proposta por Miller (1959). Inicialmente, cerca de 1 g de Maca peruana, foi diluída em 200 mL de água destilada, posteriormente foi pipetado 67 mL da solução inicial, completou até o volume de 100 mL com água destilada e esta solução foi filtrada em papel filtro. A partir de então, foram pipetadas alíquotas de 0,3 - 0,5 - 0,8 e 1,0 mL da solução juntamente com 2,0 mL de ácido 3,5-dinitrosalicílico (ADNS) e 1,9 - 1,7 - 1,4- 1,2 mL de água destilada, respectivamente. Os tubos foram agitados em agitador de tubos (Phoenix ALFA AP56) e, com intuito de promover a reação do reagente ADNS, os tubos foram submetidos a aquecimento em água fervente por 6 minutos. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro (biospectro SP-220) regulado a 540 nm. A curva padrão foi construída a partir de uma solução de glicose (54 mg de glicose em 100 mL de água destilada). O branco utilizado para zerar o espectro continha 2,2 mL de água destilada e 2,0mL de ADNS.

Para a determinação de sacarose foi diluído cerca de 1 g de Maca peruana em 100 mL de água destilada. Após essa etapa, pipetou-se 17 mL da solução inicial e foi acrescentado 3,4 mL de HCl. A fim de promover a quebra da sacarose, acomodou-se o erlenmeyer contendo a solução recém preparada em banho maria a 60°C por 10 minutos e passado esse tempo a solução foi resfriada em água corrente. Em seguida, a solução foi neutralizada com 6,8 mL de NaOH, o volume foi completado para 100 mL e por fim a solução foi filtrada. A análise foi realizada seguindo a mesma metodologia descrita na análise de açúcares redutores.

Para a realização dos cálculos de açúcares redutores, primeiramente, calculou-se a tomada de ensaio e, a partir disso, foi calculado a média dos dois tubos cujas absorbâncias mais se aproximaram do centro da curva padrão. Em seguida, foi feita a substituição dos valores das absorbâncias de cada um dos dois tubos escolhidos no Y da equação da reta e para o resultado final foi calculado a quantidade (mg) de açúcar em 100 mg de Maca Peruana, assim sendo, o resultado foi expresso em porcentagem.

Para a realização dos cálculos de sacarose foi seguido os mesmos cálculos executados para a determinação de açúcares redutores, com posterior aplicação da fórmula abaixo:

$$(\% \text{sacarose} = \% \text{ com hidrólise} - \% \text{ sem hidrólise}) * 0,95$$

Para a determinação de açúcares totais realizou-se a somatória da porcentagem de açúcares redutores e sacarose.

2.8. Amido

O conteúdo de amido foi determinado por digestão ácida em microondas. Para o

experimento, foi pesado em Erlenmeyer aproximadamente 1 g de Maca Peruana, onde foi acrescido 50 mL de HCl 1M. A fim de promover a quebra do amido em açúcar, foi colocado um béquer, com um pouco de água no fundo, contendo o erlenmeyer em microondas regulado em potência máxima por 20 minutos. Após esse tempo, foi acrescentado 3 gotas de fenolftaleína e titulado com NaOH a 10% até coloração rósea, indicando neutralização e, desse modo, o final da titulação. Logo após, o conteúdo do Erlenmeyer foi transferido para um balão volumétrico de 250 mL onde completou-se o volume com água destilada e, por fim, o teor de açúcar foi determinado pelo método de ADNS descrito no item 2.7 (Cereda, 2004). Os resultados foram expressos em porcentagem.

2.9. Taninos

O teor de taninos foi analisado pelo método espectrofotométrico utilizando o reagente Folin-Denis. Em chapa aquecedora (HOTLAB II), aqueceu-se, em béquer, 70 mL de água destilada. Após atingir a temperatura de 80 °C, o béquer foi retirado da chapa aquecedora, foi adicionado 2,5 g de Maca peruana e colocado um vidro relógio sobre o béquer, mantendo em infusão por 5 minutos com agitação constante. Em seguida, a solução foi transferida para balão volumétrico, onde teve seu volume ajustado para 100 mL com água destilada. Desta solução inicial, foi pipetado 40 mL posteriormente transferido para um novo balão volumétrico e completado com água destilada para 100 mL. A partir desse ponto, em tubos de ensaios foram pipetadas alíquotas de 8,3 - 8,1 - 7,9 - 7,5 mL de água destilada juntamente com alíquotas de 0,2 - 0,4 - 0,6 - 0,8 - 1,0 mL de amostra, além de 0,5 mL de reagente de Folin-Denis e 1,0 mL de solução de carbonato de sódio 25%, os tubos foram então agitados e deixados em repouso por trinta minutos. A leitura das absorbâncias foi realizada em espectro regulado a 760nm (Swain; 1959).

Para a realização dos cálculos de taninos, primeiramente, foi calculada a tomada de ensaio e, a partir disso, calculou-se a média dos dois tubos cujas absorbâncias mais se aproximaram do centro da curva padrão, realizando a substituição dos valores das absorbâncias de cada um dos dois tubos escolhidos no Y da equação da reta. Para o resultado final foi calculada a quantidade (mg) de taninos em 100 mg de Maca Peruana, assim sendo, o resultado foi expresso em porcentagem.

2.10. Preparação dos Extratos

Para avaliação da capacidade antioxidante e de compostos fenólicos da Maca Peruana foram preparados 5 extratos: extrato etéreo, extrato alcoólico, extrato aquoso, extrato metanol:acetona:água (metanol 50%: acetona 70%: água destilada) e extrato hidroalcoólico (etanol 60%(v/v)).

O primeiro extrato a ser preparado foi o etéreo. Para essa preparação, pesou-se 2,5 g de amostra em um béquer, acrescentou-se éter etílico em proporção de 1:20 e foi deixado em agitação por 1 hora à temperatura ambiente. Após esse período, o extrato foi filtrado e teve seu volume final ajustado para 50 mL. O resíduo recuperado da filtração do extrato etéreo foi seco em estufa (Modelo 315 SE) regulada a 35°C por 2 horas e aproveitado para a obtenção dos outros extratos seguindo o mesmo processo, no entanto, dessa vez foi utilizado álcool etílico para obtenção do extrato alcoólico e água destilada para o extrato aquoso (Zielinski; Kozłowska, 2000, com modificações).

Para a preparação do extrato metanol 50% - acetona 70%, foi pesado, aproximadamente, 2 g de amostra, adicionou-se 40 mL de metanol 50% e deixou-se em repouso por uma hora. A solução foi submetida a centrifugação a 10000 rpm por quinze minutos e após esse processo, o sobrenadante foi recolhido e transferido para um balão volumétrico de 100 mL. Em seguida, transferiu-se o resíduo para o béquer, onde 40 mL de acetona 70% foi adicionada e realizado o mesmo procedimento. O sobrenadante foi acrescido no mesmo balão anteriormente utilizado e o volume final de 100 mL foi ajustado com água destilada (Rufino et al., 2010).

Por fim, o extrato hidroalcoólico (etanol 60%(v/v)) foi preparado adicionando 2,5 g de Maca peruana em 40 mL de etanol 60% e deixado em agitação por uma hora. Após esse período, o extrato foi filtrado e teve seu volume final ajustado para 50 mL com a solução extratora inicialmente utilizada.

A preparação de todos os extratos ocorreu protegendo os mesmos da exposição à luz, pelo fato de apresentarem características fotossensíveis. Após a obtenção dos extratos, os mesmos foram acondicionados em frascos âmbar e armazenados sob refrigeração a -18 °C.

2.11. Compostos fenólicos

O conteúdo de fenólicos totais (CFT) foi analisado pelo método espectrofotométrico utilizando o reagente Folin-Ciocalteu (Zielinski; Kozłowska, 2000). Para o experimento, foram adicionados em tubos de ensaios previamente identificados, 6,0 mL de água destilada, 2,0 mL de extrato e 1,0 mL de folin e 1,0 mL de carbonato de sódio, agitou-se e deixou-se em repouso por trinta minutos. A leitura foi realizada em espectro a 700 nm, previamente

calibrado com o branco e uma curva padrão com ácido gálico foi obtida. Os cálculos foram realizados com auxílio do Excel 2016 e os resultados foram expressos em mg de EAG (equivalente de ácido gálico) por 100 g da amostra (mg EAG/100g).

2.12. Avaliação da Capacidade antioxidante

2.12.1 ABTS⁺

A determinação da capacidade antioxidante pelo método ABTS⁺ (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) foi realizada de acordo com metodologia proposta por Rufino et al. (2010). 30 µL dos extratos em diferentes diluições foram colocados para reagir com 3,0 mL do radical ABTS⁺ por 6 minutos em ambiente escuro. Em seguida, as absorvâncias foram lidas em espectrofotômetro (biospectro SP-220) regulado a 734 nm e zerado com branco (álcool etílico). A curva padrão de ABTS⁺ foi construída com concentrações de 100, 500, 1.000, 1.500 e 2000µM de Trolox, e as absorvâncias foram lidas. Os cálculos foram realizados com o auxílio do Excel 2016 e os resultados expressos em µmol de equivalentes de Trolox por grama de amostra.

2.12.2 DPPH

A capacidade de eliminação de radicais livres de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), foi estimada empregando o método proposto por Brand - Williams et al., (1995) adaptado por Rufino et al. (2007). Em tubos de ensaios, foram colocados 0,1 mL dos extratos em diferentes concentrações juntamente com 3,9 mL da solução radical DPPH (0,06mM). As absorvâncias foram monitoradas em espectro (biospectro SP-220) regulado a 515 nm zerado com branco (álcool metílico). As leituras das absorvâncias foram realizadas e anotadas até a estabilização ou até um período de 4 horas, para as diluições que não atingiram a completa estabilização. Uma solução controle foi preparada utilizando 3,9 mL da solução radical DPPH + 0,1 mL da solução extratora de cada extrato correspondente. A curva padrão de DPPH foi construída com concentrações de 10µM a 60µM e as absorvâncias foram lidas. Os cálculos foram realizados com auxílio do Excel 2016 e os resultados expressos em EC50 (g alimento/g DPPH).

2.13. Análise estatística

Com o intuito de tornar menor a margem de erro e atingir um resultado mais confiável, para determinação de umidade, cinzas, pH, acidez titulável total, proteínas e lipídios, os experimentos foram realizados em triplicatas e os demais experimentos foram realizados em três repetições e em triplicada. Todos os dados foram expressos em média \pm desvio padrão calculados com auxílio do Excel (2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Resultados Caracterização Físico-Química

Os componentes químicos e físicos da Maca Peruana em pó e desidratada estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1. Caracterização físico-química da Maca peruana (*Lepidium meyenii* Walp.) em pó desidratado.

Componente (%)	Média \pm desvio padrão*
Maca Peruana por 100g da porção comestível	
Umidade	7,54 \pm 0.05
Cinzas	3,27 \pm 0.05
Proteínas	8,70 \pm 0.28
Lipídeos	1,54 \pm 0.21
Carboidratos totais	79,0 \pm 0,59
pH	4,88 \pm 0,004
Acidez Titulável	0,69 \pm 0,02
Amido	61,19 \pm 0,97
Taninos	1,03 \pm 0,09
Sacarose	18,07 \pm 1,43
Açúcares Totais	32,54 \pm 1,38

*Valores correspondentes a média e desvio padrão de três repetições.

Observa-se que os valores encontrados para umidade (7,54%) são próximos aos valores obtidos por Liu et al. (2017) e Dini et al. (2002) de 7,1% e 10,4%, respectivamente. A determinação de umidade é um parâmetro importante para prevenir alteração na qualidade do alimento durante o armazenamento, que podem ser causadas pela proliferação de

microrganismos e atividade enzimática (Cogliatti, et al. 2014). Quanto ao teor de resíduo mineral fixo (cinzas), os resultados encontrados (3,27%) se aproximaram dos valores informados por Valentová et al. (2008), de 5%.

No que se refere aos teores de proteínas bruta (8,70%) e lipídios (1,54%) encontrados, ambos os parâmetros se apresentam em conformidade com valores descritos por Liu et al. (2017), 13,42% e 1,42% e por Chen et al. (2017), 9,56% e 0,88%, respectivamente. Quanto aos teores de carboidratos, os resultados obtidos (79%) coincidem com os valores encontrados por Rondán-Sanabria et al. (2009), de 72,78%.

O potencial hidrogeniônico (pH) e a acidez são parâmetros importantes, uma vez que estabelecem associação direta com o controle de qualidade de alimentos, no que diz respeito à contaminação microbiológica. Considerando o fato de o pH se apresentar na faixa de 4,88 e umidade abaixo de 15%, espera-se que o alimento analisado tenha uma baixa susceptibilidade para proliferação de microorganismos (Cecchi, 1999).

Quanto ao pH, os resultados obtidos corroboram com os de Gonzales et al. (2017), que avaliaram o pH de extratos aquosos de Maca e encontraram valores que variaram de 5,8 a 6,3. Os valores de pH (4,88) e acidez titulável (0,69) se encontram de acordo com Tello et al. (2018), que avaliaram três diferentes ecótipos de Maca, e encontraram valores de pH e acidez titulável que variaram 5,43 a 5,69 e 0,36 a 0,40, respectivamente.

O conteúdo de amido da Maca também foi determinado e obtido o valor de 61 %, valor esse que se apresentou abaixo do encontrado por Rondán-Sanabria et al. (2009) de 87,83%. No entanto, essa diferença já era esperada, visto que, no trabalho citado, os autores realizaram a extração do amido empregando o método descrito por Singh e Singh (2001) com ligeiras modificações, obtendo o valor de amido isolado, diferentemente do presente estudo onde se determinou o teor amido na presença de outros componentes do alimento e não apenas amido isolado.

Em relação ao teor de taninos, Palma et al. (2012) desenvolveram um estudo sobre as características fitoquímicas da Maca e identificaram qualitativamente a presença de taninos na amostra. No entanto, devido à escassez de dados na literatura, não foi possível identificar o teor de taninos declarado por outros autores para comparação com o teor de taninos obtidos nesta pesquisa, de 1,03%.

O teor de sacarose quantificado neste estudo (18,7%) se apresentou semelhante ao teor informado por Valentová et al. (2008), de 23,4%. Em contrapartida, os teores para açúcares totais (32,54%) foram desconformes quando comparado com Rondán-Sanabria et al. (2009),

que determinaram os açúcares totais em raízes de Maca e encontraram valores de 18,87%. Contudo, essa diferença pode ser ocasionada por diversos fatores, tais como pH da amostra, tempo/ condições de armazenamento, e, sobretudo, à hidrólise do amido em açúcar, que ocorre, principalmente, quando a amostra é armazenada sob refrigeração, onde observa-se aumento nas atividades de enzimas que promovem a degradação de amido, resultando em aumento do teor de açúcares totais (Bacarin et al., 2005).

Vale ressaltar, que o alimento utilizado neste trabalho não foi obtido na sua forma *in natura*, e sim em forma de pó desidratado, portanto, não foi possível identificar de que modo foi realizado seu processo de trituração e secagem, o que pode ter influenciado nos resultados de alguns parâmetros analisados.

3.2. Capacidade antioxidante

Os ensaios de capacidade antioxidante por diferentes métodos podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Avaliação da capacidade antioxidante da Maca peruana (*Lepidium meyenii* Walp.) em extratos.

Maca peruana			
Extrato	DPPH (EC50 g de fruta/g de DPPH)	ABTS (uM de Trolox/g de fruta)	CF* (mgEAG/100g ⁻¹)
Etéreo	2,31±0,30	41,2±0,71	20,26±1,21
Alcoólico	6,91± 0,77	189,97±1,22	79,80±1,95
Aquoso	0,5 ± 0,14	1189,43±6,50	125,51±1,71
MMA**	0,55±0,08	1404,50±3,72	154,91±1,13
Hidroalcoólico	0,37±0,16	1482,49 ±0,65	197,62±1,81

Resultados correspondem a médias ± desvio padrão de três repetições. *Compostos fenólicos. **Metanol50% : acetona 70% : água destilada.

Observa-se que a eficiência na extração dos compostos antioxidantes da Maca foi maior no Extrato hidroalcoólico 60%, independentemente do ensaio aplicado, seguido pelo extrato metanol 50%: acetona 70%: água destilada, no ensaio de ABTS⁺. Quanto à extração de compostos antioxidantes, era esperado que as misturas binárias e ternárias fossem de fato mais eficientes para este fim, uma vez que essas misturas culminam em uma variação de

polaridade capaz de extrair compostos fenólicos de diferentes graus de polaridade (Garcia-Salas et al. 2010).

É válido salientar, que quanto maior o valor encontrado no método de ABTS⁺ maior é a capacidade antioxidante do alimento e este método também possui uma tendência de avaliar melhor compostos de caráter lipofílico e hidrofílico (Silva et al., 2018).

Rodríguez-Huamán et al. (2017) analisando a capacidade antioxidante da Maca pelo método de ABTS⁺ encontraram valores de 2262,37 e 1305,36 uM de Trolox/g de fruta para os extratos metanólico e aquoso, respectivamente. Observa-se que os valores para o extrato aquoso se aproximam dos valores encontrados, que foram de 1189,43 uM de Trolox/g de alimento.

Contudo, os valores para extrato metanólico são discrepantes. Isso pode ser explicado pelo fato de que o extrato metanólico, no estudo citado, foi produzido a partir de folhas pulverizadas enquanto que a maca utilizada no presente estudo pode ter sido advinda das raízes da Maca, o que pode ter contribuído para a diferença observada. Ademais, diferentes procedimentos no processo de obtenção dos extratos, cultivo, bem como fatores ambientais podem ter contribuído para essa diferença (Heim, et al. 2002).

Por outro lado, a exibição de maiores valores de EC50, pelo método de DPPH, estão relacionados com menor capacidade antioxidante do alimento, além de apresentar maior eficiência quando os compostos são mais solúveis em solventes orgânicos. A partir disso, pode-se interpretar que a matriz alimentícia estudada apresentou uma capacidade antioxidante notável, devido ao baixo conteúdo de Maca peruana necessária para reduzir 50% do radical DPPH (Silva et al., 2018).

Em relação aos compostos fenólicos, Yábar et al., 2019 determinaram o teor de compostos fenólicos totais em diferentes ecótipos de Maca, onde foram obtidos valores que variaram de 171,60 a 225,05 mg EAG/100 g⁻¹, desse modo, observa-se uma proximidade aos valores encontrados, de 20,26 a 197,62 mg EAG/100 g⁻¹.

Sob outra perspectiva, Tello et al. (2018) que também avaliaram os compostos fenólicos de diferentes ecótipos de Maca, foram encontrados valores de 278 a 364 mg EAG/100 g⁻¹ em diferentes extratos, estes valores se apresentaram um pouco maiores aos obtidos, de 20,26 a 197,62 mg EAG/100 g⁻¹. Essa discrepância pode estar relacionada ao diferente procedimento de obtenção do extrato e até mesmo dos solventes utilizados, tendo em vista que a eficiência da extração dos antioxidantes está diretamente relacionada aos solventes utilizados, bem como das condições da matéria-prima (Rezaie et al., 2015; Wijekoon et al., 2011).

4. CONCLUSÃO

Neste estudo, a caracterização físico-química e a capacidade antioxidante da Maca peruana foram avaliadas. A matriz alimentícia utilizada na pesquisa apresentou boas propriedades nutricionais, além de valor elevado de proteína em sua composição.

Diante do comportamento observado nos ensaios de avaliação da capacidade antioxidante, conclui-se que a Maca peruana apresentou capacidade antioxidante, e, em paralelo a isso, pode-se concluir que a escolha do solvente para extração dos compostos antioxidantes exerce papel fundamental. Do mesmo modo, foi observado que o extrato hidroalcoólico 60% foi o que melhor extraiu os antioxidantes do alimento estudado. Futuras pesquisas acerca do uso da Maca como enriquecedor alimentar são de grande valia.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ai-Harbi, F.K. (2019). Antioxidant effect of *Lepidium meyenii* (Maca) root on testis and spinal cord tissues of avian influenza virus-infected chicken embryo. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 10, (1), 612-618.
- Association of Official Analytical Chemists – AOAC. (2005). Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. (18 th ed.). Gaithersburg.
- Association of Official Analytical Chemists – AOAC. (2000) Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. (17 th ed.). Gaithersburg.
- Association of Official Analytical Chemists – AOAC. (1997). Official methods of analysis of the Association Analytical Chemists. (16 th ed.). Gaithersburg.
- Bacarin, M.A.; Ferreira, L.S.; Deuner, S.; Bervald, C.M.P.; Zanatta, E.R.; Lopes, N.F. (2005) Carboidratos não estruturais em tubérculos de batata recondicionados após o armazenamento sob diferentes temperaturas. *Horticultura Brasileira*, 23, (3), 799-804.
- Barreiros. A.L.B.S; David, J.M. (2006) Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. *Química Nova*, 29, 113-123.
- Bligh, E.G.; Dyer, W.J.; Can. J. A rapid method of total lipid extraction and purification (1959) *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, (8), 911-917.
- Brand- Williams, W.; Cuvelier, M.E.; Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 28, (1), 25-30.
- Castilho, E. B. (2015). Estrategias de comercialización Maca hacia el mercado de Canadá. *San Martín Emprendedor*, 6, (1), 22-32.

Cereda, M. P.; Daiuto E. R.; Vilpoux, O. (2004) Metodologia de determinação de amido digestão ácida em microondas; *Revista Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca (ABAM)*, 2, (8), 29

Cecchi, H. M. (1999). Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos: Unicamp.

Chen L.; Li J.; Fan L. (2017). The nutritional composition of maca in hypocotyls (*Lepidium meyenii* walp.) cultivated in different regions of China. *Journal of Food Quality*, 2017

Cogliatti, M.; Bodega, J.; Dalfonso, C. (2014). El cultivo de alpiste. Tandil: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, . (1 th ed.)

Da Silva, L. M. R.; Figueiredo, E. A. T.; Ricardo, N. M. P. S.; Vieira, I. G. P.; Figueiredo, R. W.; Brasil, I. M.; Gomes, C. L. (2014). Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 143, 398-404.

Dini, I.; Tenore, G.C.; Dini, A. (2002). Glucosinolates from maca (*Lepidium meyenii*). *Biochemical Systematics and Ecology*, 30, (11), 1087-1090.

Dorta, E.; Lobo, M.G.; Gonzalez, M. (2012). Reutilization of mango byproducts: Study of the effect of extraction solvent and temperature on their antioxidant properties. *Journal of Food Science*, 77, (1), 80-88.

Gan, J., Feng, Y., He Z., Li X., Zhang H. (2017). Correlations between antioxidant activity, alkaloids and phenols of maca (*Lepidium meyenii*). *Journal of Food Quality*, 2017, 1-11.

Garcia-Salas P., Morales-Soto A., Segura-Carretero A., Fernández-Gutiérrez A. (2010). Phenolic-compound-extraction systems for fruit and vegetable samples. *Molecules*, 15, (12), 8813 - 8826.

Gonzales, G.F., Sanchez-Salazar, L. (2017) Aqueous extract of yellow maca (*Lepidium meyenii*) improves sperm count in experimental animals but response depends on hypocotyl size, pH and routes of administration. *International Journal of Andrology*, 50, (3), 1-9.

Gonzales C.; Rubio J.; Gasco, M.; Nieto J.; Yucra. S; Gonzales, G., (2006). Effect of short-term and long-term treatments with three ecotypes of *Lepidium meyenii* (MACA) on spermatogenesis in rats. *Journal Ethnopharmacology*. 103, (3), 448-454.

Heim, K. E., Tagliaferro, A. R., & Bobilya, D. J. (2002). Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of nutritional biochemistry*, 13, (10), 572-584.

Ito M, Morii H, Kosaka T, Shizume M. (2019). Beneficial effects of maca (*Lepidium meyenii*) extract-containing diet on sexual dysfunction particularly erectile dysfunction (ED) and related health conditions in middle-aged and older men with mild to moderate ED. *Japanese Pharmacology Therapeutics*, 47, (9), 1483-1495.

Li J.; Chen L.; Li J.; Duan Z.; Zhu S.; Fan L. (2017). The composition analysis of maca

(*Lepidium meyenii* Walp.) from xinjiang and its antifatigue activity. *Journal of Food Quality*, 2017.

Liu H.; Jin W.; Fu C.; Dai P.; Yu Y., et al. (2015). Discovering anti-osteoporosis constituents of maca (*Lepidium meyenii*) by combined virtual screening and activity verification. *Food Research International*, 77, 215-220.

Miller, G. L. (1959), Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical chemistry*, 31, (3), 426-428

Neri-Numa, I. A.; Sancho, R. A. S.; Pereira, A. P. A.; Pastone, G. M. (2017) Small Brazilian wild fruits: Nutrients, bioactive compounds, health-promotion properties and commercial interest. *Food Research International*, 103, 345-360.

Palma, E.; Prado, C.; Loja, B.; Salazar, A. (2012). “Características fitoquímicas de muestras comerciales de Maca en tres regiones de Perú.”. *Ciencia e Investigación Médica Estudiantil Latinoamericana*. 17, (2), 89–93.

Rezaie, M.; Farhoosh, R.; Iranshahi, M.; Sharif, A.; Golmohamadzadeh, S. (2015) Ultrasonic-assisted extraction of antioxidative compounds from Bene (*Pistacia atlantica* subsp. *mutica*) hull using various solvents of different physicochemical properties. *Food Chemistry*, 173, 577-583.

Rodríguez, H.; Gonzales, S.C.; Chávez, P.J.A.; Gonzales, A.C.; Cisneros, F. R.; Aguilar, M.L.A.; Gonzales, G.F. (2017). 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*, 27, (4), 279-285.

Rondán-Sanabria G.G.; Finardi-Filho, F. (2009) Physical–chemical and functional properties of maca root starch (*Lepidium meyenii* Walpers), *Food Chemistry*, 114, (2), 492-498.

Rufino, M. D. S. M.; Alves, R. E.; De Brito, E. S.; Morais, S. M.; Sampaio, C. D. G.; Pérez-Jimenez, J.; Saura-Calixto, F. D. (2007) Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E). Comunicado técnico 127.

Rufino, M. D. S. M.; Alves, R. E.; De Brito, E. S.; Morais, S. M.; Sampaio, C. D. G.; Pérez-Jimenez, J.; Saura-Calixto, F. D. (2010) Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS⁺. Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E). Comunidade tecnico 128.

Sandoval, M., Okuhama, N. N., Angeles, F. M., Melchor, V. V., Condezo, L. A., Lao, J., & Miller, M. J. S. (2002). Antioxidant activity of the cruciferous vegetable Maca (*Lepidium meyenii*). *Food Chemistry*. 79, (2), 207–213.

Santos, J.T., Borja, A.N., Cunza, S.S. (2017) *In vitro* antioxidant capacity of traditional

prepared black maca (*Lepidium meyenii*). *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83, (1), 40-51.

Silva, J. S.; Damiani, C.; Silva, E. P.; Ruffi, C. R. G.; Asquiere, E. R.; Boas, V., & de Barros; E. V. (2018). Effect of marolo (*Annona crassiflora* Mart.) pulp flour addition in food bars. *Journal of Food Quality*, 2018, 1-12

Singh, J., & Singh, N. (2001). Studies on the morphological, thermal and rheological properties of starch separated from some Indian potato cultivars. *Food Chemistry*, 75, 67-77.

Swain, T.; Hillis, W.E., (1959) The Phenolic Constituents of *Prunus domestica*. I. — The Quantitative Analysis of Phenolic Constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10, (1), 63-68

Tello S. R.; Porras, M. A. L.O. (2018). Influencia de tres ecotipos en la capacidad antioxidante y compuestos fenólicos de harina instantánea de maca (*Lepidium meyenii* Walp). *Prospectiva Universitaria*, 15, (1), 69-77.

Valentová, k.; Stejskal, D.; Bartek, J.; Dvorácková, S.; Kren, V.; Ulrichová, J.; Simánek, V. (2008). Maca (*Lepidium meyenii*) and yacon (*Smallanthus sonchifolius*) in combination with silymarin as food supplements: In vivo safety assessment. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 1006–1013.

Wijekoon, M.M.J.O; Bhat, R; Karim, A.A. (2011) Effect of extraction solvents on the phenolic compounds and antioxidant activities of bunga kantan (*Etilingera elatior* Jack.) inflorescence *Journal of Food Composition and Analysis*, 24, (5), 615-619.

Xia C.; Deng. J.; Chen J.; Zhu Y.; Canção Y.; Zhang Y.; Li H.; Lin, C. (2019). Simultaneous determination of macaenes and macamidés in maca using an HPLC method and analysis using a chemometric method (HCA) to distinguish maca origin. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 29, (6), 702-709.

Yábar, E.; Chirinos, R.; Campos, D. (2019). Phenolic compounds and antioxidant capacity in three maca (*Lepidium meyenii* Walp.) ecotypes during pre-harvest, harvest and natural post-harvest drying. *Scientia Agropecuaria*, 10, (1), 85-97.

Yu Z.; Jin W.; Dong X.; Ao M.; Liu H., Yu L.,(2020). Safety evaluation and protective effects of ethanolic extract from maca (*Lepidium meyenii* Walp.) against corticosterone and H2 O2 induced neurotoxicity. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 111, 104570.

Zieliński, H., & Kozłowska, H. (2000). Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, (6), 2008-2016.