

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ALIMENTOS
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS

Isabela de Souza Celloni

Caracterização centesimal e espectral da Maca Peruana (*Lepidium meyenii* Walp)

Trabalho de Conclusão de Curso

Campo Mourão
2014

Isabela de Souza Celloni

Caracterização centesimal e espectral da Maca Peruana (*Lepidium meyenii* Walp)

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado a disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão, para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Março

Co-orientador: Prof. Dr. Augusto Tanamati

Campo Mourão

2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Coordenação dos Cursos de Tecnologia e Engenharia de
Alimentos



TERMO DE APROVAÇÃO

“Caracterização centesimal e espectral da Maca Peruana (*Lepidium meyenii* Walp)”

por

ISABELA DE SOUZA CELLONI

Este trabalho de conclusão de curso (TCC) foi apresentado em 12 de agosto de 2014 como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Tecnologia em Alimentos. A candidata foi arguida pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Paulo Henrique Março
Orientador

Profa. Dra. Ailey Aparecida Coelho Tanamati
Membro Titular

Profa. Dra. Adriana Aparecida Droval
Membro Titular

Dedicatória

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por me dar o dom da sabedoria e por sempre estar presente comigo.

Em segundo dedico a minha avó Izabel Cerezini de Souza (*in memoriam*) por estar comigo em todos os momentos da minha vida.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por me ajudar a passar por todos os momentos fáceis e difíceis da minha vida e principalmente da jornada acadêmica, me mostrando sempre o caminho a ser seguido.

Aos meus pais, Aurenice de Souza Celloni e Reginaldo Celloni, meus irmãos Marcelo de Souza Celloni e Juliana Souza Celloni, pelo apoio incondicional e a toda a minha família pelo amor e carinho.

Ao meu namorado, Marcos Fernando Saturnino de Sá, pelo amor, carinho, dedicação, paciência e por ter me apoiado todos os dias a continuar e hoje estar concluindo este curso.

Meus colegas Camila Carolina Veiga, Tiago Faquineti de Aragão, Thaynara Ferrari, Wallace José Maia, Francielli Cainelli, Dandara Carlessi, Daniele Semtchuk, Anderson Clayton, Giseli Pante, Pollyana Albertini, João Paulo Favoretto, Luana Caroline que estiveram presentes durante toda a etapa universitária nos momentos de alegria, tristeza e dificuldades tive o apoio e ajuda.

Agradeço ao meu professor orientador Dr. Paulo Henrique Março, por me dar a oportunidade de trabalhar nesse projeto e pela confiança a mim concedida e também ao professor Dr. Augusto Tanamati pela ajuda prestada na execução de alguns procedimentos analíticos.

Agradeço também a todos os professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por todos os ensinamentos durante o curso.

“A lei da mente é implacável. O que você pensa, você cria; o que você sente, você atrai; o que você acredita, torna-se realidade”.

Buda

Resumo

CELLONI, Isabela de Souza. Caracterização centesimal e espectral da Maca Peruana (*Lepidium meyenii Walp*). 2014. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

A entrada de novos alimentos na dieta alimentar dos brasileiros vem acontecendo de forma brusca e com pouca fundamentação com relação a informações referentes a composição destes. A Maca Peruana (*Lepidium meyenii Walp*), bastante consumida nas regiões dos Andes do Peru, Bolívia, Equador e Venezuela, é um dos alimentos que vem ganhando destaque no mercado nacional, principalmente por apelos referentes a fertilidade e diminuição de apetite. Porém, existe pouca informação referente a composição deste produto. Além disso, os métodos analíticos utilizados para a avaliação qualitativa e quantitativa seguem sendo os mesmos utilizados à muito tempo, mesmo que já seja possível avaliar muitas amostras contendo diversas variáveis. Desta forma, este trabalho teve como objetivo explorar diferentes marcas de Maca Peruana comercializadas na cidade de Campo Mourão. O estudo foi realizado enfocando-se a disponibilização de informações sobre o teor de proteínas, umidade, cinzas, carboidratos, além de medidas de coloração de acordo com o método CIE, medidas espectrais nas regiões ultravioleta, visível e infravermelha (médio) do espectro eletromagnético. Para comparar as amostras, foram aplicados métodos quimiométricos para o processamento e classificação dos dados.

Palavras-Chave: Novos Métodos de Análise, Qualidade, Espectroquímica.

Abstract

CELLONI, Isabela de Souza. Proximate analysis and spectral characterization of Maca Peruana (*Lepidium meyenii Walp*). 2014. 38 f. Research of Graduation Conclusion (Food Technology) – Technological Federal University of Paraná. Campo Mourão, 2014.

The entry of new foods in the diet of Brazilians has happened abruptly and with little reasoning with respect to information regarding on their composition. Peruvian Maca (*Lepidium meyenii Walp*), widely consumed in the Andes of Peru, Bolivia, Ecuador and Venezuela, is one of the foods that is gaining prominence in the Brazilian market, mainly supported on appeals concerning on human fertility increase and decreased appetite. However, there is little information regarding on its composition. In addition, the same analytical methods for qualitative and quantitative assessment have being used since decades ago, even if today's possibilities to evaluate samples containing many different variables. Thus, this study aimed to explore different brands of Peruvian Maca marketed in Campo Mourao city. The study was conducted focusing on providing information about the quantity of protein, moisture, ash, carbohydrate, and measures of staining according to the CIE method, spectral measurements in the ultraviolet, visible and medium-infrared regions of the electromagnetic spectrum. To compare the samples, chemometric methods of processing and data classification were applied.

Keywords: New Evaluation Methods, Quality, Spectrochemistry.

Lista de Figuras

Figura 1: Decomposição em componentes principais por PCA.....	7
Figura 2: Gráficos dos scores obtidos por Análise de Componentes Principais dos resultados de análise centesimal de Maca. (A) PC1 x PC2; (B) PC1 x PC3; (C) PC2 x PC3.	16
Figura 3: Gráficos dos loadings obtidos por Análise de Componentes Principais dos resultados de análise centesimal de Maca. (A) PC1 x PC2; (B) PC1 x PC3; (C) PC2 x PC3.	17
Figura 4: Espectros de diferentes marcas de Maca Peruana em solução de (A) ácido acético, (B) água, (C) éter etílico e (D) hexano.	18
Figura 5: Espectros normalizados de diferentes marcas de Maca Peruana em solução de ácido acético, água, éter etílico e hexano.	18
Figura 6: Resultado de PCA dos espectros obtidos nas regiões UV-Vis do espectro para as soluções de Maca preparadas em diferentes solventes.	19
Figura 7: Loadings referentes às componentes principais (A) 1 e (B) 2.....	20
Figura 8: Espectros obtidos em triplicata na região infravermelha para diferentes marcas de Maca Peruana.	21
Figura 9: PCA para os espectros IV das diferentes marcas de Maca Peruana.	22
Figura 10: Loadings referentes às componentes principais (A) 1 e (B) 2.....	23

Lista de Siglas e Abreviaturas

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

CIE: Commission Internationale de l'Eclairage

FTIR: Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier

IAL: Instituto Adolfo Lutz

HCl: Ácido Clorídrico

MCR-ALS: Resolução Multivariada de Curvas com Mínimos Quadrados Alternantes

PCA: Análise de Componentes Principais

PCs: Componentes Principais

UV-Vis: Ultravioleta-Visível

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 O tubérculo	3
2.2 Composição Centesimal	3
2.3 Análise Espectral	5
2.4 Análise Colorimétrica	5
2.5 Método Quimiométrico: Análise de Componentes Principais	6
3 OBJETIVOS.....	8
3.1 Objetivo Geral.....	8
3.2 Objetivos Específicos	8
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
4.1 Amostragem.....	9
4.2 Determinação do Teor de Umidade e Cinzas	9
4.3 Determinação de Lipídios Totais.....	10
4.4 Determinação de Proteína Bruta	11
4.5 Determinação de Carboidratos.....	12
4.6 Análise Espectral	12
4.7 Análise Colorimétrica	12
4.8 Tratamento de Dados	13
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	14
6 CONCLUSÃO.....	24
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1 INTRODUÇÃO

A Maca Peruana (*Lepidium meyenii Walp*) é um vegetal crucífero nativo da região andina do Peru. Pertencente à família *Brassicaceae*, cresce em altitudes entre 3700 e 4500 metros acima do nível do mar. A maca é tradicionalmente consumida fresca ou desidratada após ser cozida em água ou leite, transformada em sucos, coquetéis, bebidas alcoólicas ou em enfusão (OCHOA; UGENT, 2013; QUIRÓS; ALIAGA, 1997; REA, 1994). Este vegetal é altamente resistente a condições extremas, apresentando uma das mais altas tolerâncias a geada em relação a qualquer planta, podendo ser cultivada em altitudes elevadas (BONNIER, 1986). Além disso, a família *Brassicaceae* é uma das 16 famílias de plantas conhecidas por conter glucosinolatos, que dão origem a compostos que têm sido investigados por serem ricos em compostos bioativos incluindo propriedades fitotóxica, antifúngico, antibacteriano, e efeitos inseticidas (FAHEY, *et al.*, 2001).

Os peruanos vêm usando este alimento durante séculos graças as características nutricionais e medicinais nele encontrados. Além disso, considera-se que existe relação entre o aumento da fertilidade em seres humanos e animais, acreditando-se que a Maca apresenta propriedades afrodisíacas, aumentando o desejo sexual daqueles que consomem os derivados deste alimento. Em 2009 Zenico *et. al.* realizaram um estudo para testar a eficiência da Maca para fins de atração sexual utilizando ratos e notou um aumento no número de acasalamentos em ratos alimentados a base de Maca Peruana (ZENICO, 2009; QUIRÓS; CÁRDENAS, 1992). De acordo com as crenças locais, dentre as propriedades medicinais, a Maca se mostra efetiva no tratamento de reumatismos e doenças respiratórias. De acordo com relatos de consumidores peruanos de Maca, acredita-se que este alimento tenha ação estimulante sobre a produção hormonal, influenciando no metabolismo e na capacidade de memorização, possuindo atividade antidepressiva e eficácia no combate à anemia, leucemia e até mesmo no tratamento de câncer (QUIRÓS; CÁRDENAS, 1992).

De acordo com relatos da internet e da TV (Globo Repórter, 2013), nos últimos anos o consumo de Maca Peruana tem aumentado significativamente no Brasil. No entanto, o aumento pelo interesse neste tubérculo fez aumentar não apenas o valor financeiro do produto, mas também as adulterações: comercializada principalmente na forma de farinha,

tal pó vem sendo misturado com outras farinhas de menor custo, como farelo de arroz e até mesmo trigo. Para tanto, análises centesimais podem ser de extrema valia para que se possa avaliar não apenas o valor nutricional do alimento, mas também as possibilidades de adulterações e fraudes na comercialização deste produto.

Poucos estudos foram feitos até hoje com o intuito de caracterizar composicionalmente a *Lepidium meyenii Walp*, sendo que um dos poucos relatos confiáveis disponível na literatura vem do Instituto de Nutrição Peruano (INCAP). A falta de estudos sobre este alimento potencializa a adulteração na composição dos produtos comercializados no Brasil como sendo Maca Peruana. Segundo o INCAP, em 100g de Maca o valor energético disponível é de 104 calorias, estando presentes nesta massa 72,1g de água, 3,9g de proteínas, 0,5g de extrato etéreo, 21,9g de carboidratos, 72,0mg de cálcio, 53,0mg de fósforo, 4,3mg de ferro, 0,5mg de tiamina, 0,11mg de riboflavina e 0,8 mg de ácido ascórbico (Fonte: Perú, Instituto de Nutrición, INCAP, ICNND. APUMAYTA; UGAZ, 1993).

Disponibilizar mais informações sobre a composição de um alimento auxilia no reconhecimento da veracidade do produto além de proporcionar uma expansão de suas aplicações. No caso da Maca Peruana, durante o levantamento bibliográfico realizado no período entre dezembro de 2013 e janeiro de 2014, não se encontrou nenhum espectro para o extrato de Maca em qualquer região espectral. Portanto, afim de minimizar problemas relacionados a adulteração e disponibilizar informações sobre a composição da *Lepidium meyenii Walp*, neste trabalho propõe-se avaliar a composição centesimal e disponibilizar informações espectrais contemplando as regiões ultravioleta, visível e infravermelha do espectro eletromagnético para amostras das farinhas comercializadas na cidade de Campo Mourão.

Para avaliar os resultados obtidos foram utilizadas ferramentas de quimiometria na tentativa de se fazer a distinção entre as diferentes amostras e, conseqüentemente, determinar as principais diferenças entre as amostras avaliadas deste alimento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O tubérculo

A *Lepidium meyenii* é uma planta bienal herbácea da família *Brassicaceae* que é nativa dos Andes do Peru. Os peruanos têm usado a raiz do *Lepidium meyenii*, conhecido como Maca, durante séculos como tanto um alimento nutritivo e medicina fertilidade para os seres humanos e animais (ZENICO *et al. apud* UCHIYAMA, 2013). Cultivada em áreas entre 3000 - 4500 metros de altitude, a Maca tem como seu habitat principal os solos de declive moderado, apresentando resistência a variações climáticas extremas como, por exemplo, geada contínua, granizo, neve, seca e pragas (APUMAYTA; UGAZ, 1993).

Com relação a sua biodisponibilidade, trata-se de uma planta herbácea anual de consistência dura, sendo raiz napiforme (porção comestível) de 4-7 cm de comprimento e 3-5 cm de diâmetro em sua largura. Existem quatro variedades desta espécie que são popularmente distintas pela cor: creme, roxo, preto e mista (roxo-esbranquiçada). A maca é botanicamente um parente próximo de espécies vegetais como cenoura (*Daucus carota*), mostarda (*Sinapis nigra L.*), aipo (*Aipo graveolens*), agrião (*Nasturtium officinale*), nabo (*Brassica napus*), rabanete (*Raphanus sativus*), entre outros. (APUMAYTA; UGAZ, 1993).

2.2 Composição Centesimal

A composição centesimal de um alimento pode disponibilizar informações como o valor nutritivo em 100 gramas de partes comestíveis de um alimento, utilizando sempre grupos homogêneos. Na composição da maioria dos alimentos, a água é encontrada como principal constituinte, pois, além de ser fundamental para o processo vital, influência na textura, na aparência e no sabor. Para frutas, vegetais, carnes, peixes, leites e ovos o conteúdo de água varia entre 70% e 95%. O conteúdo de água de um alimento expressa a quantidade total de água que ele contém, e é determinado experimentalmente pelo método de estufa (CELESTINO, 2010; DAMODARAN, PARKIN e FENNEMA, 2010; ARAÚJO, 2009).

Geralmente a umidade representa a água contida dentro do alimento, que pode ser

classificada como umidade de superfície e umidade adsorvida. A umidade de superfície refere-se à água livre ou presente na superfície externa dos alimentos, e pode ser facilmente evaporada. Já a umidade adsorvida está relacionada com a água ligada, encontrada no interior do alimento, sem combinar-se quimicamente com o mesmo. A medida da umidade corresponde à perda em peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida (IAL, 2008).

O teor de cinzas corresponde a fração mineral que é constituída por micro e macro nutrientes, os quais possuem relação direta com o solo que foi cultivado. As cinzas contêm, em geral, cálcio, magnésio, ferro, fósforo, chumbo, sódio e outros componentes minerais. Em produtos vegetais a determinação de cinzas tem relativamente pouco significado pois o teor de cinzas nesses produtos oferece pouca informação sobre sua composição, uma vez que seus componentes minerais são muito variáveis e tal determinação fornece, em geral, apenas uma indicação da riqueza da amostra nesses componentes. Porém, nem sempre este resíduo representa toda a substância inorgânica presente na amostra já que alguns sais podem sofrer redução ou volatilização durante o aquecimento (IAL, 2008; SILVA, 1990; ANGELUCCI *et al.*, 1987).

A determinação de lipídios em alimentos é feita, na maioria dos casos, pela extração com solventes. O resíduo obtido não é constituído unicamente por lipídios, mas por todos os compostos que, nas condições da determinação, possam ser extraídos pelo solvente. O teor de lipídios totais relaciona-se com os teores de óleos e gorduras (IAL, 2008; SILVA, 2010).

As proteínas se caracterizam por ser o grupo mais abundante de macromoléculas, encontradas dentro e fora das células, além de terem importância vital para os seres vivos. Suas funções vão desde catálise de reações químicas (enzimas), transporte de outras moléculas, transmissão de impulsos nervosos, proteção imunitária e até mesmo função hormonal. As proteínas de origem animal têm maior valor biológico em comparação com as proteínas vegetais. No entanto, o alto custo para sua obtenção torna o acesso limitado. Desta forma, a identificação de espécies vegetais ricas em proteínas e incentivos de cultivo e consumo destas espécies podem contribuir para diminuir as deficiências nutricionais para a população em geral, especialmente àquelas com hábitos e dietas alimentares diferenciadas (ALMEIDA *et al.*, 2013; KINUPP; BARROS, 2008).

2.3 Análise Espectral

As medidas baseadas na luz ou outras formas de radiação eletromagnética são amplamente empregadas em química analítica. As interações da radiação com a matéria são o objeto de estudo da ciência da espectroscopia. Os métodos espectroscópicos de análise são baseados na medida da quantidade de radiação produzida ou absorvida pelas moléculas ou pelas espécies atômicas de interesse. Podemos classificar os métodos espectroscópicos de acordo com a região do espectro eletromagnético envolvida na medida. As regiões espectrais que têm sido empregadas incluem os raios γ , os raios X, ultravioleta (UV), visível, infravermelha (IV), micro-ondas e radiofrequência (RF). De fato, o uso corrente estende mais ainda o significado da espectroscopia de forma a incluir técnicas que nem mesmo envolvem o uso de radiação eletromagnética, como a espectroscopia acústica, de massas e de elétrons.

Os métodos espectroquímicos têm provido talvez as ferramentas mais amplamente empregadas para a elucidação de estruturas moleculares, bem como na determinação qualitativa e quantitativa de compostos orgânicos e inorgânicos. Nestes métodos, cada espécie molecular é capaz de absorver suas próprias frequências características da radiação eletromagnética. Esse processo transfere energia para a molécula e resulta em um decréscimo da intensidade da radiação eletromagnética incidente. Dessa forma, a absorção da radiação atenua o feixe de acordo com a lei da absorção, também conhecida como Lei de Lambert-Beer, possibilitando a identificação e quantificação de espécies químicas e ou de grupos funcionais.

2.4 Análise Colorimétrica

Análise colorimétrica é a análise da variação da cor de um sistema devido à modificação da concentração de algum dos componentes presentes na amostra. Esta técnica visa determinar a concentração de uma substância pela medida da absorção relativa de luz, tomando como referência a absorção da substância numa concentração conhecida (OLIVEIRA; PARIS; RIBEIRO, 2013).

O modelo de cor CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) foi desenvolvido para ser completamente independente de qualquer dispositivo ou outro meio de emissão e reprodução. Está baseado na percepção das cores pelo sistema visual humano. Os elementos-chave do modelo CIE são as definições de iluminantes padrões e especificações para observador padrão (MACHADO, 2006).

2.5 Método Quimiométrico: Análise de Componentes Principais

O método PCA encontra combinação de variáveis, ou fatores, que descreve a maior variabilidade nos dados. Esta técnica consiste em se fazer uma ortogonalização baseada em mudança de base vetorial. O primeiro passo para a análise de componentes principais é a formação de uma matriz de variância/covariância dos dados (\mathbf{Z}) que irá isolar a fonte de variação dos dados, como na equação 1:

$$\mathbf{Z} = \mathbf{X}^T \mathbf{X} \quad [1]$$

A matriz de covariância é, então, diagonalizada por uma transformação unitária, como na equação 2:

$$\mathbf{\Lambda} = \mathbf{P}^{-1} \mathbf{Z} \mathbf{P} \quad [2]$$

em que é uma matriz diagonal cujos elementos são autovalores de \mathbf{Z} ; \mathbf{P} é a matriz de autovetores, denominada “pesos” (loadings). Basicamente, os pesos formam uma nova base ortonormal que explica a variância dos dados de \mathbf{X} e a projeção dos dados nessa base é denominada “escores” (scores), (\mathbf{T}). Desse modo, os dados são decompostos por um conjunto de vetores pesos e escores (OTTO, 1999), como na equação 3:

$$\mathbf{X} = \mathbf{TP}^T \quad [3]$$

A combinação linear dos pesos e escores é denominada componente principal (PC). A Figura 1 ilustra a decomposição da matriz \mathbf{X} de dimensão $(n \times m)$ pela análise de componentes principais até A componentes principais.

$$\begin{array}{c} m \\ \boxed{\mathbf{X}} \\ n \end{array} = \begin{array}{c} l \\ \boxed{t_1} \\ n \end{array} \begin{array}{c} m \\ \boxed{p_1^T} \\ l \end{array} + \begin{array}{c} l \\ \boxed{t_2} \\ n \end{array} \begin{array}{c} m \\ \boxed{p_2^T} \\ l \end{array} + \dots + \begin{array}{c} l \\ \boxed{t_A} \\ n \end{array} \begin{array}{c} m \\ \boxed{p_A^T} \\ l \end{array}$$

Figura 1: Decomposição em componentes principais por PCA.

O número máximo de componentes principais obtidos (PCs) é igual ao número de vetores de dados utilizados (posto da matriz \mathbf{X} de dados independentes), sendo que, nem todas as PCs possuem informações úteis. Normalmente, as últimas PCs modelam ruído inerente aos dados. Sendo assim, a eliminação das PCs frequentemente aumenta a relação sinal/ruído (OTTO, 1999; BEEBE, KOWALSKI, 1987).

Idealmente, o número de PCs deveria ser igual ao número de espécies químicas presentes na amostra. Isso permite que técnicas quimiométricas que empregam PCA possam ser utilizadas em circunstâncias onde se deseja determinar apenas algumas espécies de interesse em um meio complexo.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a composição centesimal e espectral das farinhas de Maca Peruana comercializadas na cidade de Campo Mourão e disponibilizar informações sobre o espectro nas regiões ultravioleta, visível e infravermelha das diferentes amostras.

3.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a composição centesimal quanto ao índice de umidade, cinzas, proteína bruta, carboidratos e lipídios totais das farinhas.
- Obter espectros na região do Infravermelho Médio (FTIR) para inferir sobre os principais constituintes da Maca Peruana;
- Obter espectros na região do ultravioleta e visível (UV-Vis) da Maca Peruana em soluções com diferentes polaridades para a extração de diferentes compostos do alimento;
- Classificar as amostras para sugerir sobre suas semelhanças e diferenças utilizando métodos quimiométricos.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Amostragem

As farinhas de Maca Peruana foram adquiridas no comércio de Campo Mourão, sendo que algumas se encontravam encapsuladas e outras “*a granel*”, na forma de pó finamente dividido. A aquisição das amostras foi realizada durante o mês de fevereiro/2014, sendo que destas, 4 marcas eram do tipo “*a granel*” e 4 marcas eram de farinhas encapsuladas. As amostras encapsuladas foram abertas e armazenadas em recipientes de vidro.

4.2 Determinação do Teor de Umidade e Cinzas

A metodologia de determinação do teor de umidade e de cinzas de polpa e amêndoa seguiu os procedimentos adotados pelo Manual de Normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). De acordo com o referido protocolo, aproximadamente 5 gramas de amostra foram adicionadas em cápsula de porcelana previamente calcinada em mufla (Fornitec), na temperatura de 600°C e, em seguida, teve seu peso devidamente ajustado. Na sequência, foram colocadas em estufa de secagem (Bromatic) a 105°C durante 3 horas. Em seguida foram retiradas, acondicionadas em dessecador até atingir a temperatura ambiente sendo submetidas à pesagem. Repetiu-se a operação de aquecimento e resfriamento até peso constante. Para a determinação do percentual de umidade nas amostras foi utilizada a equação 4 e os resultados expressos em percentagem.

$$X = \frac{100 \cdot N}{P} \quad [4]$$

Onde:

N = massa de água (perda de massa em g)

P = massa da amostra (g)

O resíduo obtido do teor de umidade foi utilizado para a determinação do teor de cinzas. As amostras foram colocadas em mufla (Fornitec) a 600°C por, aproximadamente 6 horas até apresentarem coloração esbranquiçada. Em seguida foram acondicionadas em dessecador em temperatura ambiente e submetidas a pesagem em temperatura ambiente. Para o cálculo do percentual de cinzas na amostra utilizou-se a equação 4. No entanto, aqui:

N = massa de cinzas (g)

P = massa de amostra (g)

4.3 Determinação de Lipídios Totais

A determinação do percentual dos lipídios totais foi realizada pela extração com n-hexano utilizando-se aparelho de Soxhlet Marconi MA 044/8/50, seguida da evaporação do solvente em estufa. A determinação dos lipídios foi realizada por gravimetria e os resultados expressos em percentagem, seguindo instruções de acordo com a metodologia proposta pelo Manual de Normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

Para o experimento, foram pesados aproximadamente 5 gramas das amostras em cartuchos elaborados com papel filtro e, posteriormente, transferidos para o equipamento. Utilizou-se um volume aproximado de 100 mL de solvente n-hexano em cada tubo de extração, os quais foram secos (em estufa de secagem a 105°C por 2 horas) e tiveram os pesos devidamente ajustados. Em seguida, o solvente foi aquecido à ebulição e permaneceu em refluxo e em contato com amostra por 6 horas.

Passado este tempo, procedeu-se a recuperação do n-hexano e a retirada dos tubos de extração, que foram colocados em estufa a 105°C por aproximadamente 2 horas, para total evaporação dos resíduos de solvente. Em seguida foram retirados da estufa e transferidos para o dessecador onde permaneceram em temperatura ambiente até o momento da pesagem. Os resultados foram expressos segundo a equação 4 e o teor dos lipídios totais expresso em percentagem. Para este caso, temos que:

N = massa de lipídios (g)

P = massa de amostra (g)

4.4 Determinação de Proteína Bruta

O teor de proteína bruta foi obtido pelo método de MicroKjeldahl, utilizando o equipamento Tecnal TE 0363, seguindo as instruções do Manual de Normas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Foram pesados aproximadamente 0,2 g das amostras que, em seguida, foram transferidos para os tubos de determinação de proteínas, onde foram adicionados 10 mL de ácido sulfúrico concentrado e 1 g de mistura catalítica. Os tubos foram transferidos para o digestor de proteínas onde permaneceram até alcançar a temperatura de 400°C, aguardando-se a reação de oxidação do líquido, indicada pelo aparecimento da coloração verde. Após a digestão os tubos foram resfriados e seguiram para o destilador de nitrogênio. Inicialmente a amostra foi diluída com água destilada, o excesso de ácido sulfúrico neutralizado com hidróxido de sódio a 40% e o nitrogênio total destilado na forma amônia foi recolhido com erlenmeyer contendo 10 mL de solução de ácido bórico a 3% (v/v) com indicador misto verde de bromocresol e vermelho de metila.

Na sequência a solução obtida foi titulada com solução de HCl a 0,1 mol/L com fator de correção 0,9836 até atingir o ponto de viragem identificado pela passagem da coloração azul para a rosada. A equação utilizada para determinação do percentual de proteína bruta está descrita abaixo na equação 5. Sendo utilizado o fator de conversão para determinação dos resultados de 6,25 e o resultado foi expresso em percentual de proteínas em massa (% p/p).

$$X = \frac{V \cdot 0,0014 \cdot C \cdot F}{P} \quad [5]$$

Onde:

X = Percentual de proteínas em Massa

V: volume de HCl 0,1 Mol/L (mL)

C: fator de conversão para determinação de proteínas

F: fator de correção do HCl 0,1 Mol/L

P: massa de amostra (g)

4.5 Determinação de Carboidratos

O conteúdo de carboidratos foi determinado por diferença de massas, onde calculou-se a média da percentagem de água, proteínas, lipídios e cinzas e o restante foi considerado carboidrato (AOAC, 1997).

4.6 Análise Espectral

Os espectros na região UV-Vis foram adquiridos utilizando-se 4 soluções extratoras diferentes, onde foi pesado aproximadamente 1 g de amostra para 20 mL de solvente. Os solventes utilizados para extração foram escolhidos pelo grau de polaridade, sendo um apolar, um intermediário, um polar e a água que é o solvente universal. Sendo assim, os solventes escolhidos foram: água, hexano, éter etílico e ácido acético glacial. (COLLINS, BRAGA, BONATO, 2010). Cada uma das 8 diferentes amostras foi submetida aos 4 diferentes solventes, totalizando 32 espectros.

As soluções permaneceram em repouso durante 10 dias nos determinados solventes com finalidade de aumentar a eficiência de extração dos compostos da Maca de acordo com as polaridades. Então, alíquotas de 1 mL das soluções foram transferidas para uma cubeta de quartzo de 1mm de caminho óptico e medidas em espectrofotômetro USB650-UV-VIS OceanOptics ®.

Para os espectros na região do Infravermelho Médio, utilizou o espectrômetro Shimadzu (IR AFFINITY-1) com transformada de Fourier. Foram confeccionadas pastilhas de KBr (Brometo de Potássio) contendo 1 mg de farinha de Maca Peruana. A análise foi realizada em triplicata para cada uma das diferentes Macas comerciais.

4.7 Análise Colorimétrica

Para a análise colorimétrica, foi utilizado o equipamento Mini Scan ® EZ HunterLAB, as amostras foram colocadas de forma lisa e homogênea, num recipiente que não passasse luz, para que não houvesse interferência. O equipamento faz leituras nos seguintes parâmetros: L*, a* e b*.

O espaço de cor CIELAB está organizado em um formulário cúbico, onde o eixo L^* é executado de cima para baixo. A máxima é de 100 para L^* , que representa um perfeito difusor refletindo (branco). O mínimo de L^* é igual a zero, o que representa o preto. Os eixos a^* e b^* não tem limites numéricos, porém toma-se como referência o valor de 60 unidades de cor, onde a^* positivo há uma tendência a vermelho e negativo a verde e b^* positivo a amarelo e negativo a azul (CIE, 1976 *apud* PINELI, 2009).

4.8 Tratamento de Dados

Após a aquisição dos dados referentes as análises centesimais, espectrais e respostas colorimétricas, os resultados foram organizados na forma de matrizes de dados. Os dados de todas as análises foram organizados de forma que as amostras ficassem dispostas em linhas enquanto que as colunas contivessem as variáveis.

Foram empregados métodos quimiométricos, tais como Análise de Componentes Principais, derivada com algoritmo Savitzky-Golay e ajustes de linha de base, para avaliar as semelhanças entre as amostras. Para isso, foi utilizado software Matlab 8.1® e PLS toolbox 7.8, doado pela EMBRAPA Solos do Rio de Janeiro.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises centesimais foram realizadas em triplicata para cada marca de Maca Peruana comercial avaliada e os resultados foram organizados em forma de tabela, e estão apresentados na Tabela 1. Alguns valores, retratados em vermelho na tabela, foram descartados para o cálculo das médias por terem sido produzidos por problemas observados durante a aquisição dos resultados. O teor de lipídios totais também não foi considerado para as análises por terem apresentado valores anômalos.

Tabela 1: Resultados da Análise Centesimal para diferentes marcas de Maca Peruana encontradas no comércio de Campo Mourão									
Amostra		*M1	*LE	*A	*VS	*Sm	*J	*U	*Uc
Colorímetro	L	78,25	72,56	84,77	72,62	74,47	79,21	79,38	63,24
	a	5,23	10,54	4,98	7,65	6,67	5,40	5,15	5,36
	b	23,28	20,93	18,94	27,01	26,16	25,55	24,01	21,36
Proteínas (%)		0,23	0,00	0,11	0,11	0,13	0,21	0,13	0,13
		0,12	0,04	0,11	0,00	0,12	0,12	0,13	0,12
		0,12	0,04	0,11	0,12	0,12	0,11	0,13	0,12
Umidade (%)		9,33	10,71	8,12	9,46	10,66	10,51	7,97	8,75
		9,47	7,54	7,68	9,65	11,01	10,78	10,90	8,95
		9,13	8,59	7,53	8,85	10,51	10,74	10,86	8,83
Cinzas (%)		4,27	4,34	3,82	4,31	4,21	4,42	4,28	4,31
		4,26	4,36	3,83	4,29	4,20	4,30	4,25	4,30
		4,28	4,37	3,84	4,33	4,21	4,39	4,25	4,31
Carboidratos (%)		86,18	84,95	87,96	86,12	85,01	84,86	87,62	86,81
		86,15	88,06	88,38	86,06	84,67	84,81	84,72	86,63
		86,48	87,00	88,52	86,70	85,16	84,76	84,76	86,74

*A: Apisnutri; *J: Jasmine; *LE: Line Ervas; *M1: M1; *Sm: Sem marca; *U: Unilife; *Uc: Unilife cápsula; *VS: Vita Seaf

Os resultados das medidas foram avaliados com a finalidade de se extrair semelhanças entre as diferentes marcas de Maca encontradas para o experimento. Para isso, foi realizada a Análise de Componentes Principais (PCA) considerando-se as médias dos valores e teores encontrados, e os resultados estão ilustrados nas Figura 2 e 3. Para a análise foram consideradas 3 Componentes Principais (PCs) por, somadas, explicarem 92,84% da

variância total dos dados. A Figura 2 traz informações sobre os scores (as amostras), sendo que a Figura 2 (A) mostra a relação entre PC1 x PC2, (B) PC1 x PC3 e (C) PC2 x PC3. A Figura 3 traz informações sobre os loadings (as variáveis), sendo (A) PC1 x variáveis, (B) PC2 x variáveis e (C) PC3 x variáveis.

Para melhor entendimento dos resultados obtidos deve-se observar as separações entre as PCs, levando-se em consideração a percentagem de variância explicada por cada PC. Desta forma, ao observamos a Figura 2 (A), notamos que está plotada a PC1 contra PC2, sendo que a PC1 explica 47,91% da variância dos dados e a PC2 32,58%. Observa-se que cada eixo (PC) está dividido entre valores positivos e valores negativos, e estes valores estão explicados na Figura 3, onde se expressa quais variáveis são responsáveis pela separação. Assim, infere-se da Figura 2 (A) que a PC1 separou as amostras 4, 5, 6 e 7 (valores positivos) das amostras 1, 2, 3 e 8 (valores negativos). Utilizando-se da informação dos loadings, na Figura 3 (A), notamos que as amostras relacionadas com os valores positivos em PC1 tem relação comum entre as variáveis 3 (índice *b* do colorímetro), 4 (Proteínas), 5 (Umidade) e 6 (Cinzas). Já as amostras relacionadas com os valores negativos em PC1 estão relacionadas pelas variáveis 1 (índice *L* do colorímetro), 2 (índice *a* do colorímetro) e 7 (Carboidratos).

Da mesma forma, observando a PC2 da Figura 2 (A), notamos que as amostras 2, 4 e 8 (valores positivos) foram separadas das amostras 1, 3, 5, 6 e 7 (valores negativos). Utilizando-se da informação dos loadings, na Figura 3 (B), notamos que as amostras relacionadas com os valores positivos em PC2 tem relação comum entre as variáveis 2 (índice *a* do colorímetro) e 6 (Cinzas). A variável 3 (índice *b* do colorímetro) mostra-se não influente na separação das amostras, enquanto que as variáveis 1 (índice *L* do colorímetro), 4 (Proteínas), 5 (Umidade) e 7 (Carboidratos) são responsáveis pela separação das amostras relacionadas com valores negativos em PC2.

Nas Figuras 2 (B) e (C), temos os gráficos de PC1 x PC3 e PC2 x PC3, respectivamente, e estes devem ser avaliados da mesma forma que o gráfico da Figura 2 (A). No entanto, o gráfico mais informativo é aquele que carrega a maior parte da variância explicada. Desta forma, o gráfico da Figura 2 (A) traz 80,49% de variância explicada, contra 60,26% para a Figura 2 (B) e 47,93% para a Figura 2 (C), sugerindo-se a utilização das

informações provenientes de PC1 x PC2 para extrair informações que se referem às semelhanças entre as amostras.

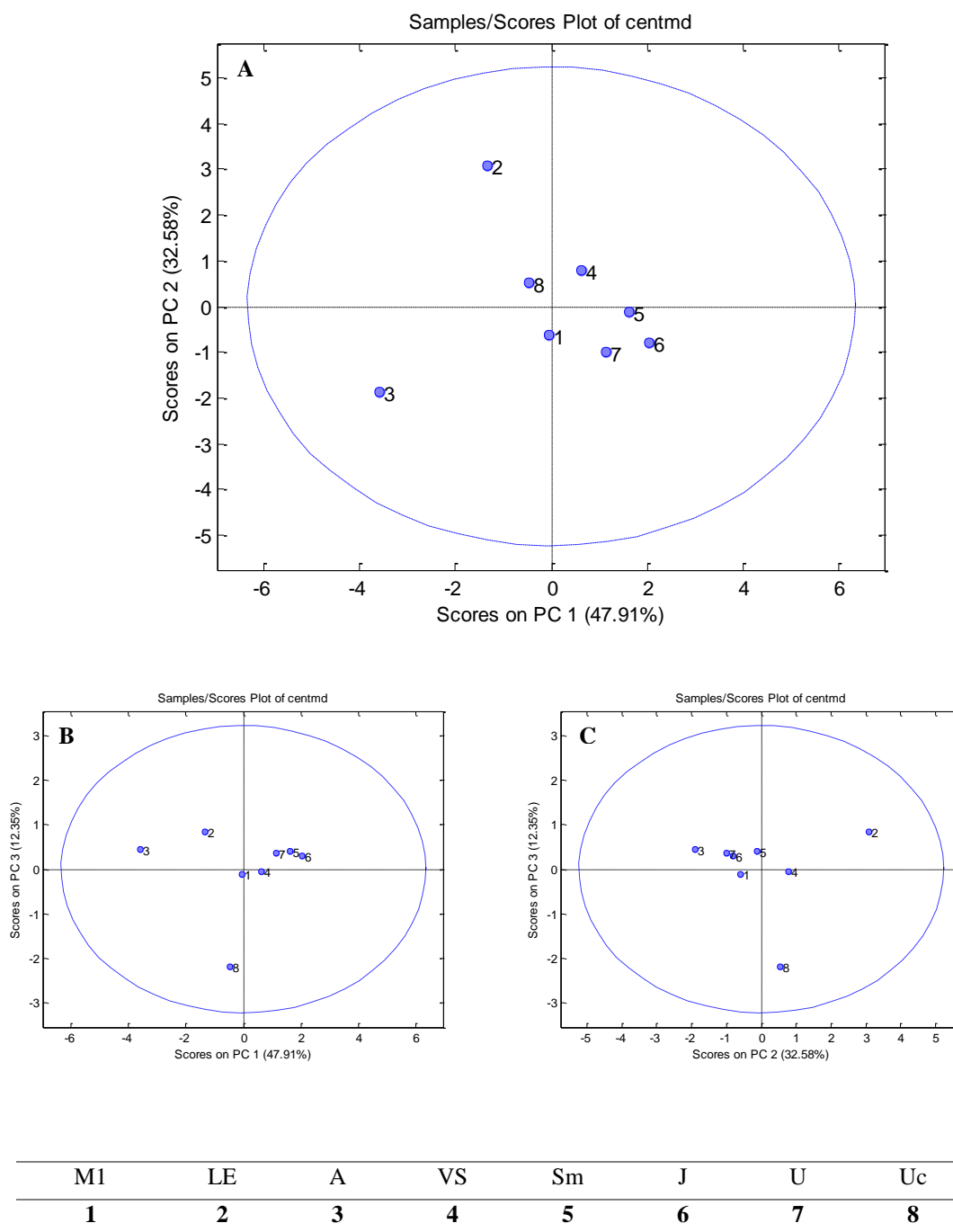
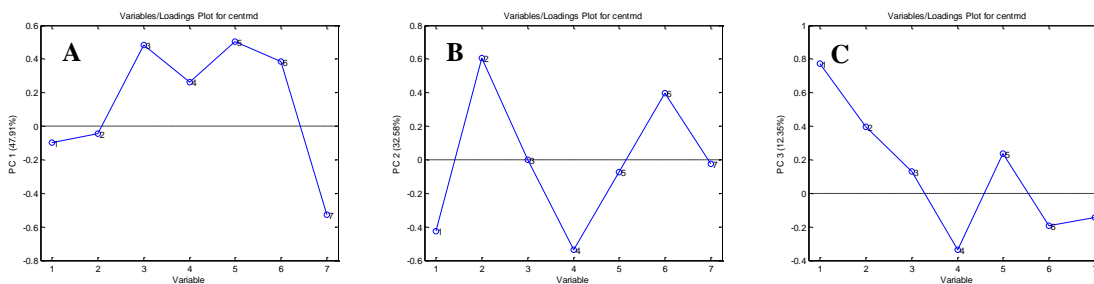


Figura 2: Gráficos dos scores obtidos por Análise de Componentes Principais dos resultados de análise centesimal de Maca. **(A)** PC1 x PC2; **(B)** PC1 x PC3; **(C)** PC2 x PC3.



Colorímetro			Proteínas	Umidade	Cinzas	Carboidratos
L	a	b				
1	2	3	4	5	6	7

Figura 3: Gráficos dos loadings obtidos por Análise de Componentes Principais dos resultados de análise centesimal de Maca. (A) PC1 x PC2; (B) PC1 x PC3; (C) PC2 x PC3.

Devido à escassez de informações sobre os espectros deste alimento, foram realizadas medidas espectrais nas regiões ultravioleta (UV), visível (Vis) e infravermelha (IV) do espectro eletromagnético. Para a obtenção dos espectros das amostras nas regiões UV-Vis foi necessário o preparo de soluções, uma vez que a amostra é um sólido e apenas seria possível a obtenção de espectros de transmissão. Desta forma, as soluções foram produzidas com diferentes polaridades com o intuito de se extrair diferentes constituintes da amostra. Os solventes utilizados foram hexano (totalmente apolar), éter etílico (polaridade baixa/intermediária), ácido acético (polar) e água (polar). A Figura 4 apresenta os espectros obtidos nas regiões UV-Vis para as 8 diferentes marcas de Maca Peruana nos 4 solventes propostos. Devido a semelhança observada entre os espectros, os mesmos foram organizados na forma de uma matriz contendo todos os 32 espectros, os quais foram normalizados pela altura para neutralizar a influência de diferentes concentrações, resultando na Figura 5. Com isso, foi possível observar que diferentes substâncias foram extraídas.

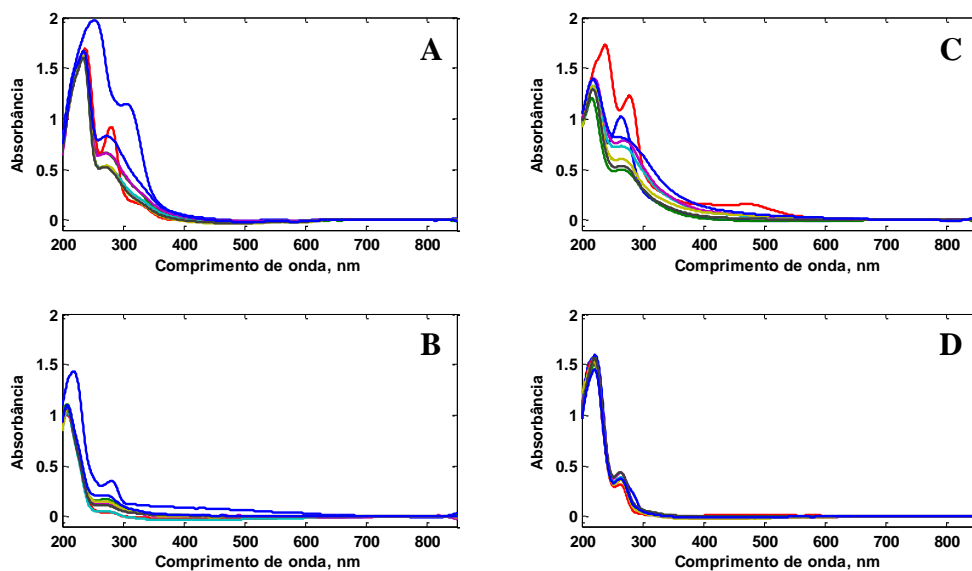


Figura 4: Espectros de diferentes marcas de Maca Peruana em solução de (A) ácido acético, (B) água, (C) éter etílico e (D) hexano.

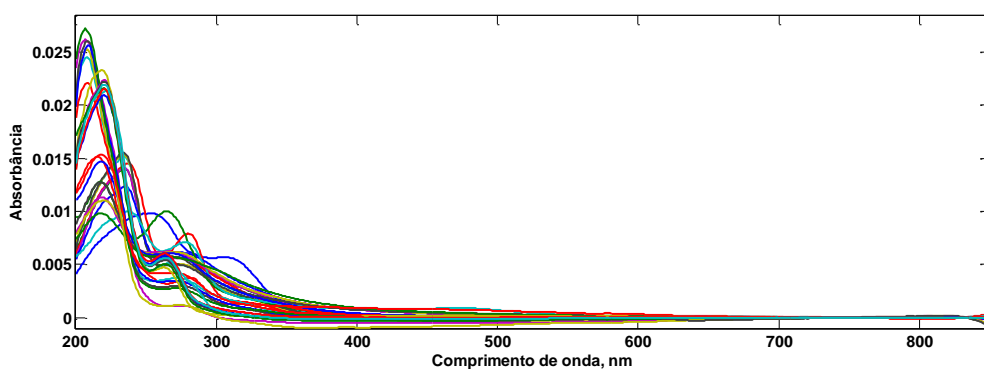


Figura 5: Espectros normalizados de diferentes marcas de Maca Peruana em solução de ácido acético, água, éter etílico e hexano.

Para avaliar a quantidade de substâncias diferentes detectadas, fez-se a PCA nos espectros obtidos. Para esta análise, 6 PCs foram utilizadas para explicar 99,48% da variância total dos dados, e o resultado está apresentado na Figura 6. Observa-se que a PC1 separou os espectros referente as soluções polares (ácido acético e água) das menos polares/apolares (éter etílico e hexano), enquanto que a PC2 separou os espectros referente as soluções de

ácido acético e hexano daqueles referente a água e éter etílico. Duas amostras, 1 e 17, foram classificadas erroneamente. Uma possibilidade para isso ter acontecido pode ter sido por contaminação durante o processo de produção das soluções. De qualquer forma, o método mostrou-se bastante eficaz em separar as amostras.

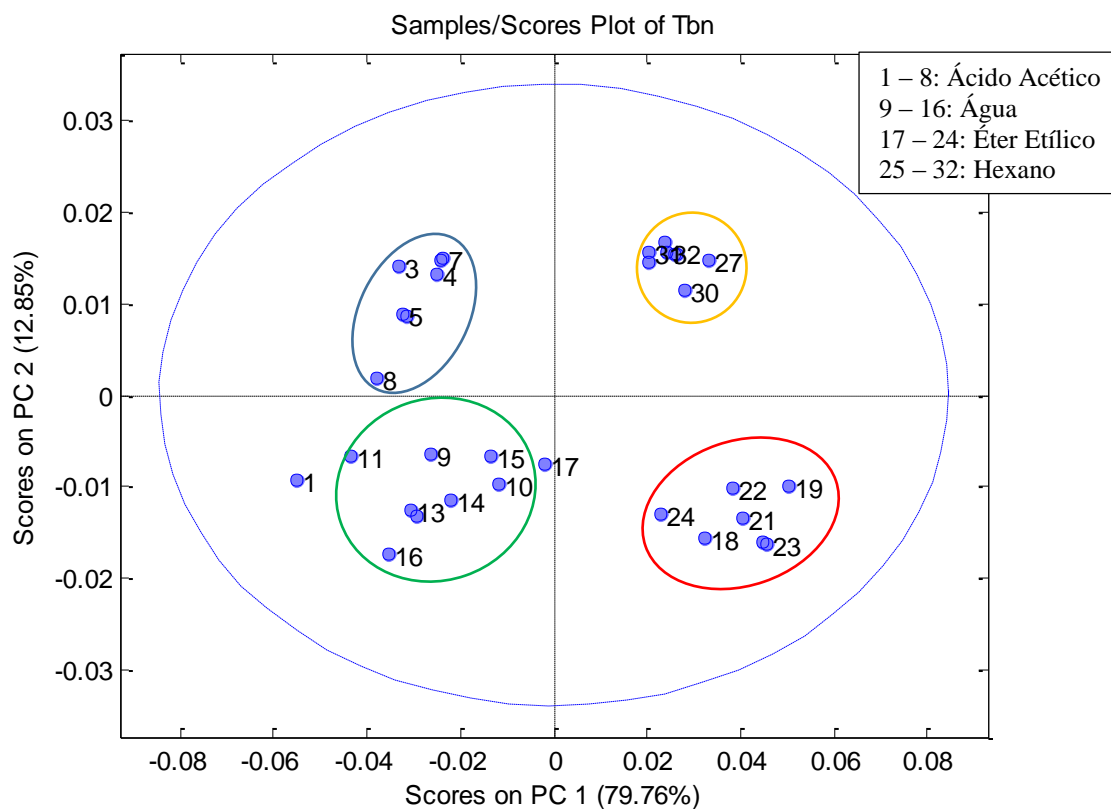


Figura 6: Resultado de PCA dos espectros obtidos nas regiões UV-Vis do espectro para as soluções de Maca preparadas em diferentes solventes.

Para entender em que ponto as amostras se assemelham, os loadings (variáveis) foram avaliados, e estão apresentados na Figura 7. Observa-se que a PC1 carrega 79,76% de variância explicada, enquanto que a PC2 12,85% de explicação de variância. Os resultados apresentados na Figura 7 (A) mostram que as soluções separadas em PC1 com valores positivos, ou seja, as soluções apolares, apresentam em comum uma banda de absorção entre 205-210 nm. Para aquelas que apresentam valores negativos em PC1, ou seja, as soluções

polares, são detectadas bandas de absorção entre 240-248 nm e entre 280-285 nm. A Figura 7 (B) mostra que as soluções separadas por valores positivos em PC2 apresentam em comum bandas de absorção entre 230-232 e 263-266 nm, enquanto que aquelas separadas por valores negativos apresentam em comum bandas em aproximadamente 285 e em aproximadamente 300 nm.

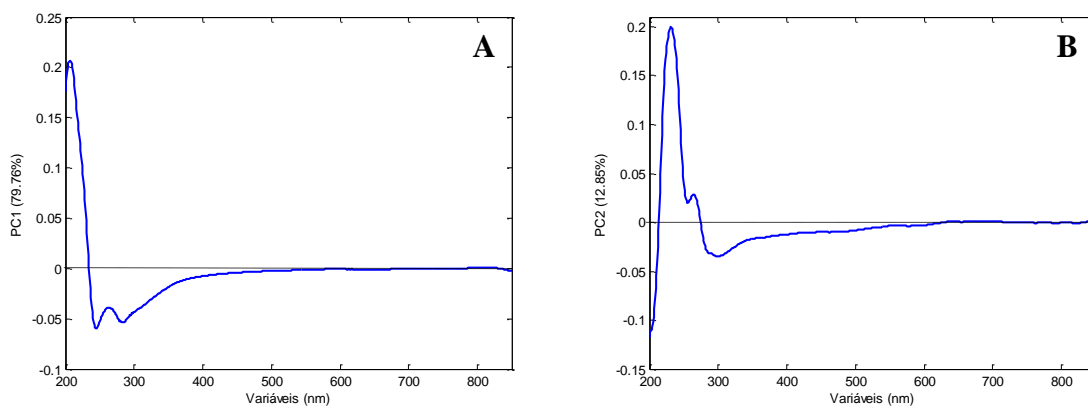


Figura 7: Loadings referentes às componentes principais (A) 1 e (B) 2.

Os espectros para a região infravermelha foram obtidos em triplicata a partir das amostras sólidas. Como os espectros foram obtidos via pastilhamento de amostra por prensagem, alguns problemas podem ocorrer. Um destes é a localização da pequena porção de amostra se encontrar fora caminho óptico do feixe de radiação do equipamento. Outros problemas como rachaduras microscópicas, que podem desviar o feixe de radiação em outras direções também podem ser verificados. Desta forma, sugere-se que amostras com comportamento sem significado físico/químico devam ser descartadas. Neste experimento, verificou-se que um dos espectros, fruto de uma medida oriunda de triplicata apresentava comportamento anômalo em relação as outras medidas da mesma amostra, sendo assim descartado. A Figura 8 traz os espectros adquiridos em triplicata.

A Tabela 2 apresenta a ordem de disposição das amostras para obtenção dos espectros em triplicata e, portanto, a ordem espectral de acordo com as repetições das medidas. Para avaliar as semelhanças entre as marcas com relação a esta região espectral, foi realizada a

PCA, a qual utilizou 5 PCs para explicar 99,67% da variância total dos dados, e o resultado está apresentado na Figura 9. A disposição numérica das amostras projetadas por PCA na Figura 9 segue a ordem estabelecida na Tabela 2. Devido a falta de equipamentos para a confirmação, como espectrômetro de massas atômicas, não foi realizada a atribuição das bandas.

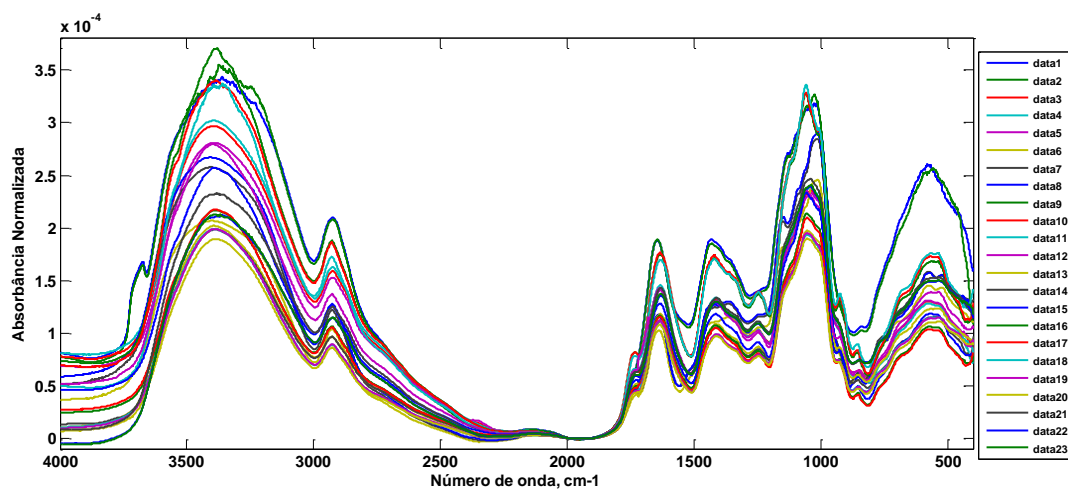


Figura 8: Espectros obtidos em triplicata na região infravermelha para diferentes marcas de Maca Peruana.

Tabela 2: Ordem espectral de acordo com as repetições das medidas das amostras.

Marca	A			J			LE			M1			Sm		U		Uc		VS					
Medida	1	2	x	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

A: Apisnutri; J: Jasmine; LE: Line Ervas; M1: M1; Sm: Sem marca; U: Unilife; Uc: Unilife cápsula; VS: Vita Seaf;
x = Espectro deletado por anomalia

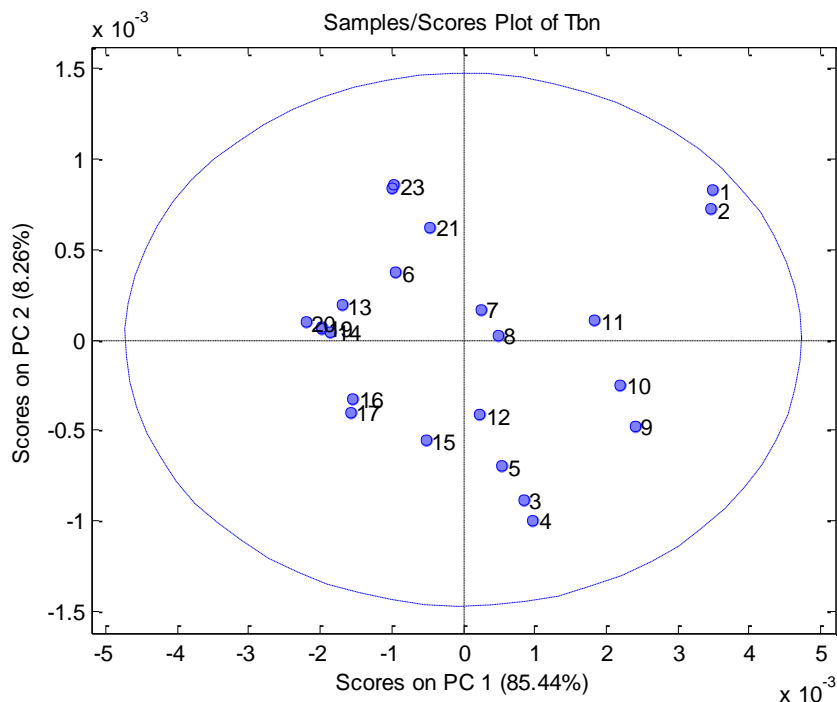


Figura 9: PCA para os espectros IV das diferentes marcas de Maca Peruana.

Observa-se que a PC1, que carrega 85,44% da variância explicada, separou como valores positivos as amostras de 1 até 12, exceto a amostra 6, classificada como semelhante as amostras de 13 até 23, com valores negativos em PC1. A PC2 separou as amostras 3, 4, 5, 9, 10, 12, 15, 16 e 17 (valores negativos em PC2) das demais amostras. Para entendimento de quais são os motivos das separações, avaliou-se os loadings (as variáveis) responsáveis pela diferenciação das amostras a partir da Figura 10.

De acordo com a separação em PC1, observa-se que as amostras de 1 até 5 e de 7 até 12 devem apresentar todas as bandas indicadas pela Figura 10 (A). Neste caso, a metodologia afirma apenas sobre as bandas semelhantes existentes entre as amostras presentes em PC1, o que não implica dizer que não existem estas bandas nas amostras separadas por valores negativos. Porém, indica que nem todas as bandas coincidem. No caso da PC2, Figura 10 (B), as amostras 3, 4, 5, 9, 10, 12, 15, 16 e 17 (valores negativos em PC2) devem apresentar bandas específicas com números de onda entre 2000 e 4000 cm^{-1} , enquanto que as demais amostras devem apresentar bandas específicas com números de onda variando de 400 até 2000 cm^{-1} .

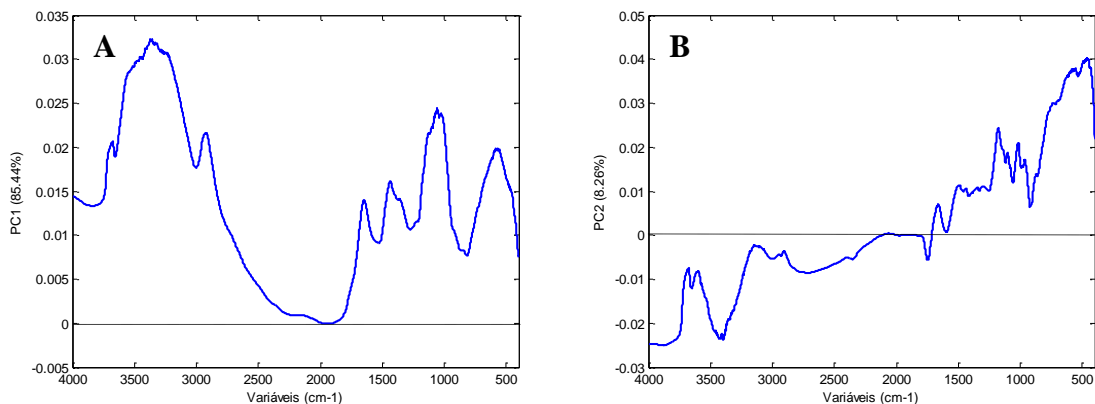


Figura 10: Loadings referentes às componentes principais (A) 1 e (B) 2.

Para conhecer especificamente as diferenças entre as amostras, se faz necessária a identificação das bandas. De fato, o que se consegue notar é que existem algumas diferenças notáveis entre as amostras, e que sem um padrão conhecido de *Lepidium meyenii Walp* fica difícil saber se a real constituição do alimento é a que se comercializa na cidade ou se as amostras foram adulteradas, já que as amostras podem apresentar diferenças dependendo de diversos fatores, tais como as condições climáticas, variedade de solo, luminosidade, estocagem, dentre outros.

6 CONCLUSÃO

Os objetivos propostos foram alcançados com sucesso, e as informações pretendidas sobre as análises centesimal e espectral foram adquiridas:

- A análise centesimal foi realizada para 8 diferentes marcas de farinhas de Maca Peruana comercializadas na cidade de Campo Mourão e os valores obtidos aparecem concordantes entre as marcas, sugerindo estarem adequados;

- Os espectros UV-Vis para as farinhas de Maca encontradas foram adquiridos para 4 soluções diferentes e foram devidamente classificados de acordo com a polaridade para as diferentes bandas de absorção apresentadas graças a aplicação de métodos quimiométricos;

- Da mesma forma que para os espectros UV-Vis, os espectros na região do Infravermelho foram adquiridos e classificados de acordo com as semelhanças encontradas entre as bandas de absorção pelo método proposto, de Análise de Componentes Principais;

- A ferramenta de análise de componentes principais se mostrou como uma ferramenta poderosa podendo ser empregada no controle de qualidade para realizar a distinção de amostras que apresentam mínimas diferenças. Assim, sugere-se que esta ferramenta pode ser utilizada não apenas na pesquisa mas também na indústria, especialmente para casos em que muitas variáveis são levadas em consideração.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, V. V.; CANESIN, E. A.; SUZUKI, R. M.; PALIOTO, G. F. Análise qualitativa de proteínas em alimentos por meio de reação de complexação do íon cúprico. **Revista Química Nova na Escola**. v.35, n.1. fev., 2013.

ANGELUCCI, E.; CARVALHO, L. R.; CARVALHO, N. R. P.; FIGUEIREDO, B. I.; MANTOVANI, B. M. D.; MORAES, M. R. **Análise química de alimento**: manual técnico. Campinas: ITAL, 1987.

AOAC INTERNATIONAL. **Official methods of analysis**. 16 ed., 3 rev. Gaithersburg: AOAC International, 1997. v.2, cap. 32, p.1-43.

APUMAYTA, U. P.; UGAZ, O. L. de. La Maca, importante especie vegetal peruana merece un mayor estudio. **Revista de Química**. v.7. n.2, dez. 1993.

ARAÚJO, W. M. C. **Alquimia dos alimentos**. Brasília: SENAC/DF, 2009.

BEEBE, K. R.; KOWALSKI, B. R. An Introduction to multivariate calibration and analysis, **Analytical Chemistry** 59:17, A1007-A1017, 1987.

BONNIER, E., 1986. Cah. Shi. Hum. 11, 97.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010.

COLLINS, C. H.; BRAGA, G. P.; BONATO, P. S. **Fundamentos de Cromatografia**, Editora Unicamp, 2010.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FAHEY, J. W.; ZALCMANN, A. T.; TALALAY, P. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. **Phytochemistry**. n.56. 2001.p.5–51.

Globo Repórter. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/globo-reporter/noticia/2013/04/descubra-os-segredos-da-maca-que-estimula-o-desejo-sexual-e-retarda-o-envelhecimento.html>> Acesso em: 21 jul. 2014

IAL, Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed., 1 ed. Digital. São Paulo: IAL, 2008.

KINUPP, V. F.; BARROS, I. B. I. Teores de proteína e minerais de espécies nativas, potenciais hortaliças e frutas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, n.38, Campinas, out./dez., 2008.

MACHADO, A. M. L. **Extração Automática de Contornos de Edificações Utilizando Imagem Gerada por Câmara Digital de Pequeno Formato e Dados Lidar**. 2006. 213 f. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) – Setor de Ciências da Terra - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006

OCHOA, C.; UGENT, D. Maca (*Lepidium meyenii Walp.; Brassicaceae*): a nutritious root crop of the central Andes. **Econ**. 2013. p.44–345.

OLIVEIRA, M. A. R. de; PARIS, E. C.; RIBEIRO, C. Avaliação do Potencial de Uso da Hidroxiapatita para Fertilização de Solos. **Quim. Nova**, Vol. 36, No. 6, 790-792, 2013.

OTTO, M. *Chemometrics*. Weinheim: Wiley, 1999.

PINELI, L. L. O. **Qualidade e potencial antioxidante in vitro de morangos in natura e submetidos a processamentos**. 2009. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília. Brasília, 2009.

QUIRÓS, C. F.; ALIAGA, R. Maca. In: Hermann, M.; Heller, J. (Eds.). *Andean Roots and Tubers: Ahipa Arracacha, Maca and Yacon*. **International Plant Genetic Resources Institute**, Rome, Italy, 1997. p.173–198.

QUIRÓS, C. F.; CÁRDENAS, R. A. Maca. In: M. Hermann; J. Heller (Eds.) *Andean roots and tubers: Ahipa arracacha, maca and yacon*. 1992.

REA, J. Andean roots. In: Hernándo Bermejo, J. E.; León, J. (Eds.). *Neglected Crops: 1492 From a Different Perspective*. **Plant Production and Protection Series** No. 26, FAO, Rome, Italy, 1994. p.165–179.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2 ed. Viçosa, Viçosa: UFV, 1990.

SILVA, G. C. R. **Processo industrial de extração dos óleos do fruto da macaúba: proposição de rota, simulação e análise de viabilidade econômica**. 2010. 217f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

UCHIYAMA, F.; JIKYO, T.; TAKEDA, R.; OGATA, M. *Lepidium meyenii* (Maca) enhances the serum levels of luteinizing hormone in female rats. **Journal of Ethnopharmacology**. 2013

ZENICO, T.; CICERO, A. F.; VALMORRI, L.; MERCURIALI, M.; BERCOVICH, E. Subjective effects of *Lepidium meyenii* (Maca) extract on well-being and sexual performances in patients with mild erectile dysfunction: a randomised, double-blind clinical trial. **Andrologia**. n.41, 2009. p.95–99.