الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Democratic and Popular Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة الحراش – الجزائر

National Higher School of Agronomy – El Harrach – Algiers

Department: Food Technology قسم: تكنولوجيا غذائية

Major: Human Nutrition تخصص: تغذية بشرية

A Dissertation

In Partial fulfilment of the Requirements for a Master's degree

THEME

Physicochemical and nutritional analysis of dried *Moringa oleifera* Lam. leaves and development of a functional food

By: Ms MAKHLOUFI Meriem

Date: 06.10.2022

Jury composed of:

President: **M. AMIALI Malek**	Professor, ENSA
Supervisor: **M. BITAM Arezki**	Professor, ENSA
Examiner: **Mrs. MERIBAI Amel**	Senior lecturer
Examiner: **M. BOUMEHIRA Ali Zineddine**	Senior lecturer

Class 2017 – 2022

Table of contents

Abstract

List of abbreviations

List of tables

List of figures

Introduction……...1

BIBLIOGRAPHIC SYNTHESIS

I. *Moringa oleifera Lam.* 2

I.1. Botanical classification and taxonomic hierarchy 2

I.2. Origins and geographic distribution (cartography) 4

I.3. Nutritional value of *Moringa oleifera* 5

I.4. Phytochemical composition 10

I.4.1. Polyphenols 11

I.4.2. Phenolic acids 11

I.4.3. Flavonoids 11

I.4.4. Alkaloids 12

I.4.5. Tannins 12

I.4.6. Oxalate 12

I.4.7. Phytate 13

I.4.8. Saponins 13

II. Medicinal and nutritional properties of *Moringa oleifera* 14

II.1. Antioxidant activity 14

II.2. Anti-inflammatory properties 14

II.3. Antiobesity and Hypolipidemic activity 14

II.4. Antidiabetic and hypoglycaemic activity 15

II.5. Anemia treatment 15

II.6. Anti-hypertensive properties 15

II.7. Neuroprotective properties 16

II.8. Hepatoprotective effects 16

II.9. Antimicrobial and antibacterial properties 16

II.10. Antiviral properties 17

II.11. Anti-allergic and antihistamine properties 17

II.12. Anticancer and anti-tumour activity 18
II.13. Other uses 18
II.14. Toxicity 18
III. Uses of *Moringa oleifera* 20
III.1. In human nutrition 20
III.2. Animal feed 20
III.3. In cosmetology 20
III.4. Green fertilizer 21
III.5. Biopesticide 21
III.6. Water purifier 21
IV. *Moringa oleifera* as a functional food product 22
MATERIALS AND METHODS
I. Plant material 23
II. Analysis methods used in the study 23
III. Biochemical analysis 24
III.1. Fat content 24
III.2. Protein content 25
III.3. Carbohydrates content 27
IV. Physicochemical analyses 27
IV.1. pH measurement 27
IV.2. Moisture and dry matter content 28
IV.3. Mineral matter 28
IV.4. Mineral content (Sodium – Potassium – Calcium) 28
IV.4.1. Sample solutions preparation 28
IV.4.2. Standard solutions preparation 28
V. Phytochemical analysis 29
V.1. Extraction methods 29
V.1.1. Ethanol maceration (E) 29
V.1.2. Distilled water maceration (WM) 29
V.1.3. Water infusion (WI) 29
V.2. Total polyphenols content 29
V.3. Flavonoids content 30
V.4. Alkaloid assay 31

V.5. Study of antioxidant activity 31
V.5.1. DPPH test (Free Radical Scavenging Power) 31
V.5.2. Reducing power assay (RP) 32
VI. Functional food product development 33
VII. Sensory evaluation 34
VIII. Statistical analysis 34
RESULTS AND DISCUSSION
I. Physicochemical and nutritional analyses 35
I.1. Chemical composition 35
I.2. Mineral content: 38
II. Phytochemical analyses 39
II.1. Extraction yield 39
II.2. Total polyphenols content (TPC) 40
II.3. Total flavonoids content 41
II.4. Alkaloids content 41
II.5. Study of the antioxidant activity 42
II.5.1. DPPH free radical scavenging activity 42
II.5.2. Inhibitory concentration for 50% of radicals (IC_{50}) 43
II.5.3. Reducing power 44
III. Sensory evaluation of the food product: 45
III.1. ANOVA: 45
III.2. Multivariate analyses 47
III.2.1. Principal component analysis (PCA) 47
III.2.2. Hierarchical cluster analysis (HCA): 48
Conclusion and perspectives
Bibliographic references 52
Appendices

Abstract:

Nowadays, there is immense scope for foods that can impart health benefits beyond traditional nutrients. *Moringa oleifera* (Drumstick tree) is one such tree having enormous nutritional and medicinal benefits, belonging to the family Moringaceae also called miracle tree, is grown in the region of Ghardaia in southern Algeria. This study was done to evaluate the nutritional and chemical properties of the dried leaves powder as well as its incorporation as an ingredient in a functional food product. The nutritional composition of its dried and powdered leaves gave the following results: a carbohydrates content of **39.30%, 21.25**% of proteins and **10.31**% of lipids. The mineral composition showed **300** mg of Calcium, **10250** mg of Potassium, **30.37** mg of Sodium per 100g of dry weight. For phytochemical screening, the extract was obtained through three different extractions: by water maceration, water infusion and ethanol maceration which was followed by rotavapor passage, the three extractions were then lyophilised. The extraction yields were **17.26%, 19.74**% and **21.01**% for each of the water maceration extract, water infusion and ethanol maceration extracts respectively. Total polyphenols content of **1.31** mgGAE/g for water maceration extract, **1.09** mgGAE/g for water infusion **and 1.97** mgGAE/g for the ethanol extract. And **3.26** mgQE/g**, 8.94** mgQE/g and **0.79** mgQE/g for flavonoids for each of the water maceration, water infusion and ethanol extracts respectively. The alkaloid content was found to be **0.84** g/g of sample. The antioxidant activity was evaluated by the free radical scavenging capacity DPPH with 50% free radical inhibition concentrations estimated at **74.01** µg/mL for water maceration, **60.02** µg/mL for water infusion and **14** µg/mL for ethanol extract respectively against **29** µg/mL for BHT; Whereas the ferric reducing power was found to be **33.37%, 59.03**% and **77.10**% for the water maceration, water infusion and ethanol extracts in order. The sensory evaluation results showed that the garlic flavored crackers were the most appreciated and rated the highest of all the samples containing *Moringa oleifera* leaves powder out of the four samples created.

Key words: *Moringa oleifera* Lam., nutritional value, chemical analyses, functional food product.

Résumé:

De nos jours, il y a d'immenses possibilités pour les aliments qui peuvent apporter des bienfaits pour la santé au-delà des nutriments traditionnels. *Moringa oleifera* (Drumstick tree) est un de ces arbres ayant d'énormes avantages nutritionnels et médicinaux, appartenant à la famille des Moringaceae également appelé arbre miracle, est cultivé dans la région de Ghardaia dans le sud de l'Algérie. Cette étude visait à évaluer les propriétés nutritionnelles et chimiques de la poudre de feuilles séchées ainsi que son incorporation comme ingrédient dans un produit alimentaire fonctionnel. La composition nutritionnelle de la poudre des feuilles séchées a donné les résultats suivants : une teneur en glucides de **39,30**%, **21,25**% de protéines et **10,31**% de lipides. La composition minérale a montré **300** mg de calcium, **10250** mg de potassium, **30,37** mg de sodium par 100 g de poids sec. Pour l'analyse phytochimique, l'extrait a été obtenu par trois extractions différentes : par macération à l'eau, par infusion d'eau et par macération à l'éthanol suivie d'un passage rotavapor, les trois extractions ont ensuite été lyophilisées. Les rendements d'extraction étaient respectivement de **17,26** %, **19,74** % et **21,01** % pour chacun des extraits de macération d'eau, d'infusion d'eau et d'éthanol. Teneur en polyphénols totaux de **1,31** mgGAE/g pour l'extrait de macération d'eau, **1,09** mgGAE/g pour l'infusion d'eau et **1,97** mgGAE/g pour l'extrait d'éthanol. Et **3,26** mgQE/g, **8,94** mgQE/g et **0,79** mgQE/g pour les flavonoïdes pour chacun des extraits de macération, d'infusion d'eau et d'éthanol, respectivement. La teneur en alcaloïdes était de **0,84** g/g d'échantillon. L'activité antioxydante a été évaluée par la capacité de récupération des radicaux libres DPPH avec des concentrations d'inhibition des radicaux libres estimées à 50 % à **74,01** µg/mL pour la macération dans l'eau, **60,02** µg/mL pour l'infusion d'eau et **14** µg/mL pour l'extrait d'éthanol, respectivement, contre **29** µg/mL pour le BHT; Alors que la puissance de réduction ferrique a été trouvé à **33,37**%, **59,03**% et **77,10**% pour la macération de l'eau, l'infusion d'eau et les extraits d'éthanol dans l'ordre. Les résultats de l'évaluation sensorielle ont montré que les biscuits aromatisés à l'ail étaient les plus appréciés et les mieux notés de tous les échantillons contenant de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera* des quatre échantillons fabriqués.

Mots clés : *Moringa oleifera* Lam., valeur nutritionnelle, analyses chimiques, produit alimentaire fonctionnel.

ملخص

في عصرنا الحالي ظهرت الكثير من الاغذية التي تفيد صحتنا, و هذا بالاضافة للاغذية التي نتداولها. مورينغا اوليفيرا تعتبر من الأشجار التي تحتوي فوائد طبية متنوعة, وقد سميت الشجرة المعجزة بسبب ذلك. تنمو هذه الشجرة في غرداية بجنوب الجزائر.

تم إعداد هذه الدراسة لتحليل العناصر الغذائية و الكيميائية لمسحوق أوراق شجرة المورينغا و التعرف على طرق إدخالها في نظامنا الغذائي اليومي. كانت النتائج كالتالي, الكربوهيدرات 39.30%, البروتينات 21.25% و الدهون 10.31%. المكونات المعدنية بينت وجود 300مغ من الكالسيوم, 10250مغ من البوتاسيوم و 30.37 مغ صوديوم في كل 100 غ من مسحوق الاوراق.

في الفحص الفيتوكيميائي تم الحصول على المستخلص بثلاث طرق مختلفة, عبر النقع في الماء, التشريب في الماء و النقع في الايثانول وكانت النتائج بالترتيب كالتالي, 17.26%, 19.74% و 21.01%.

كمية البوليفينول الكلية 1.31 مغ /GAEغ للنقع في الماء, 1.09 مغ /GAEغ للتشريب في الماء و 1.97 مغ /GAEغ للنقع في الاثانول. نتائج تحليل الفلافونويد كانت كالتالي, 3.26 مغ /QEغ, 8.94 مغ /QEغ و 0.79 مغ /QEغ لكل من نقع الماء, تشريب الماء و نقع الايثانول. الكلويدات وجدت بكمية 0.84 غ/غ في العينة, مضادات الاكسدة DPPH (*Ic50*) وجدت بكمية 74.01 µغ في مستخلص النقع في الماء, 60.02 µغ لتشريب الماء و 14 µغ في النقع في الايثانول. اما في فحص تخفيض ايونات الحديد كانت النتائج على الترتيب التالي, 33.37%, 59.03% و 77.10% لكل طريقة فحص.

اظهرت الاختبارات الحسية ان البسكويت بطعم الثوم تلقى قبولا جيدا لدى العينة التي جربتها مقارنة بالانواع الاربعة التي تم تحضيرها بإضافة مكون المورينغا 5%.

الكلمات المفتاحية: مورينغا اوليفيرا، القيمة الغذائية، التحليلات الكيميائيةّ، منتوج غذائي.

.