



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

Département : Technologie Alimentaire

القسم : التكنولوجيا الغذائية

Spécialité : Elaboration Et Qualité Des Aliments

التخصص : إعداد و نوعية الأطعمة

Mémoire de fin d'étude

Pour L'obtention Du Diplôme De Master

THEME

**Valorisation du souchet comestible (*Cyperus esculentus* L.) et la
mélisse (*Melissa officinalis* L.) dans la fabrication d'un biscuit
sans gluten.**

Présenté Par : **HOUARI Assia**

Soutenu Publiquement le 24/06/2026

REZKALLAH Mounia

Devant le jury composé de :

Président : Pr AMIALI Malek

Professeur, ENSA

Promotrice : Dr AISSAOUI Ourida

MCA, ENSA

Examinatrice : Dr AOUIR Amel

MCA, ENSA

Examineur : Dr BOUKHARI Nabil

MCB, U. Blida 1

Résumé

Ces dernières années, le développement d'aliments fonctionnels sans gluten a connu un essor notable, visant à répondre aux besoins nutritionnels des personnes atteintes de la maladie cœliaque tout en offrant des bénéfices physiologiques au-delà de la nutrition de base. Dans cette étude, le souchet *Cyperus esculentus* L. a été utilisé comme matrice de base pour la formulation de biscuits de type cookies sans gluten, enrichis par l'incorporation de poudre de mélisse *Melissa officinalis* L. à de taux croissants (0,1%, 0,3%, 0,5% et 0,7%) fabriqués dans le complexe de structure BIMO spécialisé dans la fabrication de toutes sortes de biscuits, et de produits chocolateries. L'objectif principal était de valoriser la richesse nutritionnelle du souchet tout en exploitant le potentiel bioactif de la mélisse pour améliorer les propriétés antioxydantes et le profil nutritionnel du produit fini.

La caractérisation des matières premières a confirmé la complémentarité de ce mélange : le souchet se distingue par sa forte teneur en lipides (22,24%), principalement en acide oléique, et sa valeur énergétique (424,32 kcal/100 g), tandis que la mélisse apporte une densité remarquable en minéraux (11,52%), en protéines (9,33%) et en fibres (19,46%). De plus, la mélisse a révélé une richesse exceptionnelle en composés phénoliques (987,22 mg EAG/g) et une forte activité antioxydante (IC₅₀ DPPH=45,75 µg/ml).

Les résultats sur le produit fini démontrent que l'incorporation de la mélisse améliore significativement la valeur nutritionnelle des biscuits au souchet. Les teneurs en protéines ont progressé de 4,7% (témoin) à 7,0% (pour le taux de 0,7%), et les fibres alimentaires ont atteint 9,5%. Sur le plan phytochimique, l'enrichissement à 0,7% a permis d'augmenter la teneur en polyphénols de 39% et celle des flavonoïdes de 54% par rapport au témoin sans gluten, portant le taux d'inhibition du radical DPPH à 77,19%.

Sur le plan de la sécurité, les analyses microbiologiques ont confirmé la conformité des biscuits aux normes réglementaires, avec une absence totale de germes pathogènes (*Salmonella*, *Escherichia coli*), garantissant ainsi l'innocuité du produit. Enfin, l'évaluation sensorielle, appuyée par une analyse statistique multidimensionnelle, a mis en évidence une excellente acceptabilité globale, les formulations enrichies (notamment à 0,5% et 0,7%) présentant une meilleure perception de la texture, de la saveur et de l'odeur par rapport au témoin. Ces résultats confirment que l'incorporation de la mélisse permet non seulement d'améliorer le profil biochimique des biscuits au souchet, mais aussi d'optimiser leur plaisir gustatif.

Mots clés : Aliment fonctionnel, biscuit sans gluten, souchet *Cyperus esculentus* L., mélisse *Melissa officinalis* L., activité antioxydante.

Abstract

In recent years, the development of gluten-free functional foods has gained considerable attention in order to replay the nutritional needs of individuals suffering from celiac disease while providing physiological benefits beyond basic nutrition. In this study, tigernut *Cyperus esculentus* L. was used as the base matrix for the formulation of gluten-free cookies enriched with lemon balm *Melissa officinalis* L. powder incorporated at increasing levels (0.1%, 0.3%, 0.5%, and 0.7%). The biscuits were manufactured at the BIMO industrial complex, specialized in the production of various types of biscuits, chocolates, and cocoa powder. The main objective was to incorporate the nutritional richness of tigernut while exploiting the bioactive potential of lemon balm to improve the antioxidant properties and nutritional profile of the final product.

The characterization of the raw materials confirmed the complementarity of this combination: tigernut was distinguished by its high lipid content (22.24%), mainly composed of oleic acid, and its high energy value (424.32 kcal/100 g), whereas lemon balm provided a remarkable density of minerals (11.52%), proteins (9.33%), and dietary fiber (19.46%). Furthermore, lemon balm exhibited exceptional richness in phenolic compounds (987.22 mg GAE/g) and strong antioxidant activity (DPPH IC₅₀ = 45.75 µg/ml).

The results obtained on the finished product demonstrated that the incorporation of lemon balm significantly improved the nutritional value of tigernut biscuits. Protein content increased from 4.7% in the control sample to 7.0% in the formulation containing 0.7% lemon balm, while dietary fiber reached 9.5%. From a phytochemical perspective, enrichment at 0.7% increased polyphenol content by 39% and flavonoid content by 54% compared with the gluten-free control biscuit, resulting in a DPPH radical inhibition rate of 77.19%.

Regarding safety, microbiological analyses confirmed the compliance of the biscuits with regulatory standards, showing a complete absence of pathogenic microorganisms (*Salmonella*, *Escherichia coli*), thereby ensuring product safety. Finally, sensory evaluation supported by multidimensional statistical analysis revealed excellent overall acceptability. The enriched formulations, particularly those containing 0.5% and 0.7% lemon balm, exhibited better perceptions of texture, flavor, and aroma compared with the control sample. These findings confirm that the incorporation of lemon balm not only enhances the biochemical profile of tigernut biscuits but also improves their sensory appeal.

Keywords : Functional food, gluten-free biscuit, tiger nut (*Cyperus esculentus* L.), lemon balm (*Melissa officinalis* L.), antioxidant activity.

الملخص

شهد تطوير الأغذية الوظيفية الخالية من الغلوتين خلال السنوات الأخيرة اهتمامًا متزايدًا، بهدف تلبية الاحتياجات الغذائية للأشخاص المصابين بمرض السيلياك، مع توفير فوائد فسيولوجية تتجاوز التغذية الأساسية. في هذه الدراسة، استُخدم نبات الحب العزيز (*Cyperus esculentus* L.) كمادة أساسية في تصنيع بسكويت خالٍ من الغلوتين من نوع الكوكيز، مدعم بمسحوق المليسة (*Melissa officinalis* L.) بنسب متزايدة (0.1%، 0.3%، 0.5% و 0.7%). وقد تم تصنيع هذه المنتجات في مركب بيمو الصناعي المتخصص في إنتاج مختلف أنواع البسكويت والشوكولاتة ومسحوق الكاكاو. تمثل الهدف الرئيسي للدراسة في تثمين القيمة الغذائية للسعد اللذيذ والاستفادة من الإمكانيات الحيوية للمليسة لتحسين الخصائص المضادة للأكسدة والقيمة الغذائية للمنتج النهائي.

أظهرت نتائج توصيف المواد الأولية التكامل بين المكونين؛ إذ تميز السعد اللذيذ بارتفاع محتواه من الدهون (22.24%)، وخاصة حمض الأوليك، إضافة إلى قيمته الطاقوية المرتفعة (424.32 كيلو كالوري/100 غ)، في حين تميزت المليسة بغناها بالمعادن (11.52%) والبروتينات (9.33%) والألياف الغذائية (19.46%). كما كشفت المليسة عن محتوى مرتفع جدًا من المركبات الفينولية (987.22 ملغ مكافئ حمض الغاليك/غ) ونشاط قوي مضاد للأكسدة (IC50-DPPH = 45.75 ميكروغرام/مل).

أظهرت نتائج المنتج النهائي أن إضافة المليسة حسنت بشكل ملحوظ القيمة الغذائية لبسكويت السعد اللذيذ. فقد ارتفعت نسبة البروتينات من 4.7% في العينة الشاهدة إلى 7.0% في التركيبة المحتوية على 0.7% من المليسة، بينما بلغت نسبة الألياف الغذائية 9.5%. ومن الناحية الكيميائية النباتية، أدى التدعيم بنسبة 0.7% إلى زيادة محتوى البوليفينولات بنسبة 39% والفلافونويدات بنسبة 54% مقارنة بالبسكويت الخالي من الغلوتين غير المدعم، مع تحقيق نسبة تثبيط لجذر DPPH بلغت 77.19%.

أما من ناحية السلامة الصحية، فقد أكدت التحاليل الميكروبيولوجية مطابقة البسكويت للمعايير التنظيمية المعتمدة، مع غياب تام للجراثيم الممرضة مثل السالمونيلا والإشريكية القولونية، مما يضمن سلامة المنتج. كما أظهر التقييم الحسي، المدعوم بالتحليل الإحصائي متعدد الأبعاد، مستوى عاليًا من القبول العام، حيث حققت التركيبات المدعمة بالمليسة، وخاصة عند نسبتي 0.5% و 0.7%، تقييمات أفضل من حيث القوام والطعم والرائحة مقارنة بالعينة الشاهدة. تؤكد هذه النتائج أن إضافة المليسة لا تسهم فقط في تحسين الخصائص البيوكيميائية لبسكويت السعد اللذيذ، بل تعزز أيضًا جودته الحسية ومتعة استهلاكه.

الكلمات المفتاحية: الأغذية الوظيفية، بسكويت خالٍ من الغلوتين، الحب العزيز (*Cyperus esculentus* L.)، المليسة (*Melissa officinalis* L.)، النشاط المضاد للأكسدة.

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction	1
CHAPITRE I : Étude bibliographique.....	4
I.1. Souchet comestible <i>Cyperus esculentus</i> L.	4
I.1.1. Historique	4
I.1.2. Description botanique.....	5
I.1.3. Classification botanique	6
I.1.4. Composition.....	7
I.1.5. Utilisation.....	8
I.2. <i>Melissa officinalis</i> L	10
I.2.1. Généralité	10
I.2.2. Description botanique.....	11
I.2.3. Classification botanique	12
I.2.4. Intérêt thérapeutique.....	12
I.2.5. Composition.....	13
I.3. Biscuits	14
I.3.1. Généralité	14
I.3.2. Classification	15
I.3.3. Composition.....	16
I.3.4. Intérêt nutritionnel	18
I.3.5. Limites nutritionnelles des biscuits	19
I.3.6. Procédés technologiques de la fabrication des biscuits.....	19
I.3.7. Critères de qualité des biscuits	22
I.3.8. Biscuits sans gluten	23
I.3.8.1. Gluten.....	23
I.3.8.2. Intolérance au gluten	24
I.3.8.3. La maladie cœliaque	24
I.3.8.4. Sensibilité au gluten (sensibilité au gluten non cœliaque)	24
I.3.8.5. Importance des produits sans gluten.....	25

I.3.8.6. Problèmes technologiques des biscuits sans gluten	25
I.3.8.7. Alternatives au gluten.....	26
I.3.8.8. Qualité des biscuits sans gluten	28
I.3.9. Aliments fonctionnels.....	29
I.3.9.1. Définition	29
I.3.9.2. Types d'aliments fonctionnels.....	30
I.3.9.3. Biscuits enrichis.....	30
I.3.10. Biscuit sans gluten fonctionnels	32
I.3.10.1. Définition	32
I.3.10.2. Composition.....	33
I.3.10.3. Bienfaits nutritionnels et effets physiologiques	34
I.3.10.4. Biscuits sans gluten à base de souchet	35
CHAPITRE II : Matériel et méthodes.....	36
II.1. Analyse des matières premières	36
II.1.1. Identification botanique.....	36
II.1.2. Analyses physico-chimiques	40
II.1.2.2. Détermination du taux de cendres	40
II.1.2.3. Détermination de la teneur en fibres totales	41
II.1.2.4. Détermination de la teneur en protéines	41
II.1.2.5. Extraction et détermination de la teneur en matière grasse.....	42
II.1.2.6. Analyse chromatographie en phase gazeuse (CPG) de souchet	43
II.1.2.7. Détermination de l'acidité grasse.....	45
II.1.2.9. Détermination de pH.....	46
II.1.2.10. Détermination de la teneur en glucides totaux	46
II.1.2.11. Détermination de la valeur énergétique	46
II.1.3. Analyses phytochimiques.....	47
II.1.3.1. Préparation des extraits de plantes.....	47
II.1.3.2. Le choix du solvant.....	47
II.1.3.3. Détermination qualitative des composés phytochimiques	47
II.1.3.4. Détermination quantitative des composés phytochimiques.....	48
II.1.3.5. Analyse chromatographie liquide à haute performance (HPLC) des polyphénols	50
II.2. Conception de l'aliment fonctionnel sans gluten (biscuit type cookies)	51
II.2.1. Etapes de fabrication des cookies sans gluten enrichis en mélisse	52

II.2.1.2. Pétrissage.....	53
II.2.1.3. Mise en forme.....	53
II.2.1.4. Cuisson	53
II.2.1.5. Conditionnement	53
II.3. Analyse des biscuits sans gluten	55
II.3.1. Analyses physicochimiques.....	55
II.3.2. Analyses phytochimiques	55
II.3.2.1. Dosage des flavonoïdes totaux	55
II.3.2.2. Dosage des polyphénols totaux	55
II.3.2.3. Dosage de l'activité antioxydante.....	56
II.3.3. Analyses microbiologiques.....	56
II.3.3.1. Préparation de la solution mère	57
II.3.3.2. Préparation de dilutions décimales.....	57
II.3.3.3. Recherche et dénombrement des microorganismes	57
II.3.4. Analyses physiques	61
II.3.5. Analyses sensorielles des biscuits sans gluten	62
II.3.6. Analyses économiques.....	63
II.3.7. Etude statistiques.....	63
CHAPITRE III : Résultats et discussion.....	64
III.1. Résultats.....	64
III.1.1. Résultats des analyses des matières premières.....	64
III.1.1.1. Résultats des analyses physicochimiques.....	64
III.1.1.2. Résultats des analyses phytochimique	68
III.1.2. Résultats des analyses des biscuits sans gluten.....	77
III.1.2.1. Résultats d'analyses physicochimiques.....	78
III.1.2.2. Résultats phytochimique	85
III.1.2.3. Résultats des analyses microbiologiques.....	89
III.1.2.4. Résultats des analyses physiques	90
III.1.2.5. Résultats des analyses économiques	91
III.1.3. Résultats des analyses statistique	93
III.1.3.1. Résultat des analyses de variance (ANOVA) et tests de comparaison TUKEY .	93
III.1.3.2. Résultat de l'analyse en composantes principales (ACP) et de la classification ascendante hiérarchique (AHA).....	97
III.2. Discussion générale.....	101

Conclusion.....	105
Références bibliographiques	
Annexes	