



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne démocratique

et populaire

Ministère de l'enseignement Supérieur et

de la recherche scientifique

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة الحراش – الجزائر

**Ecole Nationale Supérieure Agronomique – El Harrach – Alger**

Département : Technologie alimentaire

Spécialité : Elaboration et qualité des aliments

قسم : تكنولوجيا التغذية

تخصص: إعداد ونوعية الأطعمة

**Mémoire de fin d'études**

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

**THEME**

**Extraction de la phycocyanine et élaboration d'un aliment fonctionnel : type biscuit.**

**Réalisé par : BENCHABANE Sabri et HOCINE Mohamed Amine**

**Soutenue le : 14/10/2021**

**Devant le jury composé de**

Président : Mme MERIBAI Amel

Promoteur : M AMIALI Malek

Examinateur : Mme AOUIR Amel

Examinateur : Mme BERROUANE Nour EL Houda

**Promotion 2016 – 2021.**

## TABLE DES MATIERES

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des acronymes

Liste des tableaux

Liste des figures

ملخص

Abstract

Résumé

Introduction.....	1
REVUE BIBLIOGRAPHIQUE .....	5
Chapitre I : la spiruline.....	5
1.1. Définition.....	5
1.2. Composition chimique et nutritionnelle de la spiruline.....	6
1.2.1. Protéines.....	6
1.2.2. Lipides.....	8
1.2.2.1. Fraction saponifiable « Acides gras » .....	9
1.2.2.2. Fraction insaponifiable :.....	10
1.2.3. Glucides.....	10
1.2.4. Acides nucléiques .....	10
1.2.5. Vitamines.....	11
1.2.5.1. Les vitamines liposolubles .....	11
1.2.5.2. Les vitamines hydrosolubles .....	11

1.2.6. Minéraux et oligoéléments.....	11
1.2.7 Enzymes .....	12
1.2.8. Pigments.....	12
1.2.8.1. Caroténoïdes (pigments jaune-orange).....	13
1.2.8.2. Chlorophylle (pigment vert) .....	13
1.2.8.3. Phycocyanine (pigment bleu) .....	14
1.3. Intérêts alimentaires, thérapeutiques et biotechnologiques de la spiruline.....	14
1.3.1. Effet hypocholestérolémiant.....	14
1.3.2. Effet hypoglycémiant.....	15
1.3.3. Aide contre la malnutrition .....	15
1.3.4. Effet anti-anémie ferriprive.....	15
1.3.5. Effet préventif contre le cancer.....	16
1.3.6. Renforcement du système immunitaire.....	17
1.3.7. Effet sur l'hyperactivité.....	17
1.3.8. Effet antihypertenseur.....	17
1.3.9. Effet antioxydant.....	18
1.3.10. Activité antivirale.....	18
1.3.11. Spiruline et sport.....	19
1.3.12. Effet antiallergique.....	19
1.3.13. Effet chélateur de métaux lourds.....	19
1.3.14. Spiruline et vue.....	20
1.3.15. Effet sur la sténose hépatique.....	20
1.3.16. Lutte contre la fatigue.....	21
Chapitre II : la phycocyanine.....	22

2.1. Définition.....	22
2.2. Utilisations de la phycocyanine :.....	22
2.3. Propriétés physico-chimiques de la phycocyanine.....	24
2.4. Méthodes d'extraction de la phycocyanine.....	25
2.4.1. Les méthodes conventionnelles.....	25
2.4.1.1. Méthode physique.....	25
2.4.1.2. Méthodes chimiques.....	25
2.4.1.3. Méthodes mécaniques.....	27
2.4.2. Les méthodes innovantes.....	28
2.4.2.1. Ultrasons.....	28
2.4.2.1.1. Les différents types de sonicateur.....	29
2.4.2.1.2. Mécanismes d'extraction assistée par ultrasons.....	29
2.4.2.1.3. Applications industrielles de l'extraction par ultrasons.....	31
2.4.2.2. CO2 super critique.....	31
2.4.2.3. Les micro-ondes.....	31
2.4.2.4. Champ électrique pulsé.....	32
Chapitre III : Purification des protéines :.....	32
3.1. Définition :.....	32
3.2. Objectifs de la purification des protéines :.....	33
3.3. Méthodes de purification des protéines :.....	33
3.3.1 Méthodes basées sur la différence de solubilité.....	33
3.3.2. Méthodes basées sur la taille des molécules :.....	35
3.3.3. Méthodes basées sur les propriétés ioniques : la chromatographie.....	36
Chapitre IV : Notions d'aliments fonctionnels.....	37

Introduction.....	37
4.1. Définitions.....	37
4.2. Les différentes catégories d'aliments fonctionnels.....	39
4.3. Les aliments énergétiques par nature.....	41
4.4. Les aliments fonctionnels et les allégations .....	42
MATERIELS ET METHODES.....	45
1-EXTRACTION ET PURIFICATION DE LA PHYCOCYANINE.....	46
1.1. Matériel végétal.....	46
1.2. Extraction de la phycocyanine par ultrasons.....	46
1.3. Purification des phycobiliprotéines.....	47
1.3.1 Précipitation au sulfate d'ammonium.....	47
1.4 Lyophilisation.....	48
2.ELABORATION DU BISCUIT.....	49
3.METHODES D'ANALYSES.....	50
3.1. Taux d'humidité du biscuit.....	50
3.2. Test de l'ABTS sur la poudre de phycocyanine.....	51
3.3. Dosage des protéines (méthode de Kjeldahl).....	52
3.4. Dosage des glucides totaux :.....	53
3.5. Dosage des sucres totaux.....	53
3.6. Détermination teneur en amidon.....	55
3.7. Détermination de la valeur énergétique.....	55
3.8. Taux de cendres :.....	55
3.9. Teneur en matière grasse.....	56
3.10. Composition en acide gras :.....	57

4. EVALUATION SENSORIELLE.....	58
4.1. Analyse sensorielle.....	58
4.2. Conditions de réalisation du test.....	59
4.3. Tests utilisés.....	60
5. Analyse statistique : Test de KRAMER.....	61
RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	63
I. Extraction de la phycocyanine.....	64
II. Activité antioxydante de la phycocyanine.....	64
III. Résultats des analyses du biscuit.....	65
1. Taux d'humidité du biscuit.....	65
2. Teneur en protéines du biscuit.....	65
3. Teneur en matières grasses du biscuit.....	66
4. Teneur en acides gras .....	66
5. Teneur en glucides et sucres totaux, amidon et valeur énergétique du biscuit.....	68
6. Taux de cendres du biscuit .....	68
IV- APPRECIATIONS SENSORIELLES : ANALYSE STATISTIQUE :.....	68
IV.1. Test de KRAMER :.....	68
IV.2. Classification Ascendante Hiérarchique (CAH):.....	73
Conclusion.....	75
Références bibliographiques.....	77

## **Résumé**

Cette étude a été menée afin de mettre au point un aliment fonctionnel de type biscuit enrichi en phycocyanine. Pour atteindre cet objectif, l'extraction de la phycocyanine de la spiruline, la formulation du biscuit et l'analyse de la phycocyanine extraite ainsi que l'analyse produit fini après incorporation ont été établis. Différentes concentrations de biscuits enrichis en phycocyanine ont été établies à savoir 0%,1%,2%et 3%. Les résultats ont montré que les teneurs en protéines de ces biscuits ont varié de 8.51% pour le biscuit 0% à 46.85% pour le biscuit à 3% de phycocyanine. Les teneurs en glucides, matières grasses et la valeur énergétique du produit enrichis étaient de  $45.95 \pm 0,23$  %,  $21.72 \pm 2.07$ % et 514Kcal pour le biscuit à 1% de phycocyanine enrichie. La teneur en eau des biscuits enrichis était de  $2.63 \pm 0,32$ % avec un taux de cendre atteignent  $3.27 \pm 0,28$  %. L'évaluation sensorielle et l'analyse des données statistiques des aspects étudiés à savoir : la saveur, l'arôme, la couleur, la croustillance, l'après goût et l'acceptabilité générale du biscuit ont désigné la concentration de 1% de phycocyanine enrichie comme concentration d'incorporation optimale.

## ملخص

أجريت هذه الدراسة من أجل تطوير غذاء وظيفي من نوع البسكويت المخصب بالفيكوسيانين. لتحقيق هذا الهدف ، تم استخراج الفيكوسيانين من سبيرولينا ، وتركيب البسكويت وتحليل الفيكوسيانين المستخرج وكذلك تحليل المنتج النهائي بعد التأسيس. تم تحديد تركيزات مختلفة من البسكويت المخصب بالفيكوسيانين وهي 0% ، 1% ، 2% و 3%. أظهرت النتائج أن محتوى البروتين في هذا البسكويت تفاوت من 8.51% للشاهد ذو تركيز 0% إلى 46.85% لتركيز 3% كان محتوى الكربوهيدرات والدهون والطاقة للمنتج المدعم  $45.95 \pm 0.23\%$  ،  $21.72 \pm 2.07\%$  و 514 كيلو كالوري لملف تعريف الارتباط 1% فيكوسيانين المعزز. كان المحتوى المائي للبسكويت المدعم  $2.63 \pm 0.32\%$  مع محتوى رماد يصل إلى  $3.27 \pm 0.28\%$ . التقييم الحسي وتحليل البيانات الإحصائية للجوانب المدروسة وهي: النكهة والرائحة واللون والقرمشة والطعم اللاحق والمقبولية العامة للبسكويت حدد تركيز 1% من الفيكوسيانين المخصب كتركيز دمج أمثل

## Abstract

This study was carried out in order to develop a functional biscuit-type food enriched with phycocyanin. To achieve this objective, the extraction of phycocyanin from spirulina, the formulation of the biscuit and the analysis of the extracted phycocyanin as well as the analysis of the finished product after incorporation were established. Different concentrations of biscuits enriched with phycocyanin have been established namely 0%, 1%, 2% and 3%. The results showed that the protein contents of these biscuits varied from 8.51% for the 0% biscuit to 46.85% for the 3% phycocyanin biscuit. Carbohydrate content, fat and energy value of the fortified product were  $45.95 \pm 0.23\%$ ,  $21.72 \pm 2.07\%$  and 514Kcal for the 1% phycocyanin respectively fortified biscuit. The water content of the fortified biscuits was  $2.63 \pm 0.32\%$  with an ash content reaching  $3.27 \pm 0.28\%$ . The sensory evaluation and the analysis of the statistical data of the aspects studied namely: flavor, aroma, color, crispness, aftertaste and general acceptability of the biscuit designated the concentration of 1% of phycocyanin enriched as an optimal incorporation concentration.