

**République algérienne démocratique et populaire**

**وزارة التعليم العالي والبحث العلمي**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**المدرسة الوطنية العليا للفلاحة الحراش – الجزائر**

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

**Département : Technologie alimentaire**

**قسم: التكنولوجيا الغذائية**

**تخصص: التغذية البشرية**

**Spécialité : Nutrition humaine**

## **Mémoire de fin d'études**

**En vue de l'obtention du diplôme de master en agronomie**

### **THEME**

**Extraction de la phycocyanine et élaboration d'un aliment  
fonctionnel de type boisson**

**Présenté par : Melle Berkani Boutheyna  
M<sup>elle</sup> Berkani khadidja**

**Soutenu le : 18/10/2021**

**Devant le jury**

**Président M. AMIALI M.  
Promoteur M. BENCHABANE A.  
Examineurs M. HAZZIT M.  
Mme BERROUANE N.**

## Sommaire

Introduction .....	1
Chapitre I : Généralités sur la spiruline.....	3
I.1 Définition .....	3
I.2. Origine.....	3
I.3. Systématique .....	4
I.4. Biologie et écologie.....	5
I.4.1.Morphologie .....	5
I.4.2. Reproduction .....	6
I.4.3. Habitat naturel et source .....	6
I.5 Pigments photosynthétiques .....	7
I.5.1.Chlorophylles.....	7
I.5.2. Caroténoïdes .....	7
I.5.3. Phycobilliprotéines .....	7
I.6.Composition nutritionnelle de la spiruline .....	8
I.6.1. Les protéines.....	8
I.6.2. Les glucides .....	9
I.6.3. Les lipides.....	10
I.6.4. Les vitamines.....	10
I.6.5. Les minéraux et les oligo-éléments .....	11
I.6.6. Les enzymes .....	11
I.7. La spiruline en Algérie .....	11
I.8. Production de la spiruline.....	11
I.9. Culture de la spiruline .....	12
I.9.1. Culture artisanale.....	12
I.9.2. Culture industrielle .....	12
I.9.3. Milieux de culture de la spiruline .....	12
I.9.4. Récolte et extrusion .....	13
I.9.5. Séchage et conditionnement .....	13
I.10. Développement industriel.....	13
I.10.1. En cosmétologie .....	14
I.10.2. En industrie alimentaire.....	14
I.10.3. En Aquaculture .....	14
Chapitre II. La phycocyanine .....	14
II .1. Présentation de la phycocyanine.....	14
II .2. Propriétés physico-chimiques.....	15

II .2.1. Structure chimique de la phycocyanine .....	15
II .2.2. Propriétés spectrales.....	16
II .2.3. Stabilité .....	17
II .3. Méthodes d'extraction .....	17
II .4. Production de la C-phycocyanine .....	18
II .5. Activités biologiques .....	19
II .5.1. Activités antioxydantes .....	19
II .5.2. Activité inflammatoire .....	20
II .5.3. Activité antitumorale .....	20
II .5.4. Autres activités biologiques de la C-PC .....	20
II .6. Applications de la phycocyanine .....	21
II .6.1. domaine agroalimentaire.....	21
II .6.2. domaine médicale et pharmaceutique .....	21
II .6.3. domaine de la cosmétique.....	21
Chapitre III : Aliments fonctionnels.....	22
III.1. Définition.....	22
III.2. Histoire .....	22
III.3. Classification .....	23
III.4. Sources d'aliments fonctionnels .....	25
III.5. Les boissons fonctionnelles .....	26
III.5.1. Définition .....	26
III.5.2. Fonctionnalité .....	26
III.5.3. Facteurs fonctionnels.....	28
III.5.4. Conservation des facteurs fonctionnels .....	29
III.5.5. Règlementation des aliments fonctionnels .....	29
III.6. La conception d'une boisson fonctionnelle .....	29
III.6.1. Solubilité des ingrédients.....	30
III.6.2. Acceptabilité des composés fonctionnels .....	30
Conclusion.....	31
<b>Chapitre 1 : Matériels et Méthodes</b> .....	33
1. Méthode d'extraction de la phycocyanine .....	33
1.1. Biomasse alguale .....	33
1.2. Extraction assistée par ultrasons.....	33
1.3. Lyophilisation de l'extrait de spiruline.....	34

2.	Caractérisation de la phycocyanine.....	35
2.1.	Analyses physicochimiques.....	35
2.1.1.	Détermination du pH (norme ISO 1842, NA 2233, 1993) .....	35
2.1.2.	Détermination de la teneur en humidité.....	35
	(NF V 04-211,1971 AFNOR, 1999) .....	36
2.3.	Détermination de l'activité antioxydante de l'extrait de phycocyanine .....	37
2.3.1.	Le test de réduction du radical ABTS .....	37
3.	Extraction de l'huile de citron.....	37
3.1.	Préparation de l'huile.....	37
3.2.	Procédé d'extraction .....	38
3.3.	Le rendement en huile essentielle (RHE) .....	40
4.	Formulation de la boisson .....	40
4.1.	Choix de la formulation la boisson.....	40
4.2.	Processus de fabrication de la boisson.....	41
4.2.1.	Composition générale de la boisson .....	41
4.2.1.	Méthodes de préparation de la boisson.....	43
4.2.2.	Elaboration des différentes formulations de boisson .....	44
4.3.	Analyses portant sur les boissons formulées .....	46
4.3.1.	Analyse sensorielle .....	46
4.3.1.1.	Définition .....	46
4.3.1.2.	But.....	45
4.3.1.3.	Test de dégustation .....	46
4.3.1.4.	Fiche d'évaluation sensorielle.....	47
4.3.2.	Analyses physico-chimiques des boissons .....	47
4.3.2.1.	Mesure du pH.....	47
4.3.2.2.	Détermination de l'acidité titrable totale : NF (V05-101) .....	47
4.3.2.3.	Détermination du degré Brix (AFNOR, 1986) .....	48
4.3.2.4.	Détermination de la densité relative à 20° C (Gachot, 1955) .....	48
4.3.2.5.	Dosage des sucres totaux (Méthode du Dubois et al., 1956).....	48
4.3.2.7.	Dosage de l'acide ascorbique par colorimétrie .....	49
4.4.	Etude de la stabilité des boissons au cours du stockage .....	50
4.5.	Analyse statistique .....	50
1.	Extraction de la phycocyanine .....	52
1.1.	Rendement de l'extrait lyophilisé.....	52
1.2.	Analyses physicochimiques de l'extrait de la phycocyanine lyophilisée .....	53
1.2.1.	pH.....	53
1.2.2.	Taux d'humidité.....	53

1.2.3. Protéines.....	53
2. Activité antioxydante de la phycocyanine.....	54
3. Rendement de l’Huile essentielle de citron.....	55
4. Résultats du test de dégustation .....	56
5. Analyse en composante principale (ACP).....	59
6. Résultats des analyses physico-chimique et biochimique des boissons formulées après stockage .....	62
7. Résultats de stabilité de la boisson .....	64
7.1. Aspect visuel.....	64
8. Packaging .....	65
9. Etiquetage.....	66
10. Qualité nutritionnelle.....	66
Conclusion.....	68

## **Références bibliographiques**

## **Annexes**

## Résumé

Le présent travail porte sur l'essai de formulation d'une boisson aromatisée enrichie en phycocyanine, une protéine extraite de la spiruline dont les vertus sont multiples pour la santé en raison de ces applications pharmaceutiques et alimentaires.

La première étape consiste à extraire la phycocyanine à partir de la biomasse séchée d'*Arthrospira platensis* en utilisant un mécanisme d'extraction assisté par ultrasons, une méthode simple, efficace et peu coûteuse qui permet d'améliorer le rendement d'extraction de la phycocyanine. La deuxième étape a porté sur la formulation d'une boisson aromatisée enrichie en ingrédients protéiques, stable et acceptable d'un point de vue organoleptique, pour cela différentes concentrations de phycocyanine ont été réalisées afin de tester leur stabilité face aux différents paramètres (pH, lumière et température). De même un test de dégustation a été entrepris afin de permettre la sélection de la boisson conforme à l'application alimentaire et résistante au stockage.

**Mots clés :** Spiruline, Phycocyanine, extraction, boisson, protéine, stabilité

## Abstract

This work focuses on the formulation test of a flavoured drink enriched with phycocyanin, a protein extracted from spirulina that has multiple health benefits due to its pharmaceutical and food applications.

The first step is to extract phycocyanin from the dried biomass of *Arthrospira platensis* using an ultrasonic assisted extraction mechanism, a simple, efficient and inexpensive method that improves phycocyanin extraction yield. The second stage involved the formulation of a flavoured beverage enriched with protein ingredients, stable and organoleptically acceptable, for this different phycocyanin concentrations have been performed to test their stability against different parameters (pH, light and temperature). Similarly, a tasting test has been undertaken to allow the selection of the beverage in accordance with the food application and resistance to storage.

**Keywords:** Spirulina, Phycocyanin, Beverage, Protein, purity, stability

## ملخص

يركز هذا العمل على اختبار صياغة مشروب منكه غني بالفيكوسيانين، وهو بروتين مستخلص من سبيرولينا له فوائد صحية متعددة بسبب استخداماتها الصيدلانية والغذائية.

تتمثل الخطوة الأولى في استخراج الفيكوسيانين من الكتلة الحيوية المجففة باستخدام آلية الاستخراج بمساعدة الموجات فوق الصوتية، وهي طريقة بسيطة وفعالة وغير مكلفة تعمل على تحسين إنتاجية استخراج الفيكوسيانين. تضمنت المرحلة الثانية صياغة مشروب ذو نكهة غنية بمكونات بروتينية ومستقرة ومقبولة من الناحية الحسية، وقد أجريت تركيزات مختلفة من الفيكوسيانين لاختبار ثباتها مقابل معايير مختلفة (درجة الحموضة والضوء ودرجة الحرارة). وبالمثل، تم إجراء اختبار تذوق للسماح باختيار المشروب وفقاً لتطبيق الطعام ومقاومة التخزين.

**كلمات مفتاحية:** سبيرولينا، فيكوسيانين، استخراج، مشروب،

نقاوة. ثبات.