



République algérienne
démocratique et populaire
Ministre de l'Enseignement
supérieur et de la Recherche scientifique
Sétif 1 Université – Ferhat Abbas



Faculté des sciences
Département de chimie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de master

DOMAINE : Sciences de la

matière FILIÈRE : Chimie

SPÉCIALITÉ : Chimie pharmaceutique

***Élaboration d'un complément alimentaire à base de
spiruline brute (Arthrospira platensis) : extraction par
solvants eutectiques profonds, caractérisation
physicochimiques et évaluation biologique et
formulation en capsules***

Présenté par :

-BECHNA Sara
-CHOUIMET Wiam

Encadré par :

Dr LAOUAMEUR Khaoula

Jury de Soutenance

Présidente : H. BELAHLOU
Examineur : A. HELLAL

Date de soutenance : 28/06/2026

PROMOTION : 2025/2026

SOMMIRE

Liste d'abréviations	V
Liste de figures	VI
Liste de tableaux.....	VII
Introduction générale	1
Partie bibliographique	
Chapitre I : Compléments alimentaires et formulation galénique...	
Introduction.....	3
I.1. Compléments alimentaires d'origine naturelle	3
I.2. Réglementation.....	4
I.2.1. Règlements algériennes	4
I.2.2. Réglementations européennes et françaises	4
I.3. Intérêt des produits naturels	5
I.3.1. Rôle général	5
I.3.2. Populations cibles.....	5
I.3.3. Rôles physiologiques spécifiques.....	6
I.4. Actifs naturels d'intérêt dans les compléments alimentaires	7
I.4.1. Généralités.....	7
I.4.2. Principaux actifs naturels et leurs propriétés.....	8
I.4.3. Critères de sélection d'un actif naturel pour la formulation	8
I.5. Les formes galéniques des compléments alimentaires	9
I.5.1. Définition et importance des formes galéniques	9
I.5.2. Les différentes formes galéniques	10
I.5.3. Critères de choix de la forme galénique.....	11
<i>Chapitre II : La spiruline (Arthrospira platensis) et sa formulation en gélules.....</i>	
Introduction.....	12
II.1. La spiruline (Arthrospira platensis)	12

II.2. Conditions de culture	13
II.3. Composition chimique	13
II.3.1. Protéines et acides aminés	14
II.3.2. Vitamines	14
II.3.3. Minéraux et oligoéléments.....	15
II.3.4. Pigments	15
II.4. Activités biologiques.....	16
II.4.1. Activité antioxydante.....	16
II.4.2. Activité anti-inflammatoire.....	17
II.4.3. Activité Antianémique.....	17
II.4.4. Activité Immunostimulante.....	17
II.4. Intérêt clinique de la spiruline comme complément alimentaire	18
II.5. Formes galéniques de la spiruline	18
II.6. Paramètres de formulation en gélules	20
II.7. Justification du choix de la gélule pour le présent travail	21

Partie expérimentale

Chapitre III : Matériels et méthodes.....	
Introduction.....	22
III.1 Matière première — Spiruline brute.....	22
III.1.1. Origine de la matière première	22
III.1.2. Collecte de la biomasse	23
III.1.3. Prétraitement de la biomasse	23
III.1.4. Caractérisation préliminaire.....	23
III.1.5. Conditions de stockage.....	24
III.2 Matériels et Produits	24
III.2.1 Matériels	24
III.2.2. Réactifs et produits chimiques.....	25

III.3. Procédés d'extraction.....	25
III.3.1. Préparation du solvant eutectique profond (DES)	25
III.3.2. Extraction par macération.....	26
III.3.3. Extraction assistée par ultrasons	26
III.4. Méthodes analytiques.....	27
III.4.1. Chromatographie liquide à haute performance (HPLC)	27
III.4.2. Dosage des protéines par spectroscopie proche infrarouge (NIR)	28
III.5. Évaluation de l'activité antioxydante.....	28
III.5.1. Préparation des dilutions d'extraits pour les analyses antioxydantes.....	29
III.5.2. Piégeage du radical libre DPPH.....	30
III.5.3. Pouvoir réducteur au ferricyanure de potassium	31
III.6. Évaluation de l'activité antimicrobienne	32
III.7. Formulation des gélules de spiruline	33
III.7.1. Contrôle qualité des gélules.....	34
III.7.2. Conditionnement et conservation.....	34
Chapitre IV : Résultats et discussions	
Introduction :.....	35
IV.1. Caractérisation de la spiruline brute	35
IV.1.1. Teneur en protéines par NIR	35
IV.1.2. Profil chromatographique HPLC de la spiruline	36
IV.2. Activités biologiques des extraits.....	37
IV.2.1. Activité antioxydante	37
IV.2.1.1. Piégeage du radical libre DPPH.....	37
IV.2.1.2. Pouvoir réducteur	39
IV.3. Évaluation de l'activité antibactérienne des extraits de spirulina	41
IV.4 : Contrôle de l'uniformité de masse	44
IV.5. Conditionnement, conservation et discussion de la formulation.....	46

Conclusion générale	47
Perspectives	49
ANNEXE	I
Références	IV

المخلص

السيبرولينا (*Arthrospira platensis**) هي سيانوبكتيريا معروفة بغناها الاستثنائي بالبروتينات، الأصباغ النشطة بيولوجياً، الفيتامينات والمعادن. يهدف هذا العمل إلى تقييم الإمكانيات البيولوجية للنشطة للسيبرولينا الخام المستخلصة بواسطة مذيب أيونكتيفي عميق (DES) مكون من حمض اللاكتيك: الغليسرول (1:2)، وذلك بمقارنة طريقتين للاستخلاص: النقع والموجات فوق الصوتية، ثم صياغة مكمل غذائي على شكل كبسولات. تم توصيف المستخلصات بواسطة HPLC تحديد الكويرسيتين، النارينجين، الهيسبيردين وحمض (p-coumarique)، وتقييمها من حيث النشاط المضاد للأكسدة DPPH، (FRAP) والنشاط المضاد للبكتيريا (*E. coli*, *S. aureus*). أظهر الاستخلاص بالموجات فوق الصوتية تفوقاً في جميع الاختبارات الثلاثة، مع قيم EC_{50} و IC_{50} أقل ومناطق تثبيط أوسع. كما أن نسبة البروتين المقدرة بـ 33.3 % بواسطة تقنية NIR تؤكد القيمة الغذائية للكتلة الحيوية. صياغة الكبسولات بحجم 0 (500 ملغ، بدون سواغات) استوفت اختبارات الجودة المنجزة. تُظهر هذه النتائج أن الجمع بين DES والموجات فوق الصوتية يمثل مقاربة خضراء وفعالة لاستغلال السيبرولينا كمكمل غذائي.

الكلمات المفتاحية: سيبرولينا (*Arthrospira platensis*)، DES، الموجات فوق الصوتية، مضاد أكسدة، مضاد بكتيري، HPLC، صياغة الكبسولات، مكمل غذائي.

Résumé

La spiruline (*Arthrospira platensis*) est une cyanobactérie reconnue pour sa richesse exceptionnelle en protéines, pigments bioactifs, vitamines et minéraux. Ce travail avait pour objectif d'évaluer le potentiel bioactif de la spiruline brute extraite par un solvant eutectique profond (DES) acide lactique : glycérol (1 :2), en comparant deux méthodes d'extraction - macération et ultrasons- puis de formuler un complément alimentaire en gélules.

Les extraits ont été caractérisés par HPLC (identification de la quercétine, naringine, hespéridine et acide p-coumarique), et évalués pour leurs activités antioxydantes (DPPH, FRAP) et antibactériennes (*E. coli*, *S. aureus*). L'extraction par ultrasons s'est révélée supérieure dans les trois approches, avec des IC_{50} et EC_{50} plus faibles et des zones d'inhibition plus larges. La teneur en protéines, estimée à 33,3 % par NIR, confirme la valeur nutritionnelle de la biomasse. La formulation en gélules de taille 0 (500 mg, sans excipients) a satisfait les contrôles qualité réalisés.

Ces résultats démontrent que le couplage DES-ultrasons constitue une approche verte et efficace pour la valorisation de la spiruline en complément alimentaire.

Mots-clés : Spiruline (*Arthrospira platensis*), DES, ultrasons, antioxydant, antibactérien, HPLC, formulation des gélules, complément alimentaire.

Abstract

Spirulina (*Arthrospira platensis*) is a cyanobacterium renowned for its exceptional richness in proteins, bioactive pigments, vitamins, and minerals. The aim of this work was to evaluate the bioactive potential of raw spirulina extracted using a deep eutectic solvent (DES) composed of lactic acid: glycerol (1:2), by comparing two extraction methods — maceration and ultrasound — and then formulating a dietary supplement in capsule form.

The extracts were characterized by HPLC (identification of quercetin, naringin, hesperidin, and p-coumaric acid), and assessed for their antioxidant (DPPH, FRAP) and antibacterial activities (*E. coli*, *S. aureus*). Ultrasound extraction proved superior in all three approaches, with lower IC_{50} and EC_{50} values and larger inhibition zones. The protein content, estimated at 33.3 % by NIR, confirms the nutritional value of the biomass. Capsule formulation in size 0 (500 mg, without excipients) met the quality control requirements.

These findings demonstrate that coupling DES with ultrasound constitutes a green and efficient approach for valorizing spirulina as a dietary supplement.

Keywords: Spirulina (*Arthrospira platensis*), DES, ultrasound, antioxidant, antibacterial, HPLC, capsule formulation, dietary supplement.