

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité/Option : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Département : Biologie

Thème

Incorporation de la spiruline dans un fromage frais

Présenté par :

- ❖ NAKIB Djemana
- ❖ KHERCHICHE Ines
- ❖ BOUREGHDA Roumayssa

Devant le jury composé de :

Président : Dr. BOUSBIAA issam	MCA	Université de Guelma
Examinatrice : Dr. TALEB Yasmine	MCB	Université de Guelma
Encadrant : Dr. MEZROUA El Yamine	MCB	Université de Guelma

JUIN 2024

Remerciements

Nous exprimons notre gratitude au Dieu, le Tout-Puissant, pour nous avoir accordé la santé et la volonté de la réalisation de notre travail.

Nous tenons à remercier Dr. BOUSBIA Aïssam d' avoir accepté de présider le jury de la soutenance. Nous souhaitons également exprimer notre gratitude à Dr. TALEB Yasmine d' avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous sommes ravis à exprimer notre sincère reconnaissance et notre profonde gratitude à notre encadrant, Dr. MEZROUA El Yamine, pour son précieux soutien, ses conseils et le temps qu'il nous a consacré pour notre encadrement.

Nous exprimons notre profonde gratitude à tous les membres du laboratoire de notre Université 8 mai 1945 Guelma.

Nous remercions également tous nos professeurs qui nous ont enseigné et nos collègues d'étude, en particulier notre promotion « qualité des produits et sécurité alimentaire ».

Nous tenons à remercier tous les gens qui nous ont aidé, de près ou de loin, dans la réalisation de ce projet.

Dédicaces

Avec tous mes sentiments de respect et d'expérience de ma reconnaissance, je dédie ma remise de diplôme et ma joie.

Tout d'abord, à ma chère grande mère, que Dieu ait son âme, tu resteras à jamais dans mon cœur.

*À mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et de mon bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui allume mon chemin, ma moitié, Maman« **Samira** ».*

*À celui qui m'a fait une femme, ma source de vie, d'amour et d'affection, à mon support qui était toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, à mon prince Papa« **Smail** ».*

*À mon frère et ma sœur **Islem** et **Roudaina** pour l'amour qu'ils me réservent, qui n'ont cessé de me conseiller, de m'encourager et de me soutenir tout au long de mes études.*

*À ma meilleure tante **Selma** et mon oncle **Nassiredine** et **Salleh Eddine** et **Khairedine**, votre amitié a été ma lumière et ma force tout au long de ce voyage. Merci pour votre soutien et votre amour indéfectibles. Ce succès est aussi pour vous.*

*À celle qui rend mes journées heureuses, à ma confidente, ma moitié, ma sœur **Hadil**.*

*À ma personne préférée, **M.**, qui m'a encouragé dans mes études et m'a soutenu, merci pour ton amour.*

*Sans oublier mon binôme **Ines** et **Roumayssa** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.*

Pour finir, à tous ceux que j'aime et qui m'aiment, je dédie ce travail.

djemana

Dédicace

Grâce Allah, je dédie ce travail avec tout mon amour et ma reconnaissance infinis.

*A la plus belle mère, ma meilleur amie, mon paradis, la prunelle de mes yeux, la source de ma joie et mon bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui allume mon chemin, la première personne à soutenir mes ambitions, ma moitié, merci pour ton amour, ton soutien et ton encouragement
maman je t'aime.*

A mon chère père « Nacer », mon support qui à était toujours à mes cotés pour me soutenir m'encourager, tu as été bien plus qu'un guide, tu as été mon modèle d'honnêteté, de sérieux et de responsabilité, je suis infiniment reconnaissante pour ton soutien, ta confiance en moi et ton.

A mon chère frère « Oussama », à ma force a la prunelle de mes yeux merci pour ton encouragement ton soutien, merci d'avoir été mon ange gardiens. Cette réussite et la aussi pour toi.

A mes merveilles frères « Rami et Adem », merci pour votre encouragement, votre amour, que dieu vos protèges.

A mes très chères amies « Ghalia et Dalila », merci pour votre amitiés sincère, votre soutien sans faille et votre amour inconditionnel.

A mes chères collaboratrices talentueuses « Djemana et Roumaissa », merci pour votre collaborations fructueuses et votre amitié votre soutien, je vous souhaite une vie pleine de succès et bonheurs.

Et à moi-même pour ma patience, ma détermination, me voilà aujourd'hui en train de conclure tout ce j'ai vécu avec fierté et réussite.

"PEOPLE'S DREAMS, HAVE NO END."

INES

Dédicace

Grace à Dieu tout puissant, qui nous a donné le courage, la volonté, la force pour réaliser ce mémoire, que nul ne peut faire sans désir.

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie que je dédie ce modeste travail : A mes chers parents

A mon très cher père : DJAMEL

Tu as toujours été pour moi un exemple de père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es.

Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi.

Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation. Je t'aime papa et j'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.

A ma très chère mère : NAÏMA

Tu m'as donné un sens à mon existence, tu m'as soutenu et encouragé durant ces années d'études. Tu t'es sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite j'exprime ma profonde reconnaissance.

Tu es le symbole de tendresse, d'amour, la source de mes efforts et la flamme de mon cœur. Que Dieu te protège.

A mon cher frère QASSIM a tous les moments d'enfance passés avec toi mon frère, en gage de ma profonde estime pour l'aide que tu m'as apporté. Tu m'as soutenu, réconforté et encouragé. Puissent nos liens fraternels se consolider et se pérenniser encore plus.

A mes amies Sana, Dounia et Sana Jene peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des sœurs et des amies sur qui je peux compter ; je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

A mon binôme INES et DJEMANA je vous remercie beaucoup de votre compréhension et soutien durant notre parcours universitaire marqué par des moments inoubliables ainsi je vous souhaite bonne réussite dans votre vie professionnelle pleine de bonheur.

A tous ceux que j'ai oubliés involontairement.

ROUMYSSA

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Liste des tableaux

Liste des Figures

Liste des abréviations

Résumé

Introduction..... 1

Première Partie: Synthèse Bibliographique

Chapitre 01: Les Algues

1. Définition 3

2. Classification des algues 3

2.1. Algues bleues 3

2.2. Algues vertes 4

2.3. Algues rouges..... 5

2.4. Algues brunes..... 5

3. Composition biochimique des algues 6

3.1. Protéines..... 6

3.2. Glucides 6

3.3. Lipides..... 6

3.4. Sels minéraux et oligo-éléments 6

3.5. Enzymes 7

3.6. Vitamines	7
4. Morphologie des algues	7
4.1. Formes unicellulaires	7
4.1.1 Type rhizopodiat	7
4.1.2. Type coccoïde	7
4.1.3. Type flagellé ou monadoïde	8
4.2. Formes coloniales	8
4.2.1 Colonies mucilagineuses.....	9
4.2.2. Cenobes.....	9
4.3. Formes filamenteuses.....	10
5. Reproduction des algues	10
6. Domaine d'utilisation des algues.....	11
6.1 Algues alimentaires	11
6.2. Domaine médicinal	11
6.3. Cosmétologies et industries dérivées	11
6.4. Agriculture et élevage	11
7. Intérêt des algues.....	11

Chapitre 02 :La Spiruline

1. Définition de la spiruline	13
2. Apparence de la spiruline.....	14
3. Morphologie.....	15
4. Reproduction de la spiruline	16
5. Taxonomie.....	16

6. Utilisation de la spiruline	17
6.1. Utilisation de la spiruline à usage humain	18
6.1.1. Aliment riche et équilibrée.....	18
6.1.2. Utilisation dans un régime amaigrissant	18
6.2. Cosmétiques.....	19
6.3. Colorant alimentaire.....	19
6.4. Médecine.....	19
7. Activités thérapeutiques	19
7.1. Anti -oxydantes	20
7.2. Anti -cancéreuses	20
7.3. Anti -inflammatoires	20
7.4. Spiruline et le diabète.....	21

Chapitre 03 :Le Fromage Frais

1. Définition du fromage frais.....	22
2. Composition et valeur nutritive	22
3. Différents types de fromage frais.....	23
3.1. Fromage blanc.....	23
3.2. Petit suisse.....	23
3.3. Faisselle.....	23
3.4. Fromage de cottage	23
3.5. Savane	24
3.6. Broccio :.....	24
3.7. Ricotta	24

3.8. Feta.....	24
3.9. Pâtes à tartiner.....	24

Deuxième Partie: Partie Expérimentale

Chapitre 04: Matériel Et Méthodes

1.Matière première.....	25
1.1. Lait.....	25
1.2. Vinaigre.....	25
1.3. Spiruline.....	26
1. Fabrication du fromage frais à la spiruline.....	27
2.Analyses sensorielles du fromage frais à la spiruline.....	28
4.Analyses physico-chimiques.....	30
4.1. Humidité.....	30
4.2. Acidité titrable.....	31
4.3. pH.....	32
4.4. Cendres.....	32
4.5. Rhéologie.....	33
5.Traitement statistique des données.....	34

Chapitre 05: Résultats et Discussion

1.Humidité.....	35
2. pH.....	36
3. Cendres.....	37
4. Acidité titrable.....	39
5. Rhéologie.....	40

6. Analyses sensorielles	42
Conclusion et Perspective	45
Références Bibliographiques :	46
Annexes	

Liste des tableaux

Tableau 1: Valeur nutritionnelle moyenne des fromages frais.....	22
Tableau 2: Analyse de variance des résultats d'humidité des différents échantillons du fromage frais à la spiruline.....	36
Tableau 3: Analyses de variance des résultats de Ph des différents échantillons du fromage frais à la spiruline.....	37
Tableau 4: Analyses de variance des résultats des cendres des différents échantillons du fromage frais à la spiruline.....	38
Tableau 5: Analyses de variance des résultats d'acidité titrable des différents échantillons du fromage frais à la spiruline	40

Liste des Figures

Figure 1: Photo de l'algue bleue cyanobactéries	4
Figure 2: photo d'algue verte <i>Ulva rigida</i>	4
Figure 3: Photo d'algue rouge <i>Chondrus crispus</i>	5
Figure 4: Photo d'algue brune <i>Miticum Yendo</i> (Fensholt)	6
Figure 5: Type rhizopodiat	7
Figure 6: Type coccoïde	8
Figure 7: Type flagellé	8
Figure 8: Type colonies mucilagineuses	9
Figure 9: Les cenobes	9
Figure 10: forme filamenteuses	10
Figure 11: Spiruline sp. algues sous vue microscopique x40 cyanobactérie	14
Figure 12: Différentiation <i>Spirulina maxima</i> et <i>Spirulina platensis</i> : Filaments de spiruline observés au microscope optique	15
Figure 13: Cycle biologique de la reproduction de la spiruline	16
Figure 14: Classification scientifique-taxonomie	17
Figure 15: Valeur nutritionnelles moyennes pour 100 m de lait entier 1L.	25
Figure 16: Valeur nutritionnelles et énergétique pour 100g d'une bouteille de vinaigre 50 cl.	26
Figure 17: Valeur nutritionnelles et énergétique pour 100 g de la spiruline.	27
Figure 18: Diagramme de fabrication du fromage frais à la spiruline.	28
Figure 19: Evaluation sensorielle des fromages frais	29
Figure 20: Fiche des analyses sensorielles des fromages frais	30
Figure 21: Etuve ventilée.	31
Figure 22: Montage de titration	32

Figure 23: pH-mètre.....	32
Figure 24: Four à moufle	33
Figure 25: Rhéomètre	34
Figure 26: Humidité des fromages frais à la spiruline.....	35
Figure 27: pH des fromages frais enrichis à la spiruline	36
Figure 28: Cendres du fromage frais à la spiruline.....	38
Figure 29: Acidité titrable des fromages frais à la spiruline.....	39
Figure 30: Courbe de rhéologie du fromage frais témoin.....	40
Figure 31: Courbe de rhéologie du fromage frais enrichi à la spiruline dose de 1%.....	41
Figure 32: Courbe de rhéologie du fromage frais enrichi à la spiruline dose de 2%.....	41
Figure 33: Courbe de rhéologie du fromage frais enrichi à la spiruline dose de 3%.....	41
Figure 34: Profil sensoriel du fromage frais à la spiruline.....	42
Figure 35: l'appréciation générale du fromage frais enrichi.....	44

Liste des abréviations

AGE	Advanced Glycation End Products (Produits avancés de glycation)
AGPI	Acide gras polyinsaturés
ANOVA	Analysis of variance (analyse de la variance)
AOC	Appellations d'origine contrôlée
DLC	Date limite de consommation
FA	Fromage frais amélioré
FAO	Food and Agriculture Organization (organisation pour l'alimentation et l'agriculture)
FN	Fromage frais nature
GLA	Acide gamma-linolénique
MG	Matière grasse
NADPH	Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONG	Organisation non gouvernementale
PCB	Phycocyanibiline chromophore
PVD	Pays en voie de développement
SOD	Superoxydedismutase

Résumé

La pratique d'enrichir les fromages frais avec d'autres sources nutritionnelles est largement répandue dans les études scientifiques. L'objectif de notre travail consiste à déterminer l'effet d'incorporation de la spiruline «*Spirulina platensis*» sur la qualité physico-chimique et organoleptique du fromage frais. Pour ce faire, nous avons élaboré des fromages frais à différentes concentrations de spiruline 1%, 2 % et 3% et nous avons évalué les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques des différents échantillons enrichis.

Les analyses physico-chimiques montrent que le taux de cendres et d'humidité diminue en fonction de la quantité de spiruline ajoutée. Cependant, l'addition de la spiruline augmente l'acidité du fromage frais. Ainsi, les analyses rhéologique montrent que l'incorporation de la spiruline dans le fromage frais diminue sa viscosité ce qui facilite sa consommation. Par ailleurs, les analyses sensorielles montrent que le fromage frais à faible dose de spiruline (1%) est le plus préféré par le panel de dégustation en raison de l'odeur et du goût moins intenses du produit.

Mots-clés: spiruline, qualité physico-chimique, qualité organoleptique, fromage frais.

Abstract

The practice of fresh cheese enriching with other nutritional sources is widespread in scientific studies. The aim of our work is to determine the effect of spirulina incorporating "*Spirulina platensis*" on the physico-chemical and organoleptic quality of fresh cheese. For this aim, we prepared fresh cheeses with different spirulina concentrations (1%, 2% and 3%) and we evaluated the physico-chemical and organoleptic characteristics of the various enriched samples. Physico-chemical analysis showed that ash and moisture content decreased with the amount of spirulina added. However, the addition of spirulina increases the acidity of fresh cheese. Thus, rheological analysis show that incorporating spirulina into fresh cheese reduces its viscosity, making it easier to consume.

Furthermore, sensory analyses showed that fresh cheese with a low spirulina content (1%) was the most preferred by the tasting panel, due to the product's less intense smell and taste.

Keywords: spirulina, physico-chemical quality, organoleptic quality, fresh cheese.

المخلص

تهتم العديد من الدراسات العلمية باضافة مصادر غذائية أخرى الى الجبن الطازج. تهدف هذه الدراسة الى تحديد تأثير '*Spirulina platensis*' على الجودة الفيزيوكيميائية والحسية للجبن الطازج. للقيام بذلك، قمنا بتطوير أجبان طازجة بتركيزات مختلفة من السبيرولينا 1% و2% و3%. وقمنا بتقييم الخصائص الفيزيوكيميائية والحسية للعينات المخصصة المختلفة. تظهر التحليلات الفيزيوكيميائية أن محتوى الرماد والرطوبة ينخفض مع إضافة كميات السبيرولينا. ومع ذلك، فإن إضافة السبيرولينا تزيد من حموضة الجبن الطازج. كما أظهرت التحليلات الريولوجية أن دمج السبيرولينا في الجبن الطازج يقلل من لزوجه مما يسهل استهلاكه للأطفال و الاشخاص المسنين. ومن جهة أخرى أظهرت التحاليل الحسية أن الجبن الطازج بجرعة منخفضة من السبيرولينا 1% هو الأكثر تفضيلاً من قبل لجنة التذوق بسبب الرائحة والطعم الأقل كثافة للمنتج.

الكلمات الرئيسية: سبيرولينا، جودة فيزيو كيميائية، جودة حسية، جبن طازج.

INTRODUCTION

Introduction

Introduction

En Algérie, la pratique de la consommation de produits laitiers est traditionnellement associée à l'activité d'élevage, les produits laitiers étant produits à partir de lait ou de mélanges de laits de diverses espèces. De nombreux produits laitiers artisanaux existent, dont la dénomination et le processus de fabrication varient d'une région à l'autre. Ces produits varient également en termes de goût et de consistance en fonction de la source de lait (vache, chèvre, brebis et chamelle)

(**Nedjraoui et Bédrani, 2008**).

Depuis des siècles, le lait a joué un rôle essentiel dans la nutrition humaine. Le lait renferme des protéines animales, de la graisse, du lactose, des vitamines et des minéraux essentiels à une alimentation équilibrée et suffisante. L'Homme consomme du lait et des produits laitiers depuis plusieurs milliers d'années, depuis l'élevage qui s'est développé au Néolithique. De nos jours, il est consommé de manière universelle, mais cela varie en fonction des traditions, de la disponibilité et de l'histoire des peuples (**Ramdane et al., 2019**).

Le fromage frais est un produit fait maison qui est obtenu par coagulation et l'égouttage du lait de vache ou de chèvre. Il est connu en particulier dans la région de l'Est de l'Algérie (**Boukabou, khirouni, 2019**). Il est prêt à être consommé dès que les étapes de fabrication sont terminées. Environ 3,2 millions de tonnes de fromage frais sont produites à l'échelle mondiale chaque année, ce qui représente 25% de la production globale de fromage. Les fromages frais les plus couramment fabriqués sont le cottage, le fromage à la crème et le Quark (**Baron, 1998**).

Par ailleurs, Dans le milieu marin, les algues jouent un rôle essentiel, elles sont capables de produire des substances qui sont un moyen de se protéger, dans certains cas, contre les prédateurs naturels (**Etahiri, 2009**).

La spiruline, ou *Spirulina platensis*, est une cyanobactérie parmi les plus anciennes formes de vie connues sur la Terre. Cette algue filamenteuse bleu-vert se développe aisément dans les lacs alcalins et les eaux saumâtres à travers le globe. Dès le XVIe siècle, les Aztèques l'utilisaient dans leur alimentation quotidienne (**Sguera, 2008**).

En raison de ses propriétés nutritionnelles exhaustives, telles qu'une grande quantité de protéines (jusqu'à 70% en masse), des acides aminés et des acides gras essentiels, des vitamines et des minéraux et des molécules bioactives (**Sguera, 2008**), la spiruline est incorporée dans un

Introduction

formage frais dans le but d'étudier son effet sur la qualité physico-chimique et organoleptique de ce produit laitier.

Ce travail est divisé en deux parties distinctes :

- Une synthèse bibliographique sur les algues, y compris la spiruline et le fromage frais, est présentée dans la première partie,
- tandis que la deuxième partie est dédiée à la partie expérimentale de notre travail. Elle présente le contenu et les diverses techniques utilisées dans cette étude, ainsi que les résultats obtenus et leur interprétation.

Première Partie
Synthèse Bibliographique

Chapitre 01

Les Algues

1. Définition

Il y a à peine vingt ans, l'algologue n'hésitait pas à définir les algues. Il les décrivait comme des plantes qui habitent les eaux ou les zones humides. Effectivement, on les trouve aussi bien en mer qu'en eau douce, sur les sols mouillés, sur la face nord des troncs d'arbres et sous leur écorce, dans les lichens où elles sont liées à des champignons, dans les coraux où elles cohabitent. Même dans la moelle épinière et dans les poumons de l'homme, on a pu en voir **(Pérez, 1997)**.

Les algues ne possèdent pas de feuilles, de tiges ou de racines, elles se composent d'un thalle. On peut les distinguer par leur unicellulation (algues microscopiques) ou leur nombre de cellules (algues supérieures) **(Anning et al, 1982)**. Les plantes terrestres sont beaucoup moins connues et beaucoup plus difficiles à comprendre. Il s'agit d'organismes chlorophylliens qui sont majoritairement présents dans les milieux aquatiques, notamment marins et sous-marins. Les algues constituent une source précieuse de substances bioactives telles que des antioxydants, des fibres alimentaires, des acides gras, des vitamines et des minéraux **(Person, 2010)**.

Les algues sont un groupe très varié de végétaux photosynthétiques dont l'appareil végétatif est relativement simple, connu sous le nom de "thalle". Ces algues ont des dimensions et des formes très variables. Quelques-unes sont très petites et d'autres ont plusieurs mètres de long, mais elles partagent toutes des caractéristiques communes **(Ainane, 2011)**.

2. Classification des algues

2.1. Algues bleues

On désigne également les cyanobactéries sous le nom de cyanophycées ou d'algues bleu-vert (Figure 01). Elles ont une taille très réduite. Ces dernières ont à la fois des traits de bactéries (absence de membrane intracellulaire) et d'algues (activité photosynthétique par chlorophylle A) **(Blais, 2001)**.



Figure 1:Photode l'algue bleue cyanobactéries (**Kouissi, 2021**).

2.2. Algues vertes

Les chlorophytes sont des algues vertes avec un thalle principalement vert en raison de la présence de chlorophylles a et b dans les chloroplastes(Figure 02). Cependant, une exposition prolongée à des intensités lumineuses élevées entraîne la production de pigments photoprotecteurs (caroténoïdes), qui donnent aux thalles des teintes orangées à jaunâtres. Ce genre d'algues très peu varié dans les eaux tempérées est au contraire abondant en espèces et en formes dans les eaux méridionales. Les algues vertes se trouvent dans toutes les eaux, des milieux marins aux eaux douces (**Ainane, 2011**).



Figure 2:photo d'algue verte *Ulva rigida* (**Zehlila.A, 2019**).

2.3. Algues rouges

Les Rhodophytes sont des algues rouges qui se distinguent par leurs pigments surnuméraires rouges (Phycoérythrines) et bleus (Phycocyanines) qui dissimulent la chlorophylle. La forme du thalle, combinée aux proportions relatives des pigments, donne à la lumière du jour toutes les couleurs possibles, du brun noirâtre au rose très clair, en passant par les rouges pourpres et les orangés. En outre, la couleur d'une même espèce dépend de l'exposition aux rayons lumineux : les individus qui se développent aux éclairages intenses présentent souvent des couleurs délavées, où les jaunes orangés sont dominants en raison de la forte concentration de pigments caroténoïdes photoprotecteurs (Ainane, 2011).

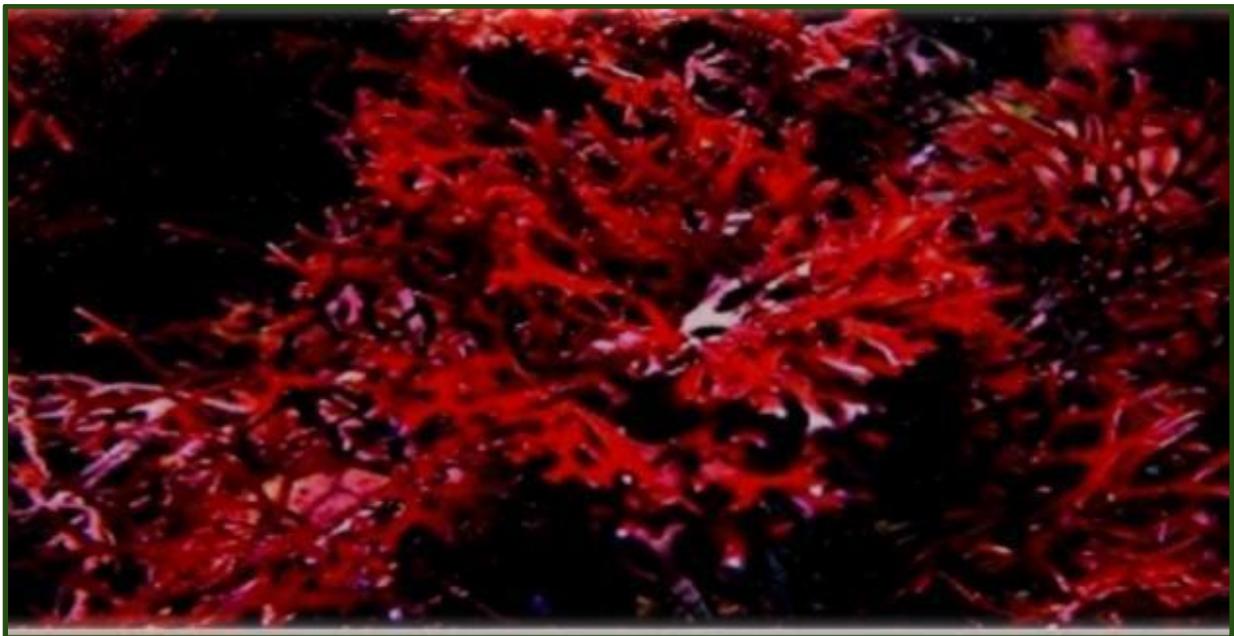


Figure 3:Photo d'algue rouge *Chondrus crispus* (Kouissi, 2021).

2.4. Algues brunes

Les phéophycées, ou algues brunes (Figure 04), sont une famille d'algues photosynthétiques presque exclusivement marines du phylum des Hétérokontes, ou Straménopiles. Ces espèces sont répandues à travers le monde : elles se développent principalement dans les eaux tempérées profondes, mais aussi dans les eaux tropicales chaudes. On constate une grande variété de taille et de forme des thalles dans cette catégorie. Les pigments orangés, comme les carotènes et les xanthophylles, sont plus présents dans la couleur brune de ces organismes que les chlorophylles (a, c1 et c2) (Othmani, 2014).



Figure 4:Photo d'algue brune *Miticum Yendo* (Fensholt) (**Puspita, 2017**).

3. Composition biochimique des algues

3.1. Protéines

La quantité de protéines varie (de 4% à 44%) en fonction de la variété, de la saison et d'autres éléments. Certains types de plantes sont plus riches en protéines, tels que *Porphyra*, *Enteromorpha*, *Ulva* et *Spirulina* (**Cayla, 1995**).

3.2. Glucides

Le mannitol chez les Fucophycées et le sorbitol chez les Rhodobiontes sont les principaux sucres des algues. Le mannitol est une poudre blanche présente à la surface d'espèces comme la *Laminaria*. Il s'agit d'un stimulant hépatique avec une légère action laxative. Le sorbitol est un sucre extrêmement sucré employé dans l'alimentation, en particulier chez les personnes atteintes de diabète (**Cayla, 1995**).

3.3. Lipides

Les algues n'ont que 2 à 3 % de matières grasses. En outre, ces matières grasses sont des acides gras polyinsaturés, les oméga 6 et 3, connues pour leurs nombreux avantages pour le cœur, les veines et les artères, le cerveau, la peau, etc (**Delecroix, 2006**).

3.4. Sels minéraux et oligo-éléments

Les algues contiennent une grande quantité d'oligoéléments, notamment d'iode. Il est également abondant en calcium, magnésium, phosphore, sodium, potassium, cuivre, cobalt, or, zinc, brome ; le taux varie d'une algue à l'autre, ce qui rend essentiel de varier sa consommation.

Chapitre 01 : Les Algues

Le germe de blé est réputé pour sa richesse en fer, tandis que la laitue de mer renferme 2 fois plus de magnésium que le germe de blé (Delecroix, 2006).

3.5. Enzymes

Les algues fraîches sont abondantes en enzymes, qui jouent un rôle essentiel dans l'alimentation. La superoxy-dedismutase est particulièrement présente, avec des propriétés anti-oxydantes bien connues (Delecroix, 2006).

3.6. Vitamines

Les algues renferment les vitamines B1, B2, B3, B6, C, E, K et la vitamine B12 (qui est la seule vitamine d'origine animale à être présente dans les algues) (Cayla, 1995).

4. Morphologies des algues

4.1. Formes unicellulaires

4.1.1 Type rhizopodiat

Les formes rhizopodiques (Figure 05) ne possèdent pas de parois cellulaires rigides et produisent des pseudopodes similaires aux amibes. En général, ces pseudopodes sont émis par des cellules isolées, nues ou contenues dans une thèque, où ils se déplacent. Ils peuvent être courts, effilés ou ramifiés, ou présenter un axe distinct (Iltis, 1980).

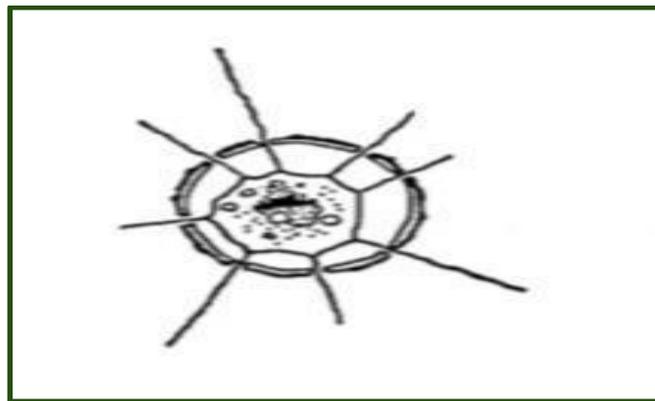


Figure 5:Type rhizopodiat (Iltis, 1980).

4.1.2. Type coccoïde

Une membrane stable et définie entoure les cellules immobiles (Figure 06), avec des formes simples sphériques ou sous-sphériques telles que *Synechocystis* et *Ghlorella*. Les cellules présentent une complexité accrue, comme les Diatomées (Chrysophytes) qui possèdent des

cellules circulatoires ou allongées, et les Desmidiacées (Chlorophytes) qui possèdent des demi-cellules identiques reliées aux isthmes (Itlis, 1980).

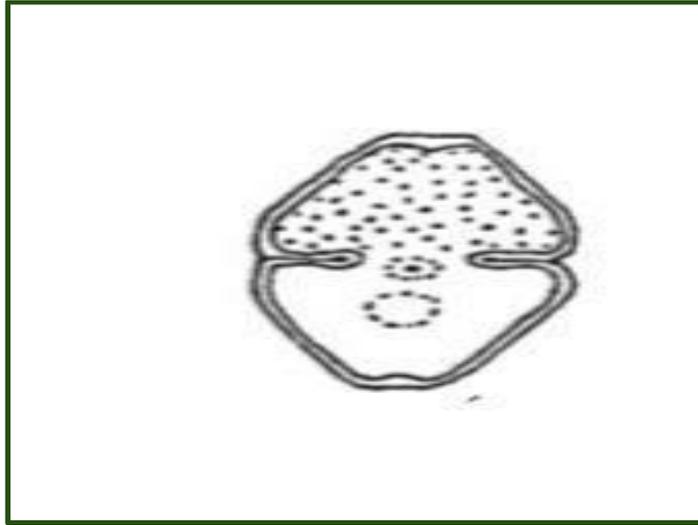


Figure 6:Type coccoïde (Itlis,A, 1980)

4.1.3. Type flagellé ou monadoïde

En général, les cellules ont une seule cellule et sont mobiles, avec 1, 2, 3 ou 4 pôles. Pour certains Euglénophytes, la flagelle est longue(Figure 07), pour d'autres, la membrane est simple ou en couches. La cellule de certaines Chrysophycées est à deux pôles inégaux et a une structure stratifiée. Il n'y a pas ce genre de structure morphologique chez les Cyanophytes, les Rhodophytes et les Phéophytes (Itlis, 1980).

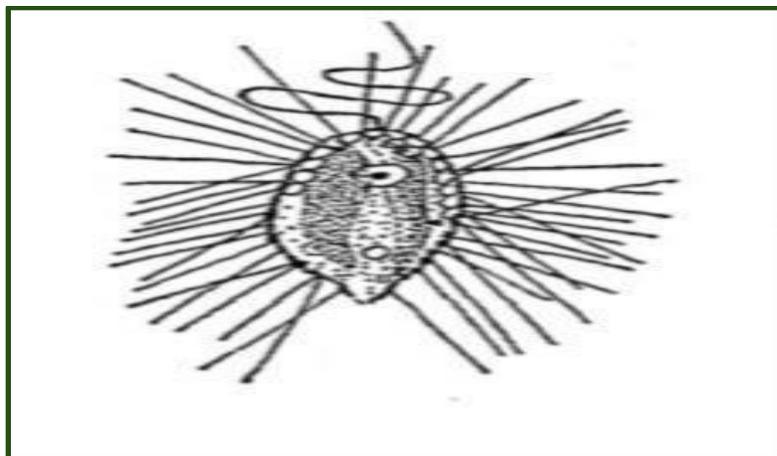


Figure 7:Type flagellé (Itlis, 1980) .

4.2. Formes coloniales

On peut distinguer deux sortes de colonies : les colonies mucilagineuses et les cénobes.

4.2.1 Colonies mucilagineuses

Les colonies cellulaires (Figure 08) sont des amas cellulaires présents dans un gel, caractéristiques des cyanophytes et des chlorophytes. Un gain de glycolipide unique, homogène ou stratifié est présent dans chaque cellule. Quelques colonies possèdent des cellules flagellées mobiles dans une enveloppe glycolipidique (Itilis, 1980).

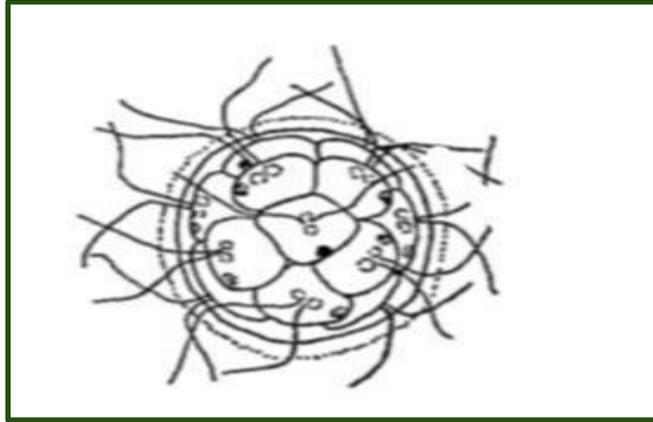


Figure 8:Type colonies mucilagineuses (Itilis, 1980).

4.2.2. Cenobes

Il s'agit de colonies immobiles dont la structure reste toujours régulière (Figure 09). On retrouve ce genre de forme chez les Chlorophytes, notamment chez les Scenedesmacées (*Tetrastrum*, *Coelastrum*, *Scenedesmus*). Les cellules marginales sont parfois différentes de celles de l'intérieur (*Pediastrum*, *Scenedesmus*). Il est possible que les cellules soient entourées de méats (*Hydrodictyon*, certaines espèces de *Scenedesmus*) (Itilis, 1980).

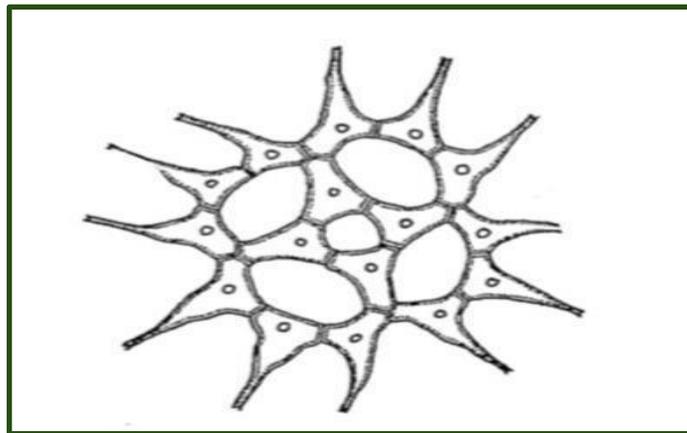


Figure 9:Les cenobes (Itilis, 1980).

4.3. Formes filamenteuses

Plusieurs espèces d'algues à corps mous possèdent des filaments simples, non branchés, qui peuvent être libres ou attachés au début de leur croissance (Figure 10). Les filaments sont constitués dans les cyanophytes de cellules végétatives ou de cellules végétatives avec des hétérocystes et des spores de reproduction. Il est possible que ces filaments soient droits, flexibles ou en forme de spirale et qu'ils soient regroupés dans une communauté de gelée. Il existe différents groupes de filaments ramifiés, tels que le vrai, le faux et le tolypothrix.

Des filaments se forment dans certains groupes sur une cellule basale qui se trouve le long du filament. Les plus développés des filaments peuvent former des protothalles ou des nématothalles avec des filaments rampants et recouverts. Finalement, les filaments ont la capacité de constituer un cladome comprenant des cellules axiales centrales et des cellules péricentrales qui sont reliées par des connexions cytoplasmiques entre elles (**Itilis, 1980**).

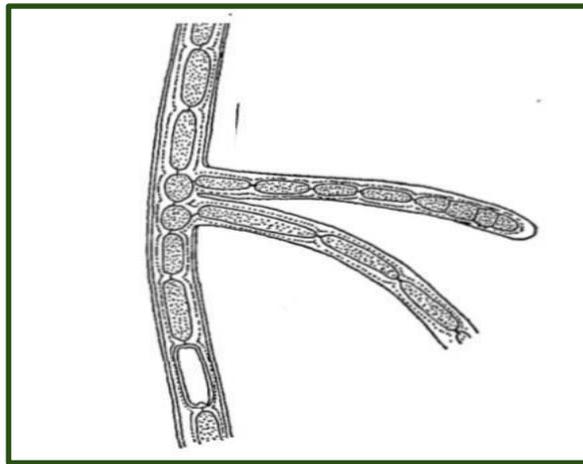


Figure 10:forme filamenteuses (**Itilis,1980**).

5. Reproduction des algues

La reproduction des algues se fait dans de nombreux cas par multiplication végétative. C'est une multiplication asexuée qui se produit soit par division d'une cellule isolée (comme dans le cas des algues bleues), soit par fragmentation de thalle qui donne naissance à plusieurs organismes identiques respectivement. Souvent, cela se fait grâce à la création de cellules spécialisées appelées spores. Les algues eucaryotes effectuent également une reproduction sexuée où deux cellules reproductrices, appelées gamètes, se fusionnent pour former un Suf, ou zygote. Les algues reproduisent donc en alternance des phases de reproduction asexuée, réalisées

par les thalles (sporophytes), et des phases de reproduction sexuée, réalisées par des thalles producteurs de gamètes (gamétophytes) (**Garon-Lardiere, 2004**).

6. Domaine d'utilisation des algues

6.1 Algues alimentaires

Les algues sont couramment employées dans l'alimentation humaine, notamment les algues microscopiques telles que la spiruline, la diatomée et la chlorelle. La spiruline, mentionnée à titre d'exemple, est considérée comme l'une des seules sources de protéines non animales en raison de sa valeur nutritionnelle très élevée. Certains ingrédients alimentaires peuvent contenir d'autres types de macroalgues (**Salhi et Boussaha, 2019**).

6.2. Domaine médical

En raison de leurs nombreux effets positifs, la thérapie par les algues est très fiable : anthelminthique, antiscorbutique, sur les ulcères d'estomac et sur le goitre. Les polysaccharides qu'ils contiennent ont des propriétés antivirales, anticoagulantes, antitumorales et immunomodulatrices (**Kornprobst, 2005**).

6.3. Cosmétologies et industries dérivées

Deux secteurs majeurs sont considérés pour l'utilisation des algues et de leurs extraits en cosmétologie : les bains en thalassothérapie et les principes actifs. Ces espèces sont principalement *Ascophyllum*, *Fucus* et *laminaria* (**Roeck-Holtzhauer, 1991**).

6.4. Agriculture et élevage

Les algues sont employées afin de favoriser l'amélioration des sols acides. Une échelle industrielle a été créée grâce à l'utilisation de fertilisants et d'engrais, utilisant des espèces d'algues brunes telles qu'*Ascophyllum*, *Fucus* et *Laminaria*. Maintenant, il y a des composts à base d'algues et des sprays pour l'horticulture disponibles sur le marché (**Pérez, 1997**).

7. Intérêt des algues

Les algues sont connues et utilisées pour leur intérêt nutritionnel depuis de nombreuses années, en particulier par les populations du Sud-Est asiatique. D'après des recherches épidémiologiques en Asie, il est observé que la consommation régulière d'algues entraîne une diminution de l'incidence des cancers du sein, du côlon et de la prostate (**Marfaing, 2007**).

Chapitre 02 :

La Spiruline

1.Définition de la spiruline

La spiruline est une cyanobactérie « procaryote vrai » qui est généralement perçue comme une microalgue bleu-vert unicellulaire ou multicellulaire et filamentaire(Figure 11). Elle est nommée d'après le mot latin « spira » qui signifie « enroulement », en raison de la forme spiralée et hélicoïdale des fils. La forme hélicoïdale des filaments ne se manifeste que lorsque l'environnement est propice (liquide ou milieu de culture). La spiruline fait partie du genre *Arthrospira* des cyanobactéries filamenteuses, et non du genre *Spirulina*, qui est très différent de la spiruline alimentaire. Les deux noms de genre *Arthrospira* et *Spirulina* sont confondus par leur observation microscopique, en particulier par la présence de filaments spirales. Il y a de nombreuses espèces, mais les deux principales espèces se trouvent actuellement sur le territoire (Sguera, 2008).

En nature, la spiruline se développe dans des régions tropicales, dans des eaux chaudes, stagnantes et peu profondes : elle se rencontre dans des lacs salés d'Afrique (Tchad, Éthiopie, Tunisie), d'Asie (Inde, Sri Lanka, Thaïlande) et d'Amérique du Sud (Mexique, Pérou).

Toutefois, il est très rare de trouver une spiruline réellement « naturelle », car le milieu naturel peut être contaminé en particulier par la pollution industrielle ou urbaine.

La culture est la seule façon fiable de garantir la qualité de la spiruline. C'est d'ailleurs une des principales raisons de l'augmentation de la consommation de spiruline : la spiruline est l'une des seules microalgues qui peut être cultivée sans danger de contamination, il est envisageable de la cultiver facilement(Martinell, 2020)



Figure 11:Spiruline sp. algues sous vue microscopique x40 cyanobactérie [1]

2. Apparence de la spiruline

Les minéraux et des oligo-éléments. Seul bémol, la spiruline ne contient ni vitamine C, ni iode, ni oméga 3. Selon les modes d'extraction ou la souche de spiruline utilisée, les lipides totaux représentent de 5,6 à 11 % du poids sec. Sa teneur en cholestérol est faible et elle contient peu d'acides gras saturés, mais de nombreux acides gras polyinsaturés (AGPI) (25 à 60 % des lipides totaux). Elle est l'une des rares sources d'acide γ -linoléique (GLA) (30 à 35 % des AGPI) et d'acide linoléique, qui appartiennent à la famille des oméga 6 (**Goulamabasse, 2018**)

En ce qui concerne les vitamines, 80 % des caroténoïdes présents dans la spiruline sont constitués de β -carotène, tandis que les 20 % restants sont constitués de phycoxanthine et de cryptoxanthine. 4 grammes de spiruline contiennent autant de β -carotène que 100 grammes de légumes colorés. Deux pigments principaux sont également présents dans la spiruline : la chlorophylle et la phycocyanine. Elle présente des caractéristiques antioxydantes. La présence de SOD (superoxy-dedismutase), une enzyme antioxydante puissante, ainsi que de nombreux minéraux et oligoéléments (calcium, phosphore, magnésium, potassium) sont également observés. La spiruline est une excellente source de fer, ce dernier est deux à trois fois plus facilement absorbé que celui des légumes ou de la viande, car il est chélaté avec des acides aminés qui sont essentiels pour l'assimilation (**Sajilata et al, 2008**).

3. Morphologie

La spiruline est une bactérie (cyanobactérie) de couleur bleu-vert, de la famille des bactéries Gram négatif, qui se manifeste sous la forme de filaments composés de cellules transparentes collées ensemble. Le trichome, un filament mobile, n'a pas de branches et ne prend une forme hélicoïdale que dans le milieu liquide. La spiruline tire son nom de la structure physique spiralée et hélicoïdale de ses filaments ; en latin, *spira* englobe l'enroulement. Le filament mesure environ 250 μm de longueur, 10 à 12 μm de diamètre et s'enroule en 6 ou 7 spires (Figure 12). La forme hélicoïdale caractéristique confère à la Spiruline l'apparence d'un petit ressort. Elle lui donne la capacité de se déplacer dans l'eau à la vitesse d'une vis, à 5 $\mu\text{m/s}$ (Maryline, 2021).

À l'heure actuelle, 50 souches d'*Arthrospira* connues à l'échelle mondiale ont été analysées afin de décrire leur variété génétique. Un nouveau travail de classification de diverses souches d'*Arthrospira* s'appuie sur ces deux espèces fréquemment rencontrées. Le régime alimentaire comprend deux espèces : *Arthrospiraplatensis*, originaire du Kanem (Tchad), et *Arthrospirageitleri* ou *maxima*, de provenance mexicaine (Maryline, 2021).

Ces deux espèces présentent les différences suivantes :

Arthrospiraplatensis se distingue par des trichomes de longueur allant de 350 μm à 6 à 12,45 μm , légèrement rétrécis au niveau des articulations. Le diamètre des tours de spires varie de 20 μm à 50 μm , avec une légère diminution vers les extrémités.

Arthrospira maxima se distingue par des trichomes de 70 à 80 μm de longueur, mesurant de 7 à 8 mm (Cruchot, 2008).

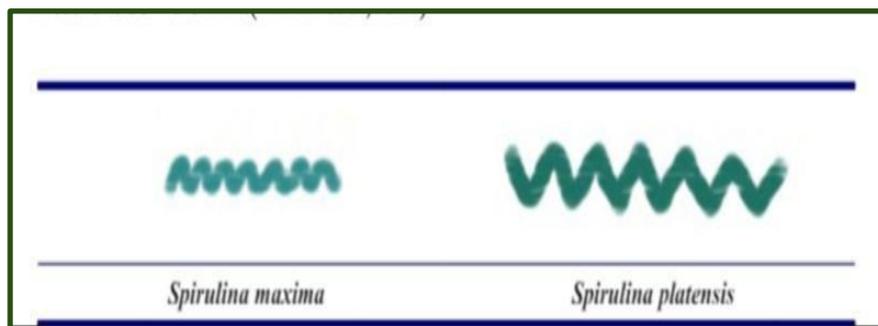


Figure 12: Différentiation *Spirulina maxima* et *Spirulina platensis* : Filaments de spiruline observés au microscope optique (Sguera, 2008).

4. Reproduction de la spiruline

Le cycle est schématisé dans la figure 13. Elle se reproduit par bipartition simple par scission. Il s'agit d'une reproduction asexuée qui se produit en segmentant les filaments en plusieurs étapes.

Après avoir atteint la maturité, les filaments de la spiruline se transforment en nécriidies, des cellules concaves.

Ensuite, le trichome se fragmente à partir des nécriidies, ce qui donne naissance à de nouveaux filaments composés de 2 à 4 cellules, connues sous le nom d'hormogonies.

Les cellules se divisent en deux et prennent la forme habituelle d'une hélicoïdale, chacune donnant deux cellules par scissiparité. Elle se multiplie très rapidement lorsque la température dépasse 30 °C à l'ombre ; lorsque ces conditions sont remplies et que le milieu est propice, le temps de génération est extrêmement court (7 heures) (Charpy *et al.*, 2008).

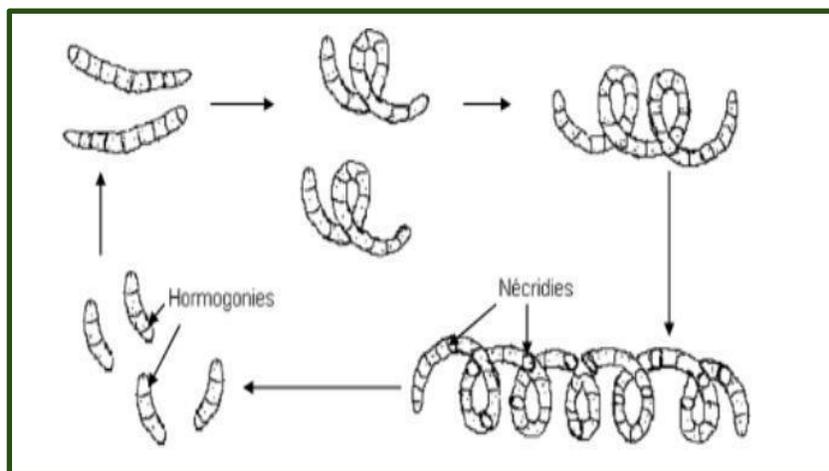


Figure 13:Cycle biologique de la reproduction de la spiruline (Charpy *et al.*, 2008).

5. Taxonomie

La spiruline est une bactérie de la famille des cyanobactéries (anciennement appelée « algue bleue » puis cyanophycée). Ainsi, elle est classée dans le groupe des bactéries (Bacteria) et fait partie des bactéries Gram négatives. Ils sont capables de photosynthèse et de générer de l'oxygène et peuvent être soit uniques, soit pluricellulaires.

La spiruline est une espèce de plantes de l'ordre des Nostocales (Oscillatoriales), de la famille des *Oscillatoriaceae*, du genre *Oscillatoria* et du sous-genre *Spirulina* ou *Arthrospira* (Charpy *et al.*, 2008).

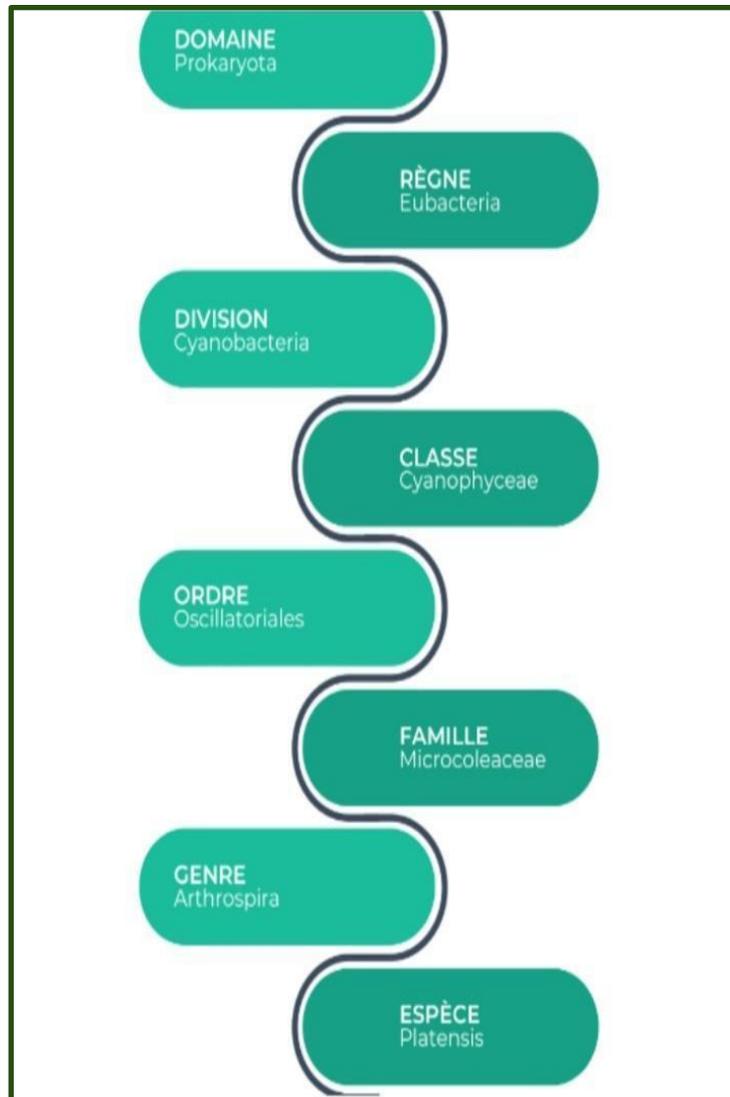


Figure 14:Classification scientifique-taxonomie (2)

6. Utilisation de la spiruline

Les organisations non gouvernementales (ONG) internationales sont très intéressées par la composition chimique de la spiruline, car elle est considérée comme un moyen efficace et accessible à la fois à l'échelle locale pour combattre la malnutrition dans les pays en voie de développement (PVD). En outre, de nombreuses études prometteuses dans divers domaines sont menées sur les caractéristiques.

La spiruline contient des molécules, mais il n'y a pas encore de preuves scientifiques d'efficacité chez l'homme et les animaux. Cependant, la richesse en nutriments et oligo-éléments demeure un avantage important dans l'emploi de la spiruline (**Mahi,2024**).

6.1. Utilisation de la spiruline à usage humain

Depuis quelques années, la spiruline est utilisée comme un complément alimentaire dans les pays développés et en voie de développement en raison de ses avantages pour la santé humaine.

6.1.1. Aliment riche et équilibrée

La spiruline fabriquée de manière artisanale est un aliment naturel et équilibré qui est apprécié pour ses nombreux apports en nutriments. Son contenu en vitamines, minéraux et oligo-éléments est supérieur à celui des produits industriels qui ont été soumis à une conservation thermique.

Les micronutriments sensibles sont détruits. En outre, la spiruline présente une biodisponibilité supérieure à celle des substrats fabriqués artificiellement en laboratoire. C'est une source d'énergie importante grâce aux lipides, glucides et protéines qu'elle renferme. Selon certaines organisations non gouvernementales internationales, ces caractéristiques méritent d'être privilégiées dans la lutte contre la malnutrition (**Mahi,2024**).

6.1.2. Utilisation dans un régime amaigrissant

Lors d'un régime de perte de poids, il est courant de rencontrer des carences en micronutriments, car l'alimentation est souvent déséquilibrée en raison de privations irraisonnées de certaines catégories d'aliments. Fréquemment, ceux qui suivent un régime se sentent épuisés en raison des lacunes.

Les privations trop strictes entraînent souvent une sensation de frustration qui entraîne souvent un comportement agressif de la part de ces individus.

Grâce à son apport naturel et équilibré en vitamines, minéraux et oligo-éléments, la spiruline peut donc être perçue comme une véritable aide pour les individus qui souhaitent commencer un régime de perte de poids. Son rôle détoxifiant (en particulier grâce à la présence de chlorophylle) contribue à éliminer les toxines.

D'autre part, la consommation de 5 à 10 g de spiruline 20 à 30 minutes avant les repas provoque une sensation de satiété qui facilite le maintien d'un régime calorique réduit. La présence de phénylalanine (2,8 g pour 100 g de matière sèche) est responsable de ce phénomène (**Mahi,2024**).

6.2. Cosmétiques

Peu d'études ont été menées jusqu'à présent pour étudier et montrer les effets positifs de la spiruline sur la peau. Les principaux effets cosmétiques, confirmés par la recherche et revendiqués par le marché, sont d'abord celui de l'anti-âge, avec des propriétés hydratantes, anti-oxydantes et éclaircissantes, puis celui de l'acné et de la cicatrisation des plaies. Ces dernières années, les articles les plus pertinents sur ce sujet ont été publiés (**Ragusa et al., 2021**).

On utilise la spiruline en collaboration avec d'autres algues, en tant qu'agent cicatrisant et antiseptique. La phycocyanine fait partie depuis longtemps de la composition des rouges à lèvres et des crayons. En plus, en associant de la spiruline à une alimentation équilibrée, on observe une peau plus nette et fraîche, des cheveux retrouvant leur vitalité et leur brillance, et des ongles renforcés sont moins susceptibles de casser (**Mahi,2024**). De plus, la spiruline contient une grande quantité d'acide γ -linoléique. L'homme a besoin de cet acide gras essentiel polyinsaturé, car son corps ne peut pas le produire. Cependant, il a un effet thérapeutique significatif sur le derme, en atténuant certains phénomènes inflammatoires (**Mahi,2024**).

6.3. Colorant alimentaire

La spiruline est employée dans l'industrie agroalimentaire comme colorant naturel à partir des extractions de phycocyanine, de chlorophylle et de caroténoïdes. Les colorants sont employés afin de rendre les produits alimentaires plus attrayants. Ils sont aussi employés dans la fabrication des chewing-gums, sorbets, produits sucrés, produits laitiers, boissons non alcoolisées (**Mahi,2024**).

6.4. Médecine

La spiruline et ses produits de transformation sont utilisés dans l'agriculture, l'industrie alimentaire, la pharmacie, la parfumerie et la médecine. La spiruline a plusieurs activités pharmacologiques telles que les activités antimicrobiennes (y compris antivirales et antibactériennes), anticancéreuses, métalloprotectrices (prévention de l'empoisonnement aux métaux lourds contre le Cd, le Pb, le Fe, le Hg), ainsi que des effets immunostimulants et antioxydants en raison de sa riche teneur en protéines, polysaccharides, lipides, acides aminés et acide gras essentiels, minéraux alimentaires et vitamines (**Hoseini etKhosravi-Darani, 2013**).

7. Activités thérapeutiques

La spiruline renferme de nombreuses substances qui ont la capacité d'expliquer une action de stimulation du système immunitaire (comme les vitamines, les AGE et les

Chapitre 02 :La Spiruline

oligoéléments). La synergie d'antioxydants (bêta-carotène, vitamine E, zinc et sélénium) est mise en évidence simultanément.

Un engagement envers les radicaux libres et donc un certain intérêt pour la lutte contre le cancer. Cependant, la spiruline contient d'autres composés plus complexes qu'elle possède exclusivement et dont le rôle thérapeutique, tant curatif que préventif, n'a été clairement établi par la recherche scientifique que depuis le début des années 1990. C'est la phycocyanine et les polysaccharides membranaires qui sont concernés (**Azizi et al., 2022**).

7.1. Anti -oxydantes

La spiruline est riche en antioxydants, y compris des protéines, des polysaccharides, des acides gras polyinsaturés, des vitamines, des caroténoïdes et d'autres composés bioactifs, qui confèrent à la spiruline de fortes propriétés anti-oxydantes. De nombreuses études animales et essais cliniques ont prouvé que la spiruline améliorait une variété de symptômes de stress oxydatif induits par l'amélioration de la capacité d'anti-oxydation du corps, tels que la réparation des lésions neuronales, la suppression de la tumeur, l'inhibition de l'inflammation, améliorant l'immunité, soulageant la toxicité, améliorant les fonctions des organes et soulageant les maladies cardiovasculaires (**Han et al, 2021**).

7.2. Anti -cancéreuses

Selon plusieurs études et analyses d'experts, il a été affirmé que la bêta-carotène, l'un des antioxydants présents dans la spiruline, pourrait entraver le développement du cancer et empêcher la prolifération des cellules néfastes développée avec des individus souffrant d'une leucoplasie buccale (une forme précancéreuse de la bouche). Après avoir consommé quotidiennement 1 g de spiruline pendant un an, ils ont constaté une amélioration de leur condition et ont réussi à stopper le développement de la maladie. La phycocyanine joue également un rôle dans cette activité en combattant les radicaux libres qui causent le cancer. (**Vidal, 2015**).

7.3. Anti -inflammatoires

Des recherches récentes révèlent que la bilirubine libre fonctionne physiologiquement comme un inhibiteur puissant de l'oxydase du NADPH active. La phycocyanobiline chromophore (PCB), trouvée dans les algues bleu-vert et les cyanobactéries telles que la spiruline, a également été trouvée pour être un puissant inhibiteur de ce complexe enzymatique, probablement parce que dans les cellules de mammifères, il est rapidement réduit à la

phycocyanorubine, un homologue proche de la bilirubine. À la lumière des rôles protéiques du NADPH dans l'activation de l'oxydase dans la pathologie, il semble donc probable que la supplémentation en PCB peut avoir un potentiel polyvalent de prévention et de thérapie, en particulier à la lumière des rongeurs : Des études démontrent que la spiruline administrée par voie orale ou la phycocyanine (la spiruline holoprotéine) qui contient Les PCB peuvent exercer un large éventail d'effets anti-inflammatoires jusqu'à ce que les extraits de spiruline enrichis en PCB ou synthétiquement les PCB produits soient commercialement disponibles. La façon la moins coûteuse et la plus rentable d'administrer le PCB est l'ingestion de spiruline entière (Carty, 2007).

7.4. Spiruline et le diabète

La spiruline, grâce à sa composition en polysaccharides et en acides gras essentiels, pourrait contribuer à la régulation du taux de sucre dans le sang et à l'équilibre du diabète. De plus, la présence du pigment bleu (phycocyanine) dans la spiruline aurait une action antidiabétique similaire à celle de l'insuline (Parikh,2001).

Chapitre 03 :
Le Fromage Frais

1. Définition du fromage frais

D'après la réglementation du *Codex Alimentarius* et la norme internationale FAO/OMS, le fromage frais ou non affiné est un fromage prêt à être consommé peu de temps après sa production. En France, le terme « fromage » est utilisé pour désigner un produit fermenté ou non, obtenu par coagulation du lait, de la crème ou de leur mélange, puis égoutté. La DLC de tous les fromages frais est de 24 jours (**Luquet et Corrieu, 2005**).

Les fromages frais sont des fromages qui ont subi une fermentation lactique lente, obtenue à partir de laits ou de crèmes destinés à la consommation humaine. Les sacs ou filtres ou les cuves sont utilisés pour effectuer l'égouttage lent, mais les technologies modernes d'ultra-filtration ou de centrifugation du caillé maigre permettent d'obtenir un égouttage rapide (**Mahaut et al, 2007**).

2. Composition et valeur nutritive

Les fromages frais, qui contiennent une grande quantité d'eau (de 70 % à 82 %), sont une manière de conserver les protéines, les matières grasses et une partie du calcium et du phosphore du lait. L'Homme apprécie grandement leurs qualités nutritionnelles et organoleptiques. Le fromage frais varie en fonction de la composition du lait d'origine et de la technologie utilisée. D'après la FAO (1995), la valeur biologique et nutritionnelle du fromage frais est élevée, car il contient un taux élevé d'acides aminés essentiels, en particulier les acides aminés soufrés. La nutrition du fromage frais diffère en fonction de la quantité de matières grasses dans le lait utilisé et de la méthode de fabrication (Tableau 1) (**Mahaut et al, 2000**).

Tableau 1: Valeur nutritionnelle moyenne des fromages frais (Benallaoua *et al*, 2022).

Constituants	Teneur
Eau (kcal / 100g)	79
Energies (g / 100g)	118
Glucides (g /100g)	4
Lipides (g / 100g)	17
Acides gras saturés (mg / 100g)	12
Protéines (g / 100g)	9

Suite tableau 1

Sodium (mg / 100g)	520
Calcium (mg / 100g)	95
Phosphore (mg / 100g)	140

3. Différents types de fromage frais

Contrairement à l'idée reçue, le fromage frais n'est pas seulement un fromage à tartiner. Il existe une grande variété de fromages frais, tels que :

3.1. Fromage blanc

Il s'agit de celui que l'on trouve habituellement dans le rayon des desserts, emballé soit en petits pots individuels, soit en gros pots de 1 kg. Le fromage blanc est disponible avec 40, 30, 20 ou 0% de matière grasse. Le fromage blanc est extrêmement lisse et très crémeux, grâce à sa texture battue. Il est parfait pour le petit-déjeuner, mais également pour les gâteaux, les cheesecakes ou encore les tartes. Il est fréquemment utilisé en remplacement de la crème, afin de simplifier les recettes (3).

3.2. Petit suisse

Il est le préféré des enfants en raison de sa teneur en calories élevée. Il renferme au moins 40 % de matières grasses, car il est souvent associé à de la crème fraîche (3).

3.3. Faisselle

Elle est faite de lait de vache, de lait de brebis ou de chèvre et son nom vient du récipient dans lequel elle s'égoutte. En raison de sa texture très molle et grumeleuse (car elle n'est pas battue, contrairement au fromage blanc), il est adapté aux recettes sucrées et salées (3).

3.4. Fromage de cottage

Il est confectionné avec du lait entier et n'est pas battu, ce qui lui confère une apparence très granuleuse. Il est riche en lipides et apprécié aussi bien salé que sucré. En Grande-Bretagne, il est l'une des célébrités du petit-déjeuner anglais (3).

Chapitre 03 : Le fromage frais

3.5. Savane

Né en Provence, c'est un fromage qui se distingue par sa texture particulière, légèrement granuleuse. Il est possible de le faire avec du lait de vache, de brebis ou de chèvre. La brousse est généralement consommée salée, avec du poivre, des fines herbes et de l'ail (3).

3.6. Broccio :

C'est un fromage frais provenant de Corse. Ce fromage de l'île de Beauté, sous l'appellation AOC, est fabriqué à partir de petit lait de chèvre ou de brebis, avec du lait entier. Les Corses l'emploient dans de nombreux plats, qu'ils soient salés ou sucrés (3).

3.7. Ricotta

Ce fromage italien à base de lait de brebis ou de chèvre est un fromage frais italien. La ricotta est fabriquée à partir de petit lait provenant d'autres fromages, qui a été réchauffé une deuxième fois ; c'est pourquoi son nom signifie « recuit ». S'il peut être utilisé dans des préparations sucrées telles que le cheesecake, la ricotta est particulièrement appréciée dans des préparations salées telles que les lasagnes (3).

3.8. Feta

Il est fabriqué à partir de lait de brebis ou de chèvre, puis mis en saumure pendant plusieurs mois, ce qui explique son assèchement à l'air libre. La feta est un fromage très salé qui est utilisé dans la célèbre salade grecque (3).

3.9. Pâtes à tartiner

Ce sont des pâtes fraîches. Le Philadelphia, le Tartare, le Saint-Morêt, le Madame Loïk, ainsi que la Vache Qui Rit ou le Kiri sont parmi les fromages frais à tartiner les plus populaires (3).

Deuxième Partie
Partie Expérimentale

Chapitre 04

Matériel Et Méthodes

1. Matière première

1.1. Lait

Les produits laitiers, tels que le lait, les fromages et les yaourts, font partie des cinq familles d'aliments. Ils sont particulièrement riches en calcium, mais également en protéines biologiquement importantes, en vitamines (B2, B12, D...), en minéraux et en oligo-éléments (Noblet, 2012). Dans cette étude, nous avons utilisé du lait entier, qui est conditionné et commercialisé dans des emballages tetra pak de contenance de 1L (Figure 15).

Valeurs nutritionnelles moyennes pour 100 ml (% V.N.R.*) / Nutrition content: Typical values per 100 ml (% N.R.V.*) / Valores nutricionales médios por 100 ml (% V.N.R.*) / معلومات غذائية في كل ١٠٠ مل (%)		
Energie / Energy / Energia	269 kJ (كيلوجول) / 64 kcal (كيلوكالوري)	السرعات الحرارية
Matières grasses / Fat / Gorduras	3,6 g / غ	دسم
dont acides gras saturés / of which saturates / dos quais saturadas	2,2 g / غ	منها أحماض دهنية مشبعة
Glucides / Carbohydrates / Hidratos de carbono	4,8 g / غ	كربوهيدرات
dont sucres / of which sugars / dos quais açúcares	4,8 g / غ	من بينها سكريات
Protéines / Proteins / Proteínas	3,2 g / غ	بروتين
Sel / Salt / Sal	0,10 g / غ	ملح
Calcium / Cálcio	120mg / مغ (15%)	كالمسيوم
* Valeurs nutritionnelles de référence / Nutrient reference values / Valores nutricionales de referência / قيم غذائية مرجعية		

Figure 15: Valeurs nutritionnelles moyennes pour 100 m de lait entier de 1L.

1.2. Vinaigre

Le vinaigre est un liquide à la fois aigre et piquant qui sert à aromatiser et à conserver les aliments (Atamna *et al.*, 2022). Dans cette étude, nous avons utilisé du vinaigre avec une acidité de 5° pour effectuer la coagulation du lait (coagulation acide). Il était commercialisé et conditionné dans des bouteilles en plastique de 50 cl (Figure 16). Le vinaigre était conservé dans un endroit sec et à l'abri des rayons du soleil et des températures élevées.

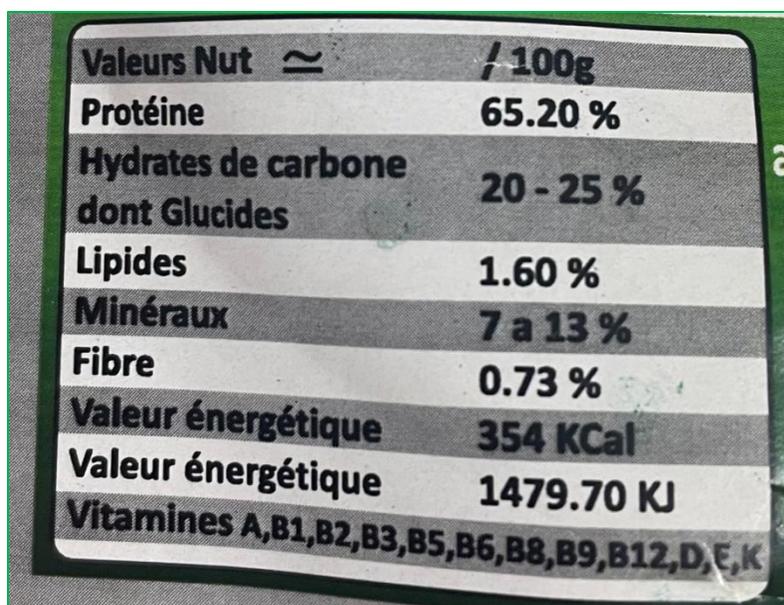


Valeurs nutritionnelles et énergétiques pour 100g		القيمة الغذائية و الطاقوية لكل 100 غ	
Valeurs énergétiques	11,76 Kcal 49,15 KJ	11,76 كيلو حريرة 49,15 كيلو جول	القيمة الطاقوية
Lipides	00 g	00 غ	مادة دسمة
Protéines	00 g	00 غ	بروتينات
Glucides	2,94 g	2,94 غ	سكربيات

Figure 16: Valeurs nutritionnelles et énergétique pour 100g d'une Bouteille de vinaigre 50 cl.

1.3. Spiruline

La spiruline est consommée comme complément alimentaire pour lutter contre la malnutrition (**Roux, 2006**). Dans cette étude, la spiruline a été utilisée sous forme de poudre conditionnée dans des sacs de 100 g (Figure 17). Elle a été conservée dans un endroit sec et à l'abri de la lumière et du soleil.



The image shows a nutritional label for Spirulina. The label is rectangular with a white background and black text. It lists various nutrients and their percentages or values per 100g. The text is as follows:

Valeurs Nut \approx	/ 100g
Protéine	65.20 %
Hydrates de carbone dont Glucides	20 - 25 %
Lipides	1.60 %
Minéraux	7 a 13 %
Fibre	0.73 %
Valeur énergétique	354 KCal
Valeur énergétique	1479.70 KJ
Vitamines A,B1,B2,B3,B5,B6,B8,B9,B12,D,E,K	

Figure 17: Valeur nutritionnelles et énergétique pour 100g de la spiruline.

1. Fabrication du fromage frais à la spiruline

La fabrication du fromage frais a été commencée par le chauffage du lait jusqu'à atteindre la température de 90°C. Ensuite, un volume de 45 ml du vinaigre 5° a été ajouté au lait chaud pour déclencher sa coagulation. Une période de 5 minutes a été respectée pour optimiser la coagulation et la formation du caillé du lait. Après la coagulation, le lait coagulé a été égoutté pour l'obtention du caillé du lait. 3 g de sel de table (NaCl) ont été ajoutés au caillé. Enfin, des proportions de 1%, 2% et 3% de la poudre de spiruline ont été incorporées dans le fromage frais. Un malaxage était nécessaire pour bien mélanger le fromage avec la poudre de spiruline (Figure18).

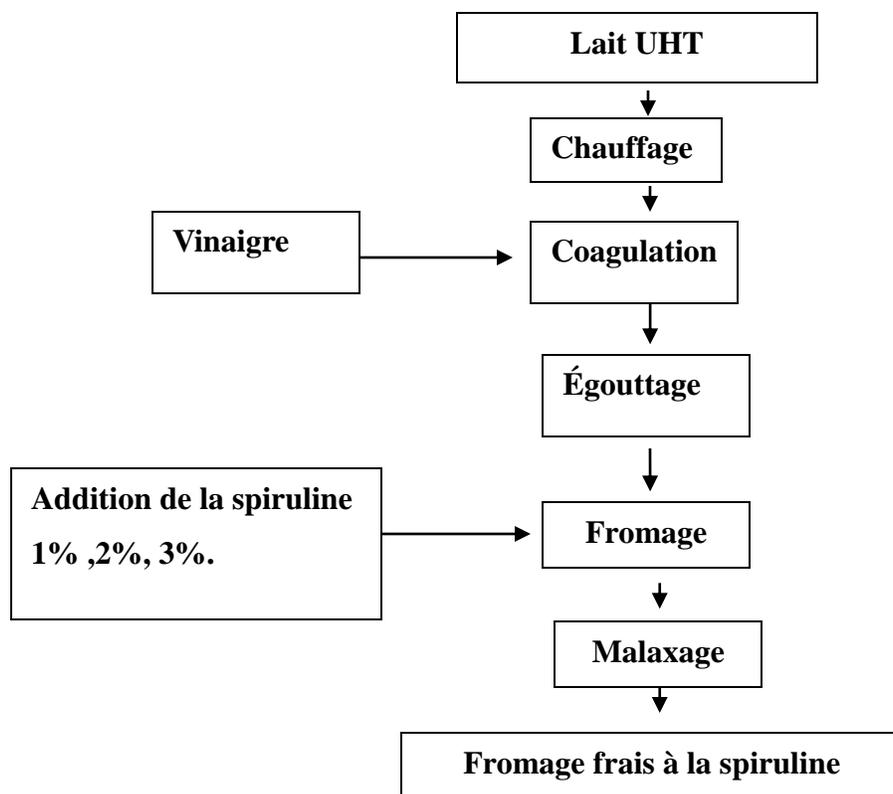


Figure 18:Diagramme de fabrication du fromage frais à la spiruline.

2. Analyses sensorielles du fromage frais à la spiruline

Les analyses sensorielles ont principalement été effectuées dans le domaine de l'alimentation pour évaluer les caractéristiques organoleptiques du produit telles que la couleur, l'odeur, la saveur et la texture (**Bathelot, 2016**). Dans cette étude, nous avons réalisé un test hédonique pour évaluer les caractéristiques organoleptiques du fromage frais à la spiruline : la couleur, l'odeur, le goût, la consistance et l'appréciation générale. Le panel d'évaluation sensorielle a été principalement composé de 20 personnes, des étudiants des sciences alimentaires et des enseignants de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers de l'Université 8 Mai 1945 Guelma. Il a été également recommandé au panel des analyses sensorielles de ne pas consommer de nourriture, de boire ou de fumer au moins 30 minutes avant le début du test. Ces analyses sensorielles ont été effectuées dans une salle propre, en présentant les échantillons du fromage frais à la spiruline aux évaluateurs dans des assiettes codées par des lettres (Figure 19).



Figure 19: Evaluation sensorielle des fromages frais

Une fiche de notation a été donnée au panel de dégustation pour faciliter l'évaluation des caractéristiques sensorielles des différents échantillons du fromage frais à la spiruline (Figure 20), en respectant une échelle de notation de 1 à 9 comme suit:

[1-3] mauvais , [4-6] moyennement acceptable, [7-9] très acceptable.

Fiche des analyses sensorielles

Vous avez 5 produits à évaluer sensoriellement suivant l' échelle de notation ci -
après :

1-3	4-6	7-9
Mauvais	moyennement Acceptable	très acceptable

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Couleur	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----								

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Odeur	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----								

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Goût	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----								

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Consistance	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----								

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Apréciation générale	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----								

Figure 20:Fiche des analyses sensorielles des fromages frais

4.Analyses physico-chimiques

4.1. Humidité

L'humidité d'un aliment correspond à sa teneur en eau libre (**Adouane, 2019**). Elle a été déterminée par dessiccation de 3 g du produit à 130°C dans une étuve ventilée (Figure 21) pendant 20 minutes, jusqu'à la stabilisation de la masse de ce produit.

Les résultats ont été exprimés en pourcentage selon la formule suivante:

$$H\% = (P2 - P1 / P0) .100$$

Dont,

H% : Humidité en pourcentage.

P2 : Masse de creuset + échantillon avant chauffage (g).

P1 : Masse de creuset + échantillon après chauffage (g).

P0 : Masse de la prise d'essai (g).



Figure 21: Etuve ventilée.

4.2. Acidité titrable

L'acidité titrable représente la somme des acides minéraux et organiques présents dans le produit. Elle est déterminée par titration (Figure 22) avec une solution d'hydroxyde de sodium (0,1N) en présence de la phénolphthaléine comme indicateur coloré (**Adouane, 2019**). 10g de fromage frais ont été finement broyé dans l'eau distillée à une température de 40°C afin de libérer les acides présents jusqu'à atteindre un volume de 105 ml. Puis, un volume 25 ml de cette solution a été titré par la soude (NaOH) 0.1 N en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré (**Leksir, 2018**). Les résultats ont été exprimés en degré dornic (°D).

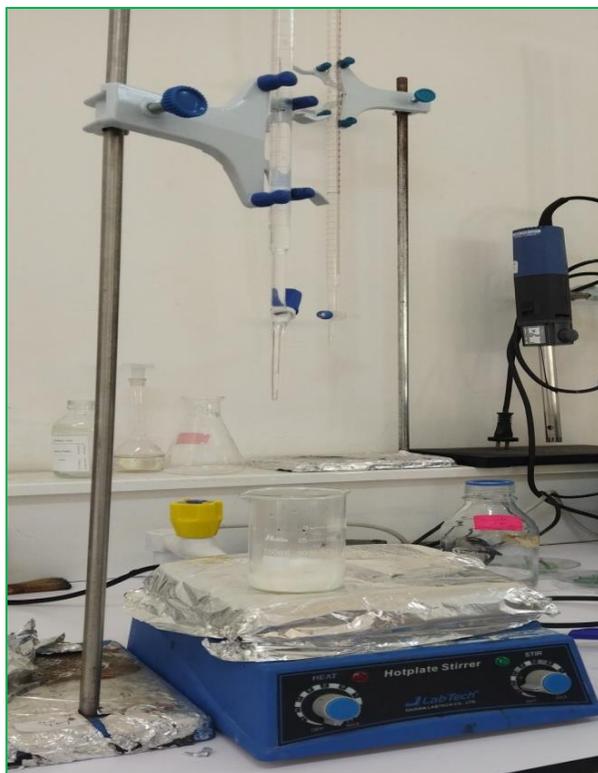


Figure 22:Montage de titration

4.3. pH

La mesure du pH des différents échantillons du fromage frais a été faite à l'aide d'un pH-mètre (Figure 23), en plongeant directement la sonde dans l'échantillon à analyser à 20°C.

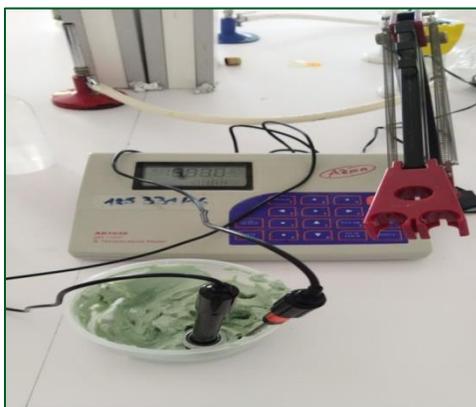


Figure 23:pH-mètre.

4.4. Cendres

La partie minérale d'un produit est représentée par les cendres totales, ce qui permet d'avoir une idée de son apport en minéraux (Azouz *et al*, 2023) . 2 g d'échantillon du fromage

frais a été incinéré dans un four à moufle (Figure 24) à une température de 525°C pendant 5 heures. Le pourcentage de cendres a été calculé en utilisant la formule suivante :

$$\text{Cendres \%} = (P2 - P1 / P0) \times 100$$

Dont :

- **P0** : poids de l'échantillon (g).
- **P1** : poids du creuset vide (g).
- **P2** : Poids de creusets + échantillon après incinération (g).



Figure 24:Four à moufle .

4.5. Rhéologie

La rhéologie, des échantillons du fromage frais incorporé de la spiruline, a été mesurée à l'aide d'un rhéomètre (Figure 25) de laboratoire de recherche des analyses industrielles et génie des matériaux de l'Université de 8 mai 1945 Guelma (Figure 25). Cet appareil permet de mesurer le gradient de la vitesse de déformation et la viscosité du produit en fonction d'une contrainte (force de déformation).



Figure 25:Rhéomètre

5. Traitement statistique des données

Les résultats obtenus dans notre étude a été traités par un logiciel statistique Minitab version 16. Une analyse de variance ANOVA, des résultats des différents échantillons du fromage frais incorporé de la spiruline, a été réalisée ($P < 0,05$) afin de montrer la présence ou l'absence d'une différence significative entre les échantillons étudiés. Le test du Tukey a été également utilisé pour grouper les résultats en différents groupes (A, B, C, etc.).

Chapitre 05

Résultats et Discussion

1.Humidité

Les résultats d'humidité des différents échantillons du fromage frais à la spiruline sont présentés dans la figure ci-dessous. D'après ces résultats, nous remarquons que l'addition de la spiruline à une dose de 1% n'a pas d'effet sur la teneur en humidité du fromage frais, ceci peut être due à la dose minimale de la spiruline ajoutée. Par contre, l'addition de 2% de la poudre de la spiruline diminue l'humidité du produit. Ce résultat peut être expliqué par l'addition d'une matière sèche (poudre de spiruline) qui diminue la teneur en eau dans le fromage frais.

Cependant, l'addition de 3% de la spiruline augmente de l'humidité et cela peut être à une erreur de mesure. Par ailleurs, **Rebiha (2023)** a mentionné des valeurs d'humidité comprises entre de 65.6 % et 66,8% pour le fromage frais amélioré et le fromage nature (FN) respectivement. Ces résultats sont plus élevés à ceux trouvés dans notre étude et cela peut être interprété par la différence de la méthode de fabrication et notamment l'étape d'égouttage du caillé du lait.

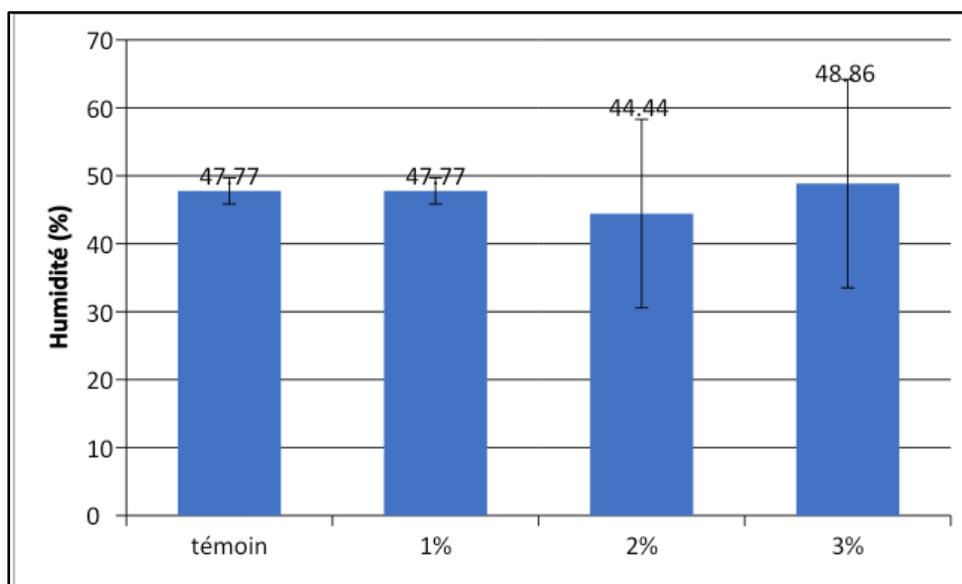


Figure 26:Humidité des fromages frais à la spiruline

Tableau 2: Analyse de variance des résultats d'humidité des différents échantillons du fromage frais à la spiruline.

Produit	N (essai)	Humidité	ANOVA $p < 0,05$	Test de Tukey
Témoin	3	47.77 ± 1.92	0.649	A
1%	3	47.77 ± 1.92		A
2%	3	44.44 ± 13.87		A
3%	3	48.86 ± 15.35		A

L'analyse statistique des résultats d'humidité par le test ANOVA et le test Tukey montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les différents échantillons du fromage étudié. Alors, l'addition de la spiruline n'a pas d'effet sur l'humidité des différents échantillons du fromage frais.

2. pH

La figure (27) montre les valeurs de pH dans les différents échantillons du fromage frais à la spiruline .

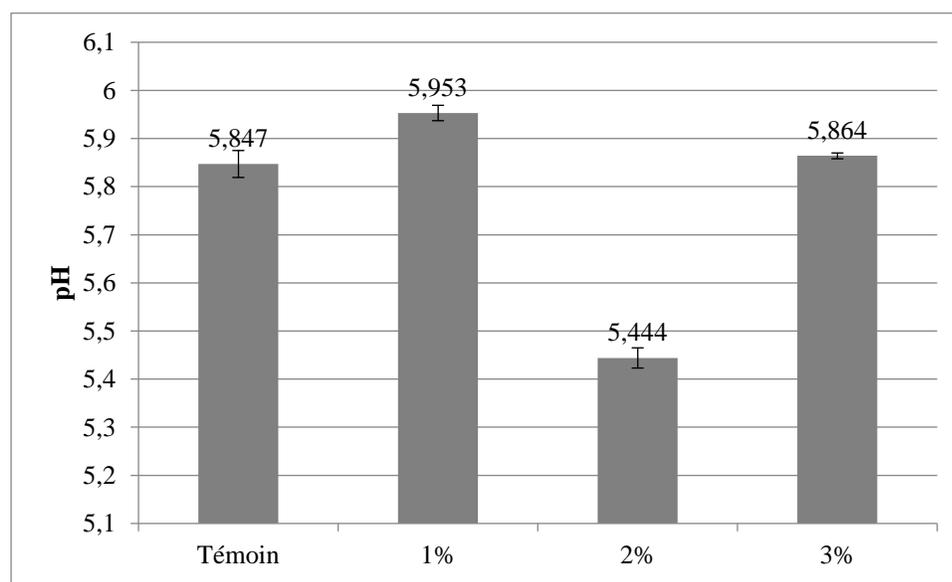


Figure 27: pH des fromages frais enrichis à la spiruline

Chapitre 05 : Résultats et Discussion

D'après la figure (27), le fromage frais avec l'addition de la spiruline (1%) présente la valeur du pH la plus élevée (5,95). Par contre, nous notons que la valeur la plus basse est enregistrée dans l'échantillon du fromage à la spiruline (2%) avec une valeur de 5,44. Ainsi, l'échantillon témoin du fromage présente un pH proche à celui d'échantillon enrichi en spiruline à une dose de 3%. Ces résultats sont similaires de ceux rapportés par **Cherabi et al. (2022)**, avec une valeur moyenne de 5,21.

Cependant, **Rebiha (2023)** a mentionné des valeurs de pH, pour le fromage frais nature (FN) et le fromage frais amélioré (FA), comprises entre 4,34 et 4,31. De même, **Khrouni et Boukabou (2019)**, ont noté un pH de 4,52 pour le fromage frais. Ces résultats du pH sont inférieurs à ceux obtenus dans notre étude, ce qui nous conduit à conclure que les valeurs de pH diffèrent d'un produit à l'autre, même s'ils proviennent de la même région. Cela peut être attribué à divers facteurs tels que : le procédé et la durée de préparation du fromage, le type de lait utilisé ou l'alimentation fournie aux animaux (**Rebiha, 2023**).

Tableau 3: Analyses de variance des résultats de Ph des différents échantillons du fromage frais à la spiruline

Produit	N (essai)	pH	ANOVA $p < 0,05$	Test de Tukey
Témoin	3	5.84± 0,02	0.000	A
1%	3	5.95± 0,01		B
2%	3	5.44± 0,02		B
3%	3	5.86± 0,00		C

L'analyse statistique des résultats de pH des différents échantillons du fromage frais enrichi à la spiruline montre la présence d'une différence significative entre l'échantillon du fromage témoin et les échantillons 1% et 3% de spiruline. Nos résultats sont groupés en 3 groupes différents (A, B, C). Donc, l'addition de la spiruline avec des doses 1% et 3 % a significativement augmenté le pH des fromages frais. Cependant, le test statistique n'a pas mentionné une différence significative entre les échantillons 1% et 2% de spiruline.

3. Cendres

Les résultats du taux des cendres du fromage frais enrichi à la spiruline sont démontrés dans la figure (28).

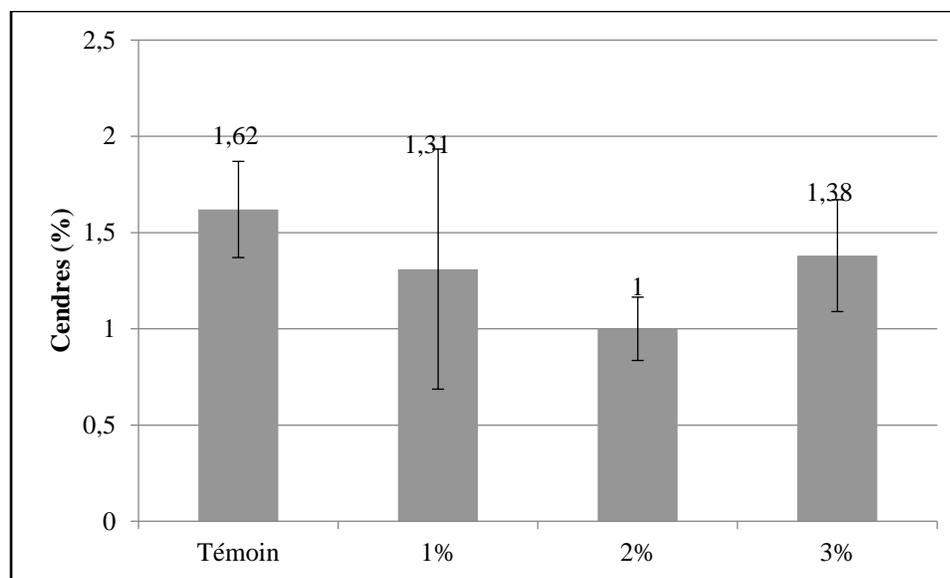


Figure 28: Cendres du fromage frais à la spiruline

Selon la figure (28), il est évident que la valeur des cendres enregistrée dans le fromage frais témoin est de 1,62%. Cependant, les taux des cendres du fromage frais enrichi à la spiruline sont inférieurs à ceux du fromage frais témoin. Nous remarquons qu'il diminue avec la dose de spiruline ajoutée pour atteindre un taux de 1 % dans l'échantillon enrichi de 2 % en spiruline, à l'exception de la dose de 3 % qui n'a pas connu la même baisse. Toutefois, nos résultats sont similaires à ceux de l'échantillon du fromage frais étudié par **Khirouni et Boukabou (2019)**, avec une valeur de 1,31%. De plus, **Mamadou et al, (2017)** ont noté une teneur en cendres de 0,64 % pour le fromage frais, ce résultat est plus faible à celui trouvé dans notre étude et cela peut être interprété par le type du lait utilisé dans la fabrication du fromage frais.

Tableau 4: Analyses de variance des résultats des cendres des différents échantillons du fromage frais à la spiruline

Produit	N (essai)	Cendres (%)	ANOVA $p < 0,05$	Test de Tukey
Témoign	3	1,62 ± 0,24	0,318	A
1%	3	1,31 ± 0,62		A
2%	3	1,00 ± 0,16		A
3%	3	1,38 ± 0,29		A

L'analyse statistique des résultats des cendres par le test ANOVA et le test Tukey montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les différents échantillons. Alors, l'addition de la spiruline n'a pas d'effet sur les cendres des différents échantillons du fromage frais.

4. Acidité titrable

Les résultats d'acidité titrable des échantillons du fromage frais à la spiruline sont démontrés dans la figure (29).

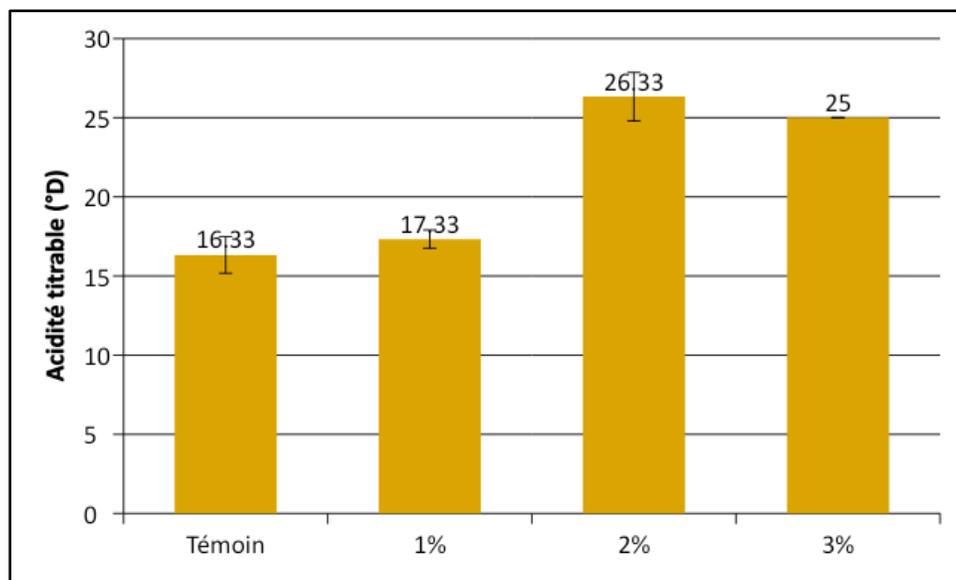


Figure 29: Acidité titrable des fromages frais à la spiruline.

D'après la figure (29), nous observons que l'acidité titrable d'échantillon témoin est de 16,33 °Dornic. Cependant, l'acidité titrable des échantillons enrichis à la spiruline augmente en fonction de sa dose. Elle est légèrement élevée (17,3 °Dornic) pour la dose de 1% de spiruline, mais significativement élevée pour les doses 2% et 3 % de la spiruline ajoutée (26,3°Dornic , 25 °Dornic respectivement). Ces résultats sont similaires aux résultats obtenus par **Mamadou et al., (2017)**, avec une valeur de 25,2°Dornic. Néanmoins, **Boukabou et Khirouni, (2019)** ont rapporté une acidité titrable de 38 ° Dornic dans le fromage frais incorporé de l'ail. De même, **Gana et al., (2018)**, ont enregistré une valeur d'acidité titrable de 55°Dornic dans le fromage frais, ce résultat est nettement supérieur aux résultats trouvés dans notre étude.

Tableau 5: Analyses de variance des résultats d'acidité titrable des différents échantillons du fromage frais à la spiruline

Produit	N (essai)	Acidité titrable (°Dornic)	ANOVA $p < 0,05$	Test de Tukey
Témoin	3	16,33 ± 1,15	0,000	B
1%	3	17,33 ± 0,57		B
2%	3	26,33 ± 1,52		A
3%	3	25,00 ± 00		A

L'analyse statistique des résultats d'acidité titrable des différents échantillons du fromage frais enrichi à la spiruline montre la présence d'une différence significative entre l'échantillon du fromage témoin et les échantillons 2% et 3% de spiruline. Donc, l'addition de la spiruline avec des doses 2% et 3 % a significativement augmenté l'acidité titrable des fromages frais. Cependant, le test statistique n'a pas mentionné une différence significative entre les échantillons témoin et 1% de spiruline d'une part et les échantillons 2% et 3% de spiruline d'autre part.

5. Rhéologie

Les résultats de la rhéologie des différents échantillons du fromage frais à la spiruline sont illustrés dans les figures suivantes.

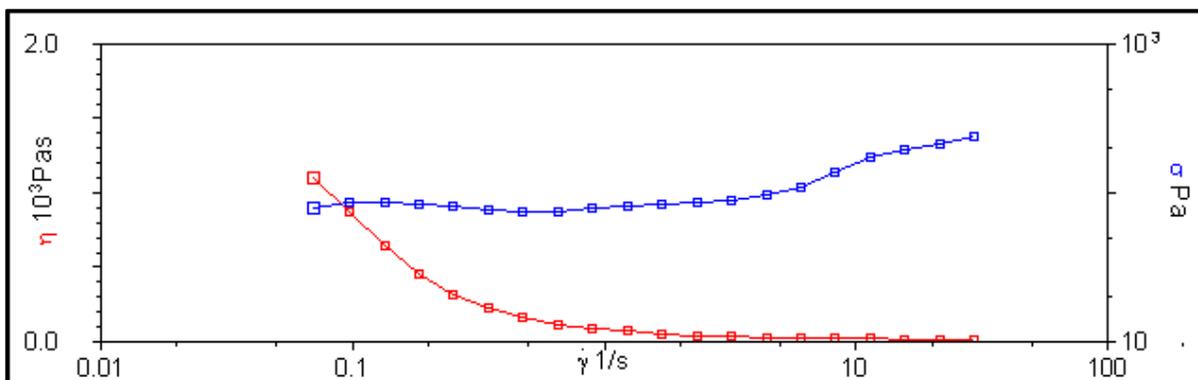


Figure 30: Courbe de rhéologie du fromage frais témoin.

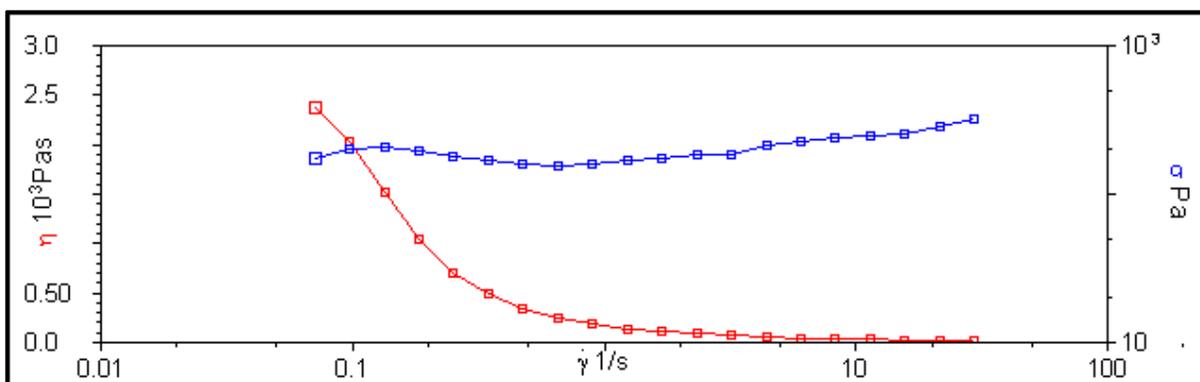


Figure 31: Courbe de rhéologie du fromage frais enrichi à la spiruline dose de 1%.

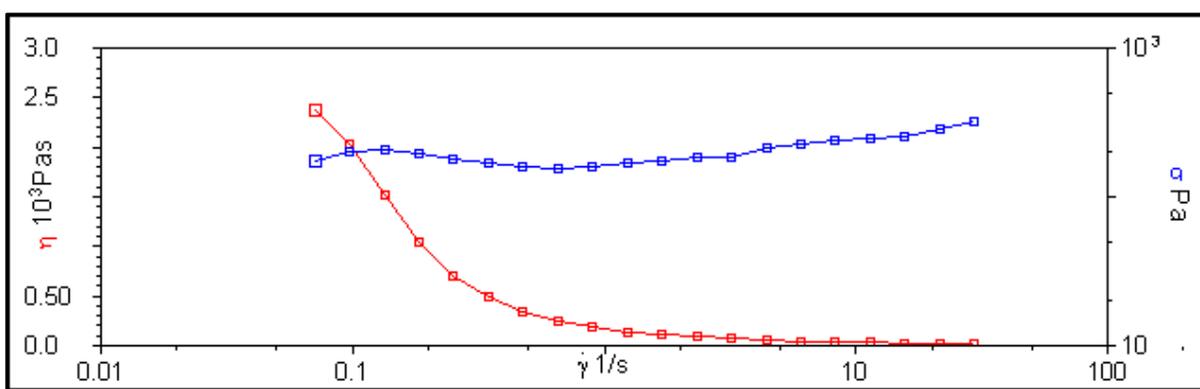


Figure 32: Courbe de rhéologie du fromage frais enrichi à la spiruline dose de 2%.

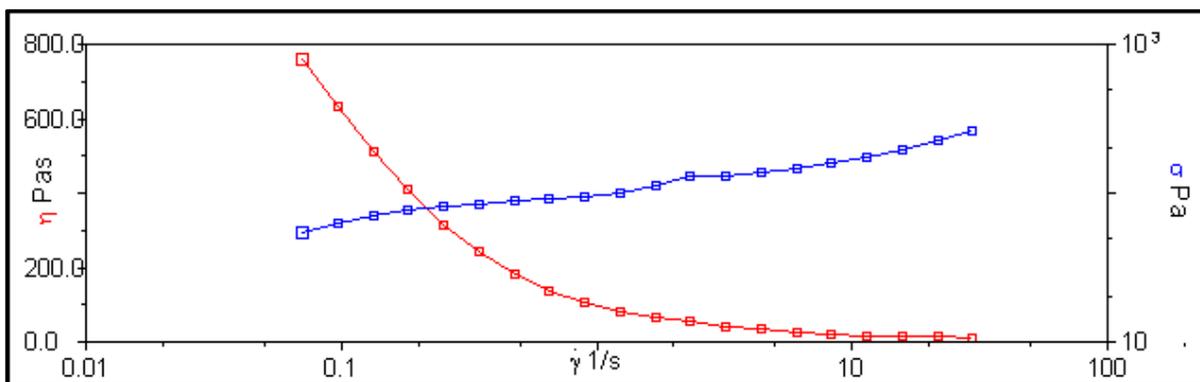


Figure 33: Courbe de rhéologie du fromage frais enrichi à la spiruline dose de 3%.

D'après les figures, nous constatons que d'une manière générale, la viscosité du fromage diminue en fonction de la vitesse de déformation de la matrice du fromage. À partir du gradient de vitesse de déformation 8,37/S (Figure 30), nous constatons une augmentation de la contrainte. Après ce gradient, la contrainte poursuit son augmentation. Nous pouvons dire que notre produit

Chapitre 05 : Résultats et Discussion

est facile à mastiquer et aisé à avaler. Donc, la consommation de notre produit est très agréable pour le consommateur âgé ou les enfants parce qu'ils sont fluides dans la bouche.

Selon les figures (31) et (33), nous pouvons constater que, si le pourcentage de spiruline dans le fromage augmente, la viscosité de ce produit diminue. Donc, la viscosité des différents échantillons a la même tendance, si le pourcentage de spiruline augmente, la viscosité diminue et la fluidité du fromage augmente.

6. Analyse sensorielle

Les résultats de l'évaluation sensorielle des produits élaborés (fromage frais) témoin et enrichis par les différentes doses de la spiruline, sont présents dans la figure ci-dessous:

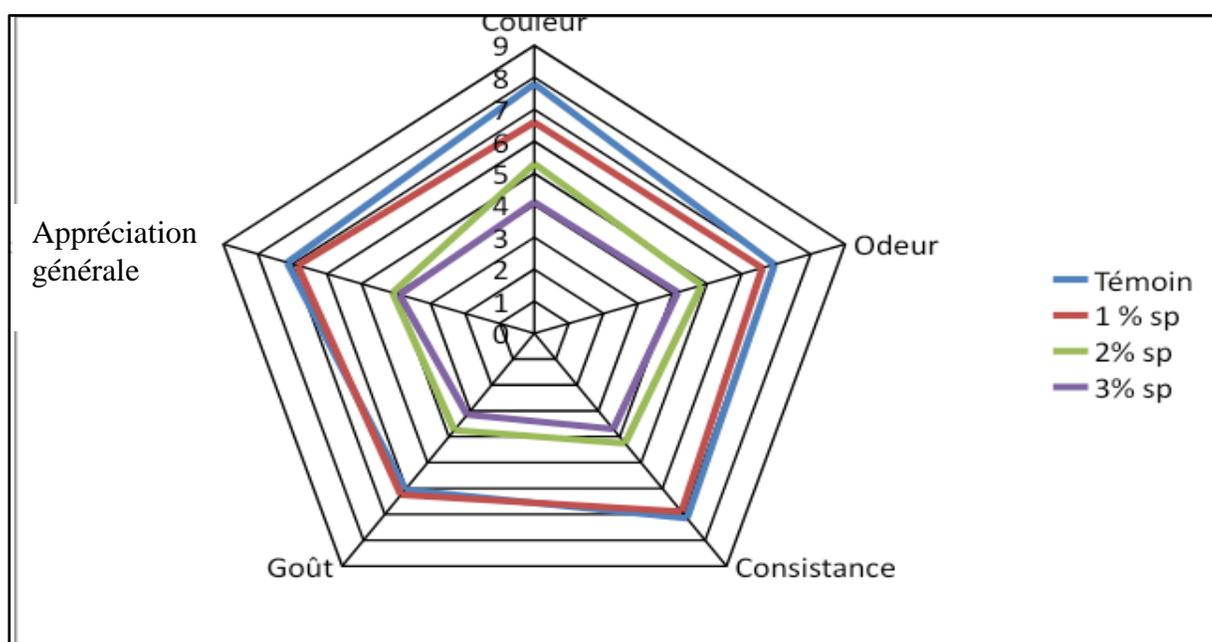


Figure 34: Profil sensoriel du fromage frais à la spiruline.

A partir de la figure 34, nous constatons que :

- **Couleur**

La couleur de témoin est plus satisfaisante (7.8) par rapport la couleur des autres échantillons (Figure 34). Le résultat obtenu peut être expliqué par le fait que les dégustateurs préfèrent la couleur blanche, associée à des produits laitiers frais et de haute qualité d'une part et d'autre part le panel des analyses sensorielles n'est habitué aux produits dérivés des algues qui portent de couleur verte.

- **L'odeur**

Concernant l'odeur, nous remarquons que l'odeur de l'échantillon témoin est la plus agréable (6,95) également que les autres échantillons enrichis en spiruline (Figure 34). Donc, selon ces résultats, plus la dose de spiruline est élevée, plus l'odeur est forte et devient désagréable. Ceci peut être dû aux dégustateurs qui ne sont pas habitués à consommer les produits des algues car ces derniers ont une odeur caractéristique qui peut être non appréciée par tous les consommateurs, tandis que la spiruline peut introduire des notes olfactives marines ou terreuses selon quelques membres de panel de dégustation.

- **Consistance**

La consistance du fromage frais témoin est la plus appréciée (7.15) par le panel des analyses sensorielles par rapport aux autres produits enrichis à la spiruline 1 %, 2 %, 3 % qui ont obtenu des notes plus faibles 6,9, 4,25, 3,7 respectivement (Figure 34). Alors, l'appréciation de la consistance des fromages frais enrichis diminue avec l'augmentation de la teneur en spiruline qui change la consistance habituelle du fromage frais préférée par les consommateurs.

- **Goût**

Pour le goût, nous notons que le fromage enrichi à la dose de 1 % a un goût légèrement agréable (6,25) par rapport aux autres échantillons. Par contre, les produits enrichis en 2 % et 3% de spiruline sont notés par les notes de 3,75 et 3,15 respectivement (Figure 34). Cela peut être expliqué par le nouveau goût de la spiruline qui est non habitué par le consommateur algérien qui ignore les algues et leur goût caractéristique. Les algues ne font pas partie de culture alimentaire des algériens. Ces résultats peuvent être différents si nous utilisons de panel de dégustation composé des individus de la population de Sud Est de l'Asie dont les gens sont habitués à consommer les algues depuis l'antiquité.

- **Appréciation générale**

En se référant à la moyenne des avis de l'ensemble des dégustateurs, l'appréciation générale du fromage frais témoin est la plus acceptable (7.15) par rapport les produits enrichis en spiruline 1 %, 2 % et 3 %. Ces derniers sont notés comme suit : 6,85, 4,6 et 3,9 respectivement. Ceci nous conduit à dire que le fromage frais enrichi à 1 % de spiruline est le plus apprécié que les autres produits enrichis (Figure 35).

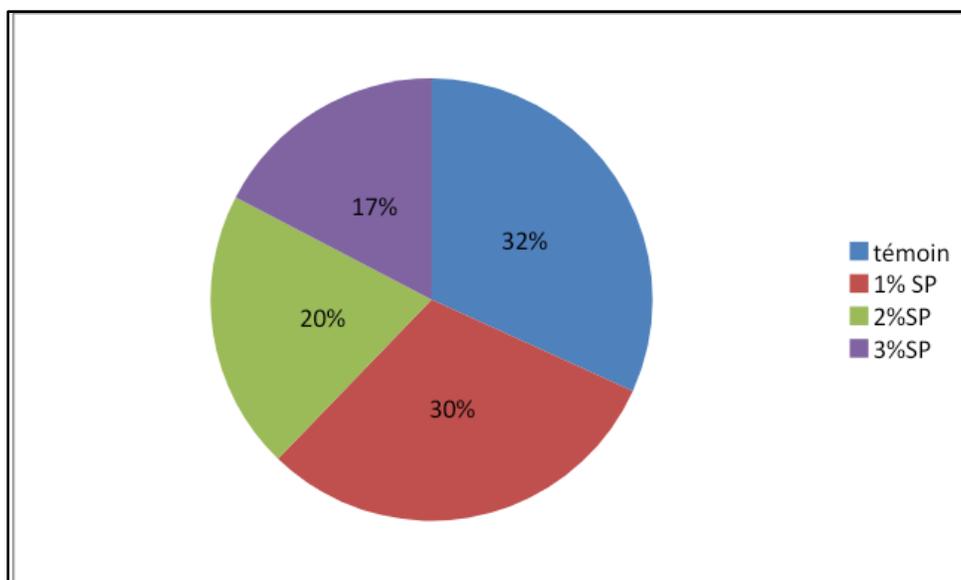


Figure 35: l'appréciation générale du fromage frais enrichi.

Les résultats de l'acceptabilité générale du fromage frais enrichi à 1 %, 2 % et 3 % par la poudre de spiruline sont illustrés dans la figure 35. En fonction du degré d'appréciation générale des dégustateurs (mauvais, moyennement acceptable, très acceptable), 32 % des dégustateurs préfèrent le produit témoin. De même, 30% du panel de dégustation préfèrent le fromage enrichi en spiruline à la dose 1%. Cependant, les fromages frais enrichis aux doses 2% et 3% de spiruline sont faiblement appréciés 20% et 17% respectivement par le panel de dégustation.

D'une manière générale, le fromage frais à la spiruline est un nouveau produit avec des caractéristiques organoleptiques différentes à celles du fromage frais et semblables à celles des algues, leur couleur verte, leur goût et leur odeur caractéristique. Chez une population non habituée à consommer des algues comme la population algérienne, il est normal que les dégustateurs ignorent le goût et l'odeur caractéristiques des dérivés des algues ce qui influence nettement leur appréciation organoleptique.

Conclusion et Perspective

Conclusion et Perspective

Conclusion et Perspective

Cette étude est une contribution à l'étude de l'effet de l'incorporation de la spiruline à différentes doses 1 %, 2 % et 3 % dans le fromage frais sur sa qualité physico-chimique et organoleptique.

A partir de cette étude, il est possible de conclure que l'incorporation de la spiruline sous forme de poudre à différentes doses 1 %, 2 % et 3 % dans le fromage frais diminue l'humidité et le taux de cendre de ce produit. Néanmoins, cette incorporation dans le fromage frais diminue le pH et augmente l'acidité titrable de ce produit.

Par ailleurs, l'étude rhéologique des différents échantillons du fromage frais incorporés de différentes doses 1 %, 2 % et 3 % de la spiruline montre que la viscosité de ces produits diminue avec l'augmentation des proportions de la spiruline ajoutées. Ainsi, elle a la même tendance de diminution chez tous les échantillons du fromage frais en fonction de la vitesse de cisaillement (déformation). Donc, plus la force appliquée est forte et plus la vitesse de déformation est élevée et plus la viscosité des fromages frais est diminuée. Ceci indique que l'incorporation de la spiruline diminue la viscosité et facilite la consommation du fromage frais chez les personnes âgées et les enfants.

D'autre part, les analyses sensorielles montrent que, plus la quantité de spiruline est faible, plus le fromage frais est apprécié par les évaluateurs, malgré la richesse de la spiruline en éléments nutritifs et en molécules bioactives nécessaires pour la bonne santé des consommateurs. Ceci montre que les algériens ne sont pas habitués à consommer les produits des algues et ne sont pas familiarisés également avec leur saveur et odeur spécifiques. Alors, il est intéressant de convaincre les gens à consommer les algues et leurs produits pour ne pas perdre leurs bienfaits nutritionnels et fonctionnels.

Pour compléter cette étude, il est important d'étudier les volets suivants :

- Etude des molécules bioactives de la spiruline et leur effet sur la conservation du fromage frais.
- Etude de l'effet l'incorporation de la spiruline sur la qualité microbiologique du fromage frais.
- Etude de la qualité nutritionnelle des fromages incorporés de la spiruline.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques :

A

Abertvian, M. (2021). *Caractéristiques générales de la spiruline*. Techniques de L'Ingénieur.

Ainane, T. (2011). *Valorisation de la biomasse algale du Maroc : Potentialités pharmacologiques et Applications environnementales, cas des algues brunes *Cystoseira tamariscifolia* et *Bifurcaria bifurcata**. Theses.hal.science p 7-8.

Aitouali, K., Adouane, N., & Brahmi, N. (2019). Analyses physico-chimiques et microbiologiques d'un fromage frais enrichi par l'ortie et le persil. *Univ-Bejaia.dz*.

Amira, G., ChahraZad, Z., & Khawla, S. (2018). *Comparaison de fromages fermiers frais : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques*.

Anning Toulement, Claude Rives, (1982). Sous la mer (faune et flore) Hatier. Paris, 29-37.

Azizi, B., Zeman, M., Mosran, M., & Bensehaila, S. (2022). Incorporation de la spiruline dans un fromage fabriqué à partir de lait de vache

B

Baron, M. (1998). *Étude de l'impact de l'ajout des bifidobactéries sur les cinétiques de fermentation des bactéries lactiques mésophiles utilisées dans la production de fromage frais*

Bathelot, B. (2016). *Analyses sensorielle - Définitions Marketing» L'encyclopédie illustrée du marketing*.

Blais, S. (2002). *La problématique des cyanobactéries (algues bleu-vert) à la baie Missisquoi en 2001*. Agri-Réseau p 103.

Bououedine, M., Chérifi, S., & Boukhalifa, N. (2016). Etude des polysaccharides des algues marines p 3.

C

Cayla, M., (1995). Découvrez des algues propriétés applications recettes. Editions Chiron.

Cherabi, D., Djema, M., & Siad, L. (2022). *Elaboration d'un fromage frais enrichi par la graine de lin*.

Choubaila, L. (2018). Caractérisation, fabrication et consommation du dérivé laitier traditionnel "Klila" dans l'Est algérien. *Univ-Guelma.dz*.

Cruchot Hélène, (2008). La spiruline bilan et perspectives; faculté de médecine et de pharmacie de Besançon; P13; 16; 24; 59; 60.

Références Bibliographiques

D

Delecroix, J.M., >>Les algues alimentaires : Riches légumes de la mer??. Edition Médicis, Paris, (2006), 25-70.

Diallo, S., Souaré, L., &Traoré, L. (2017).*Utilisation de la pepsine de chinchard (trachurusmediterraneus) dans la fabrication d'un fromagefrais - ProQuest.*

F

Farid, Y., Etahiri, S., & Assobhei, O. (2009). *ActivitéAntimicrobienne Des Algues Marines de La LaguneD'oualidia (Maroc) : Criblage Et Optimisation de La Période de La Récolte | PDF | ATCC (Société) | Algue. Scribd.*

H

Han, P., Li, J., Zhong, H., Xie, J., Zhang, P., Lu, Q., Li, J., Xu, P., Chen, P., Leng, L., & Zhou, W. (2021).Anti-oxidation properties and therapeutic potentials of spirulina.

Hoseini, S. M., Khosravi-Darani, K., &Mozafari, M. R. (2013).Nutritional and Medical Applications of Spirulina Microalgae. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry, 13(8),* 1231–1237.

I

Ibrahim, R. (2023).*Evaluation de la qualité d'un fromagefraisartisanale de la région de Ben Yani.*

ILTIS, A. (1980).*Les algues.* Wwww.documentation.ird.fr.
<https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:00552> p 16-17-19.

G

GARON-LARDIERE.S., (2004). Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue *Asparagopsis armata* (Bonnemaïson), chimie, Université de Bretagne Occidentale, 211p.

Goulamabasse TR. La Spiruline : Activites Therapeutiques Et Son Interet Dans La Lutte Contre La. Published online 2018. Accessed March 10, 2021.

K

Kornprobst, Jean-Michel., (2005). Substances Naturelles d'Origine Marine 2-7430-0721-4.

Kouissi, F. (2021).Etude théorique et pratique de la synthèse et de la production des vitamines à partir des algues. Dspace.univ-Ouargla.dz p 6.

L

Références Bibliographiques

Loïc, C., Marie-José, L., &Alliod, R. (2008).*La Spirulinepeut-elleêtre un atout pour la santé et le développementenAfrique ?- fdi:010049963- Horizon.*

Luquet, F.M., et Corrieu, G., (2005). Bactéries lactiques et probiotiques. Edition Lavoisier, Paris. 307 p.

M

Mahaut, M., Jeantet, R., Brulé,G. (2007). Initiation à la technologie fromagère. Tech et Doc, Lavoisier, France.154p.

MAHI ALAIN, G. (2024). *Utilisation des normesqualitéscommeoutils de pérennisation des fermes de spirulinedans les pays envoie de développement*

Marfaing, H., &Lerat, Y. (2007). Les alguesont-ellesune place en nutrition ? *Phytothérapie,*

Martinelli, G. (2020). *Tout savoir sur la spiruline - Recette bio.* Quintesens.

Mccarty, M. (2007). Perspective Clinical Potential of Spirulina as a Source of Phycocyanobilin

WORDS: • antioxidant • bilirubin • biliverdin • hemeoxygenase • inflammation • NADPH oxidase • phycocyanin • phycocyanobilin • Spirulina • zeaxanthin NADPH OXIDASE AS A MEDIATOR OF PATHOLOGY. *JOURNAL of MEDICINAL FOOD J Med Food, 10(4), 566–570.*

Meriem, B., &Djehina, K. (2019).*Etude de l'effetd'addition de l'ail au fromagefrais sur saqualitéphysico-chimique et microbiologique.*

N

Nadia, A., &Khadidja , A. O. (2019). *Analyses physico-chimiques et microbiologiques d'un fromagefraisenrichi par l'ortie et le persil.*

Nedjraoui D. et Bédrani S. (2008). La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *Revue Vertigo. 8.*

Noblet, B. (2012). Le lait : produits, composition et consommationen France. *Cahiers de Nutrition et de Diététique, 47(5), 242–249.*

O

Othmani, A. (2014).*Médiationchimique entre l'alguebruneméditerranéenneTaoniaatomaria et la communautébactérienneassociée à sa surface.* Theses.hal.science p 27.

P

Parikh, P., Mani, U., &Iyer, U. (2001). Role of Spirulina in the Control of Glycemia and Lipidemia in Type 2 Diabetes Mellitus. *Journal of Medicinal Food, 4(4), 193–199.*

Références Bibliographiques

Pérez, R. (1997). Césalgues qui nous entourent: conception actuelle, rôledans la biosphère, utilisations, culture. In *Google Books*. Editions Quae p 11.

---.Barbaraux O., (1997). Ces algues qui nous entourent : conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisations, culture. Ed. IFREMER, Plouzané, France, 124p.

Person Julie, (2010). Algues, filières du futur. AdebioTech, Romainville, 55-94.

Puspita, M. (2017).*Extraction assistée par enzyme de phlorotanninsprovenant d'algues brunes du genre Sargassum et les activités biologiques p14.*

R

Ridha, A. M. E. aid, & Chaabna Qatar ennada, M. K. (2022).*Evaluation de l'effet antimicrobien du vinaigre*

Roeck-Holtzhauer De, Y.; Quere, I.; Claire, C., (1991). Vitamin analysis of five planktonic microalgae and one macroalga. *J. Appl. Phycol.* 3 (3): 259-264.

Roux, J. (2006). Être vigilant: l'opérativité discrète de la société du risque. In *Google Books*. Université de Saint-Etienne.

S

Sajilata, M. G., Singhal, R. S., & Kamat, M. Y. (2008). Fractionation of lipids and purification of γ -linolenic acid (GLA) from *Spirulina platensis*. *Food Chemistry*, 109(3), 580–586.

SALHI, A., & BOUSSAHA, C. « Valorisation de la biomasse algale de l'Algérie: potentialités pharmacologiques », Université Kasdi-Merbah OUARGLA, (2019).

Sguera, S. (2008).*Spirulina platensis et ses constituants : intérêts nutritionnels et activités thérapeutiques*. Hal.univ-Lorraine.fr.

Sidali, R., Mahmoud, B., Amine, T., Abdelkader, D., & Tahar, H. (2019). QUELLES DISPARITÉS DE CONSOMMATION DU LAIT ET PRODUITS LAITIERS EN ALGÉRIE Á TRAVERS LES RÉGIONS ? WHAT DIFFERENCES IN CONSUMPTION OF MILK AND DAIRY PRODUCTS IN ALGERIA THROUGH THE REGIONS? *Revue Agrobiologia*, 9(1), 1449–1457. RAMDANE_et_al.pdf.

T

Tessine Raza, G. (2018).*LA SPIRULINE : ACTIVITES THERAPEUTIQUES ET SON INTERET DANS LA LUTTE CONTRE LA MALNUTRITION A MADAGASCAR.*

Teubner, G., >> Les algues un monde à découvrir >>, Edition Quebecor, Canada, (2004), 33-361.

V

Références Bibliographiques

Vidalo J.L.,(2015) : Spiruline, l'algue bleue de santé et de prévention, Livre, Chapitre 3 / Cancer et Spiruline, p 101, Chapitre 16 / Universelle spiruline. A chacun son profil p.240.

Y

Yasmina, B., &Merad, T. (2022). Elaboration d'un fromagefrais enrichi par une compilation de trois matrices végétales aromatiques.

Z

Zehlila, A. (2017). *Caractérisation structurale et fonctionnelle des métabolites de l'algue verte Ulva Rigida au moyen d'une approche protéomique.* Theses.hal.science p 11.

Références Bibliographiques

Sites Web

1. Spiruline sp. Algues sous vue microscopique x40 cyanobactéries.<https://fr.dreamstime.com>.
Consultez le 14 mai 2024.
2. Classification scientifique- taxonomie.<https://www.spirulinefrance.fr/spiruline>. Consultez le 16 mai 2024.
3. Types de fromage frais. <https://www.croq-kilos.com/actus/quels-sont-les-types-de-fromage-frais>. Consultez le 20 mai.

Annexes

Annexes

Annexe 01 : Matériel utilisé



Balance analytique



Cuillère



Boite de Petri



Dessiccateur



Balance



Etuve ventilée



Four à moufle

Annexes

Annexe 02 : Résultat de l'analyse sensorielle de fromage frais.

Gout

dégustateur	témoin	dose de 1% de sp	dose de 2%de sp	dose de 3% de sp
1	9	9	4	1
2	6	9	8	5
3	9	8	4	2
4	9	9	4	3
5	9	9	2	2
6	5	7	1	2
7	7	7	4	2
8	8	6	1	1
9	6	7	3	1
10	7	2	2	4
11	5	4	5	4
12	2	3	2	3
13	2	2	1	1
14	4	7	6	7
15	5	6	3	2
16	6	6	3	2
17	2	4	4	3
18	8	8	6	7
19	6	7	8	8
20	6	5	4	3
M	6,05	6,25	3,75	3,15

Annexes

Couleur

dégustateur	témoin	dose de 1% de sp	dose de 2%de sp	dose de 3% de sp
1	9	9	5	4
2	7	8	9	6
3	9	7	6	6
4	9	9	7	6
5	9	9	3	3
6	7	7	5	5
7	7	7	4	2
8	9	8	8	5
9	8	6	5	2
10	7	4	3	2
11	6	3	4	4
12	9	5	3	2
13	9	7	5	8
14	8	4	4	5
15	7	7	5	2
16	7	7	3	2
17	6	7	9	4
18	7	5	5	4
19	7	5	7	6
20	9	8	6	4
M	7,8	6,6	5,3	4,1

Annexes

Odeur

dégustateur	témoin	dose de 1% de sp	dose de 2%de sp	dose de 3% de sp
1	9	9	5	2
2	7	7	7	4
3	8	8	5	4
4	7	9	6	5
5	9	9	3	2
6	3	5	4	4
7	7	7	4	3
8	7	8	7	7
9	9	7	3	2
10	6	5	3	3
11	5	3	5	5
12	7	7	7	7
13	4	3	2	3
14	4	6	4	5
15	8	7	3	3
16	9	7	3	2
17	7	5	7	5
18	8	7	7	6
19	7	7	7	7
20	8	6		4
M	6 ,95	6,6	4,85	4,15

Annexes

Appréciation générale

dégustateur	témoin	dose de 1% de sp	dose de 2%de sp	dose de 3% de sp
1	9	9	4	2
2	8	8	6	5
3	8	9	5	2
4	8	9	5	4
5	9	9	2	2
6	8	7	1	2
7	8	8	5	3
8	7	7	3	3
9	9	6	4	2
10	6	3	5	4
11	6	4	5	4
12	6	7	6	6
13	6	5	3	6
14	6	6	7	8
15	8	7	5	3
16	5	7	3	2
17	4	6	5	3
18	8	7	6	6
19	7	7	8	8
20	7	6	4	3
M	7,15	6,85	4,6	3,9