



République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمه لخضر

Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا الخلوية و الجزيئية

Département de biologie Cellulaire et Moléculaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences biologiques

Spécialité : Toxicologie

Etude de la préparation d'une confiture de citrouille et sirop du datte enriché par la spiruline

Présentés Par :

ATALLAH Intissar

GUEDIRI Hadia

HASSANI Henda

MANSOURI Roumaissa

Devant le jury composé de :

Président :		M.C.B, Université d'El Oued.
Examineurs :		M.A.A, Université d'El Oued.
Promoteur :	KIRAM Abderrazak	M.A. A, Université d'El Oued.

Année universitaire 2023/2024

Remerciements

Remerciements

Un grand merci à Dieu de nous avoir donné le courage et la patience, et d'avoir éclairé notre chemin pour achever ce travail.

*Nous remercions tout particulièrement **Mr. KIRAM Abderrazak** pour la confiance qu'il nous a accordée, ses remarques constructives, ses orientations et ses conseils.*

À tous ceux qui nous ont aidés à élaborer ce travail, pour leur soutien et leurs encouragements.

Nous exprimons également notre gratitude à tous les enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université d'EL Oued.

Nous remercions nos collègues pour leurs encouragements quant à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

الإهداء

و آخر دعواهم أن الحمد لله رب العالمين قال تعالى (يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ)
إلى هُنَا إنتَهتُ رحلتي الدراسية بِحُلُومَهَا وَمُرَّهَا شُكْرًا إِلَى أَبِي (عبد القادر) الراحل عن الدنيا الحاضر في قلبي الذي رحل قبل أن يقطف ثمار
الزرع ويعانق هذا النجاح الذي لولاه لم يكن
إلى ملاكي فِي الْحَيَاةِ إِلَى مُعْنَى الْخُبِّ وَ إِلَى مَعْنَى الْخَنَانِ وَالتفاني إِلَى بِسْمَةِ الْحَيَاةِ وَسِرِّ الْوُجُودِ إِلَى مَنْ كَانَ دَعَائِهَا
سِرِّ نَجَاجِيَّ إِلَى أَعْلَى الْحَبَابِ "امي الْعَالِيَةَ" (سليمة)
إلى إخوتي عَضْدِي سَنْدِي وَفَرَّةَ عَيْنِي وَمَلَازِي الْأَوَّلِ وَالْأَخِيرِ:
عبد الكريم ، عبد الرحمن ، عدنان ، حاتم ، نجيب ، سارة ، شفيقة ، مروة ، سلمى
إلى زوجي (همامي محمد) الداعم والمساند في السراء والضراء شُكْرًا لكَ... دمت لي سندًا لا ينتهي
إلى من حَلَّتْ بركة وجودهم في حياتي، ومن ملأت ضحكاتهم الجميلة عمري،
إلى من أستمروا بالتقدم لأجلهم، بناتي الحبيبات ، روفان ، أفنان ، روشان كم أتمنى أن
أكون لكم خير قدوة وموجهة و الحمد لله الذي بنعمته
تتم الصالحات

منصوري روميصاء

الاهداء

من قال انا لها.. نالها وانا لها وان ابنت رغبنا عنها اتيت بها

ما سلكتنا البدايات الا بتيسيره وما بلغنا النهايات الا بتوفيقه وما حققنا الغايات الا بفضلته.

الحمد لله الذي لا إله الا هو الملك القدوس السلام المؤمن المهيمن العزيز الجبار الحمد لله حبا وشكرا وامتنانا الحمد لله على البدء والختام ...

واخر دعواهم ان الحمد لله رب العالمين

لم تكن رحلة قصيرة ولا الطريق محفوف بالتسهيلات لكنني فعلتها بفضل الله وكرمه

بكل حب ومشاعر اهدي ثمرة نجاحي الى

من قال فيهم الله تعالى ﴿ وَقَضَىٰ رَبُّكَ أَلَّا تَعْبُدُوا إِلَّا إِيَّاهُ وَبِالْوَالِدَيْنِ إِحْسَانًا ٤٥﴾

الى من زين اسمي بأجمل الألقاب من دعمني بلا حدود واعطاني بلا مقابل الى من علمني ان النجاح لا يأتي الا بالصبر والاسرار سندي (

والذي العزيز محمود حفظه الله)

الى من جعل الجنة تحت اقدامها واحتضني قلبها قبل يديها وسهلت لي الشدائد بدعائها ، إلى القلب الحنون و الشمعة التي كانت لي في الليالي

المظلمات ، سر قوتي و نجاحي جنتي(أمي الغالية بشرى)

الى عزي واعتزازي الى من جاد علي بوقته و اكرمني بفضلته اقرارا مني بفضلته واعترافا بحقه حيث كان خير عون لي وسند الى رفيق

وصديق الأيام جميعا بلحوا ومرها الى من كان الأول دوما في مساندتي و تشجيعي (زوجي الحبيب زعي مولود سيف الدين)

الى من حلت بركة وجودها في حياتي الى من ملات ضحكاتها الجميلة عمري الى من تحملت معي تعب سنوات دراستي الى من اقاوم لكون

لها قدوة طيبة حسنة الى التي انجبتها قلبا يضم سعادتي ولقيتها دوما لأيامي سقت لقرة عيني (ابنتي عائشة)

الى ضلعي الثابت وامان ايامي الى من شددت عضدي بهم فكانوا مصدر قوتي اخوتي ، اخواتي (هاجر ، شهلة ، أنيسة)

لكل من كان عوننا وسندا لي في هذا الطريق زملائي زميلاتي في العمل كل باسمه

اهديكم هذا الإنجاز وثمره نجاحي الذي لطالما تمنيتته ها انا اليوم اتممت اول ثمراته بفضل من الله عز وجل فالحمد لله على ما وهبني وان يعينني

ويجعلني مباركا أينما كنت

هدية حساني

الاهداء

من قال انا لها.. نالها وانا لها وان ابت رغما عنها اتيت بها
ما سلكننا البدايات الا بتيسيره وما بلغنا النهايات الا بتوفيقه وما حققنا الغايات الا بفضلله.
الحمد لله الذي لا إله الا هو الملك القدوس السلام المؤمن المهيمن العزيز الجبار الحمد لله حبا وشكرا وامتنانا الحمد لله على البدء والختام ...
واخر دعواهم ان الحمد لله رب العالمين
لم تكن رحلة قصيرة ولا الطريق مخوفاً بالتسهيلات لكنني فعلتها بفضل الله وكرمه
بكل حب ومشاعر اهدي ثمرة نجاحي الى
من قال فيهم الله تعالى ﴿ وَقَضَىٰ رَبُّكَ أَلَّا تَعْبُدُوا إِلَّا إِيَّاهُ وَبِالْوَالِدَيْنِ إِحْسَانًا ٤١ ﴾
الى من زين اسمي بأجمل الألقاب من دعمني بلا حدود واعطاني بلا مقابل الى من علمني ان النجاح لا يأتي الا بالصبر والاسرار سندي (
والذي العزيز حفظه الله)
الى من جعل الجنة تحت اقدامها و احتضني قلبها قبل يديها و سهلت لي الشدائد بدعائها ، إلى القلب الحنون و الشمعة التي كانت لي في الليالي
المظلمات ، سر قوتي و نجاحي جنتي(أمي الغالية)
الى عزي واعتزازي الى من جاد علي بوقته و اكرمني بفضلله اقرارا مني بفضلله واعترافا بحقه حيث كان خير عون لي وسند الى رفيق
وصديق الأيام جميعا بخلوها ومرها الى من كان الأول دوما في مساندتي و تشجيعي (زوجي الحبيب)
الى من حلت بركة وجودها في حياتي الى من ملات ضحكاتها الجميلة عمري الى من تحملت معي تعب سنوات دراستي الى من اقاوم لكون
لها قدوة طيبة حسنة الى التي انجبتنا قلبا يضم سعادتي ولقيتها دوما لأيامي سقت لقرة عيني (ابنتي)
الى ضلعي الثابت و امان ايامي الى من شددت عضدي بهم فكانوا مصدر قوتي اخواتي
لكل من كان عوننا وسندا لي في هذا الطريق زملائي زميلاتي في العمل كل باسمه
اهديكم هذا الإنجاز وثمره نجاحي الذي لطالما تمنيتنه ها انا اليوم اتممت اول ثمراته بفضل من الله عز وجل فالحمد لله على ما وهبني وان يعينني
ويجعلني مباركا أينما كنت

قديري هادية

الإهداء

الحمد لله شكرا وحباً وامتناناً الذي بفضلله هذا انا اليوم انظر الى حلم طال انتظاره وقد اصبح واقعا افتخر به

اهدي ثمرة نجاحي الى:

الى صاحب السيرة العطرة والفكر المستنير الى من شجعني على المثابرة طوال عمري الى الرجل الابرز في حياتي الى من كان قوتي عندما تسلل

الضعف في لحظات التعب الى قلبي

الداعم الاول لي أبي (لخضر عطا الله) حفظه الله وأطال لي في عمره

الى من افضلها على نفسي، الى مساندي في صلواتها ودعواتها الى من انارت لي الدرب الى من بها اعلو وارتكز

الى القلب المعطاء والدتي حبيبتي (احلام سالمى) حفظها الله لي

الى من قيل فيهم:(سنشد عضدك بأخيك) الى من عشت معهم اجمل لحظات حياتي الى شموع دربي اخوتي

(محمد، رانيا، الحاج علي، شيماء، هبة الرحمان ، ميار و ضياء) دتم لي الضلع الثابت

الى خطيبي العزيز، اهديك هذا العمل المتواضع تعبيراً عن شكري وامتناني لدعمك المتواصل وتشجيعك الدائم، كنت ومازالت نعم السند ،

اسأل الله ان يجعل لنا مستقبلاً مشرقاً ومليئاً بالنجاحات والبركة

الى روح جدي الغالي (عبد السلام سالمى رحمه الله) الذي رحل عن دنيانا ولكن لم يرحل عن قلوبنا وذكرانا

الى كل عائلتي دتم لي العز والفخر والسند

الى رفيقة الدرب والروح التي لولاها ما كانت هذه اللحظة مميزة كما هي الان عزيزتي(فاطمة)

عطاالله انتصار

Résumé

Résumé

Grâce à l'abondance de bioressources locales comme les dattes et la citrouille dans notre région, disponibles en grande quantité et à un prix accessible, nous avons élaboré une formule nutritionnelle intégrant ces deux produits avec l'ajout de spiruline. Pour mettre en avant l'importance nutritionnelle de cette préparation, nous avons effectué des analyses biochimiques, physico-chimiques et microbiologiques pour en déterminer la valeur. Les résultats ont montré que la confiture de dattes enrichie en spiruline est particulièrement riche en éléments bénéfiques, offrant des avantages essentiels pour lutter contre la malnutrition grâce à sa richesse en nutriments vitaux. D'après les analyses biochimiques, la spiruline contient 63,80 % de protéines, 9,10 % de sucres, 7,82 % de lipides et un taux de cendres de 11,90 %, avec une valeur énergétique de 362 kcal. Ces caractéristiques en font un produit important sur le plan nutritionnel. Le contrôle microbiologique a confirmé que la spiruline, le sirop de dattes et les produits finis sont de bonne qualité hygiénique, renforçant ainsi leur valeur en tant qu'aliments sûrs et nutritifs. Selon l'analyse factorielle des correspondances, le premier échantillon, contenant 7 % de spiruline, est préféré en raison de ses meilleures performances globales en termes de goût et d'aspect, des critères cruciaux pour l'acceptation par les consommateurs. Bien que le produit alimentaire enrichi avec 3,5 % de spiruline soit légèrement inférieur dans certains critères, il reste un bon candidat grâce à ses performances globalement bonnes, notamment en termes de texture. En fin de compte, ce produit doit être développé et introduit sur le marché en raison de son importance nutritionnelle. Cela permettra de réaliser des économies tout en le proposant à un prix abordable.

Mots clés : La spiruline, sirop de datte, analyses physique chimique, Nutritionnelle, La confiture

Summary

Due to the abundance of local resources such as dates and pumpkins in our region, available in large quantities and at affordable prices, we have developed a nutritional formula incorporating these two products with the addition of spirulina. To highlight the nutritional importance of this preparation, we conducted biochemical, physicochemical, and microbiological analyses to determine its value. The results showed that date jam enriched with spirulina is particularly rich in beneficial elements, offering essential benefits in combating malnutrition due to its richness in vital nutrients. According to the biochemical analyses, spirulina contains 63.80% protein, 9.10% sugars, 7.82% lipids, and an ash content of 11.90%, with an energy value of 362 kcal. These

characteristics make it an important product nutritionally. Microbiological control confirmed that spirulina, date syrup, and finished products are of good hygienic quality, thereby reinforcing their value as safe and nutritious foods. According to the correspondence analysis, the first sample, containing 7% spirulina, is preferred due to its overall better performance in terms of taste and appearance, crucial criteria for consumer acceptance. Although the food product enriched with 3.5% spirulina may be inferior in some criteria, it remains a good candidate due to its generally good performance, especially in terms of texture. Ultimately, this product must be developed and introduced to the market due to its nutritional importance. This will allow for cost savings while offering it at an affordable price.

Keywords: Spirulina, date syrup, physicochemical analysis, nutritional, jam

الملخص

بفضل وفرة الموارد المحلية مثل التمور والقرع في منطقتنا، المتوفرة بكميات كبيرة وبأسعار معقولة، قمنا بتطوير صيغة غذائية تجمع بين هاتين المنتجين مع إضافة السبيرولينا. من أجل إبراز الأهمية الغذائية لهذا التحضير، أجرينا تحاليل بيوكيميائية وفيزيائية وميكروبيولوجية لتحديد قيمته. أظهرت النتائج أن مربي التمر المغذى بالسبيرولينا غني بشكل خاص بالعناصر المفيدة، مما يوفر فوائد أساسية لمحاربة سوء التغذية بفضل ثرائه بالمواد الغذائية الحيوية وفقاً للتحاليل البيوكيميائية، تحتوي السبيرولينا على 63.80% من البروتينات، 9.10% من السكريات، 7.82% من الدهون، ونسبة رمادية بنسبة 11.90%، بقيمة طاقة حرارية تبلغ 362 سعرة حرارية. تجعل خصائص هذا المنتج مهمة من الناحية الغذائية. أكد التحكم الميكروبيولوجي أن السبيرولينا وشراب التمر والمنتجات النهائية ذات جودة صحية جيدة، مما يعزز قيمتها كأطعمة آمنة وغذائية. ووفقاً لتحليل المتغيرات المتعمدة، يُفضل العينة الأولى التي تحتوي على 7% من السبيرولينا بسبب أدائها المتفوق من حيث الطعم والمظهر، وهي معايير حاسمة لقبولها من قبل المستهلكين. على الرغم من أن المنتج الغذائي المغذى بنسبة 3.5% من السبيرولينا قد يكون أقل بعض الشيء في بعض المعايير، فإنه لا يزال مرشحاً جيداً بفضل أدائه الجيد بشكل عام، خاصة فيما يتعلق باللمس في النهاية، يجب تطوير هذا المنتج وإدراجه في السوق بسبب أهميته الغذائية، مما سيسمح بتحقيق توفير مالي وتقديمه بأسعار معقولة.

الكلمات المفتاحية: السبيرولينا، شراب التمر، التحاليل الفيزيائية والكيميائية، التغذية، المربي

Sommaire

Sommaire

Remerciement

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Sommaire	N°
Introduction général	
Partie 1: Bibliographique	
Chapitre 1: Confiture	
1. Définition la Confiture	04
2. Préparation de confiture	04
3. Caractéristiques de la confiture	05
4. Eléments essentiels de la confiture	05
5. Les ingrédients ajoutés	06
6. Valeur nutritionnelle de confiture	06
7. Composition chimique de confiture	07
8. Différents types de confitures	07
9. Processus de fabrication des confitures	08
9.1 Réception et Inspection des Matières Premières	08
9.2 Préparation ou Prétraitement des Fruits	08
9.3 Le premier lavage des fruits et le triage	08
9.4 Deuxième lavage et rinçage	09
9.5 Blanchiment	09
9.6 Cuisson	09
9.7 Gélification	10
9.8 Appertisation	10
9.9 Conditionnement et stockage	11
9.10 Refroidissement et emballage	11
10. Le rôle bénéfique de la confiture de datte sur la santé humaine	11
Chapitre 2 : Dattes et la citrouille	

1. Les dattes	13
1.1 Définitions	13
1.2 Description générale	13
1.3 Classification de palmier dattier	13
1.4 Valeur nutritive de la datte	14
1.5 Les composés phytochimiques des dattes	15
1.6 Caractéristiques physicochimiques des dattes	16
1.7 Produits dérivés du palmier dattier	16
2. La citrouille	20
2.1 Présentation de la famille des cucurbitacées	20
2.2 Définition de la citrouille	20
2.3 Description botanique	21
2.4 Classification de Cucurbita pepo	22
2.5 Les variétés de citrouilles	23
2.6 Valeurs nutritionnelles et caloriques de la citrouille	23
2.7 Utilisation des citrouilles	24
Chapitre 3 :Spiruline	
1. Origine de la spiruline: découverte et histoire	25
2. Caractéristiques de la spiruline	26
2.1. Confusions générales liées à la spiruline	26
2.1.1 Le terme de spiruline	26
2.1.2 Algue ou bactérie?	26
3. Morphologies et caractères généraux	27
4. Composition de la spiruline	27
5. Classification de la spiruline	28
5.1. Systématique de la spiruline	28
6. Reproduction	29
7. Culture de la spiruline:	30
7.1. Bassins de culture	30
7.2. Milieu de culture	30

7.3. Conditions chimiques de croissance : composition du milieu de culture	30
7.4. Alcalinité et salinité	31
7.5. La température	31
7.6. La lumière	31
8. Conditions physiques de croissance	31
8.1. Agitation du milieu de culture	31
8.2. Récolte de la spiruline	31
8.3. Extrusion et séchage de la spiruline	32
9. L'utilisations de la spiruline	32

Partie 2: pratique

Chapitre 1: Matériel et Méthode

Matériel et Méthode	33
1.2. Les matériels utilise	34
A. Matériels biologiques:	34
B. Le matériel non biologique	34
C. Matériel d'analyses	34
D. Matériels de analyses sensorielle	36
1.3. Préparation du sirop de datte	36
1.4. Préparez la citrouille	37
1.4. Préparation du mélange de dattes au citrouille.	38
1.6. Préparation de la Spiruline	39
1.7. Incorporation de la spiruline dans le sirop de dattes	39
2. Schéma de travail	40
3. Analyses biochimiques:	41
3 1. Quantification des protéines	41
3 2. Teneur en glucides	42
3 3. Dosage des lipides	44
4. Analyse physico-chimique	45
4 1. Taux en cendres (NF V 05-113, 1972)	45
4 2. Ph : (NF V 05- 108, 1970)	46

4 3.Humidité :(NF V 05-108,1970)	46
5.Analyse microbiologique	47
5 1.Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (GAMT) (AFNOR, NF 08-051, 1991)	48
5 2.Dénombrement des spores d'anaérobies sulfitoréducteurs(AFNOR NF 08-061, 1994)	49
5 3.Dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux (NF 08-060 (1996) /ISO 72185)	50
5 4.Recherche et dénombrement des levures et moisissures(AFNOR NF ISO7954, 1987)	51
5 5.Recherche de Staphylococcus aureus (NF V 08-057-1)2004,	51
5 6.Valeur énergétique	51
6.Analyse sensoriel	51

Chapitre 2 : Résultats et discussion

1. Analyses Physico-chimique	
1.1. Contenu en protéines	56
1.2. Carbohydate	58
1.3. Analyse de la Teneur Lipidique	59
1.4. Taux en cendres	61
1.5. pH	62
1.6. Humidité	63
2. Analyse microbiologique	65
2.1.Valeur énergétique	67
2. Analyse sensoriel	68

Conclusion Générale

Références Bibliographique

Annexes

Liste des abréviations

Liste des abréviations

- **%**: pourcentage
- **PH** : potentiel hydrogène
- **°C** : degré Celsius
- **Meq** : milliequivalent
- **Kg** : kilogramme
- **Gr**: gramme (parfois noté g)
- **S**: spiruline
- **FAO** : l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (Food and Agriculture Organization en anglais).

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Liste des tableaux	N°
Tableau 1: Composition moyenne d'une confiture	07
Tableau 02 : Classification de palmier dattier	14
Tableau 3 : valeur nutritive de la datte	14
Tableau 04 : Classification de <i>Cucurbita pepo</i>	22
Tableau 05 : Valeurs nutritionnelles et caloriques de la citrouille pour 100 g de citrouille	23
Tableau 6 : Confusions liées au terme de spiruline	26
Tableau 7 : Caractéristiques communes des cyanobactéries aux algues et aux bactéries	27
Tableau 8 : Classification suivant le CIN	28
Tableau 9 : Classification suivant l'ICNB	29
Tableau 10 : Résultats du contrôle de qualité microbiologique	67

Liste des figures

Liste des figures

Liste figures	N°
Figure 01 : Carte composée des aires de répartitions natives des cucurbitacées dans le monde.	20
Figure 02 : fleur de citrouille	21
Figure 03 : feuille de de citrouille	21
Figure 04 : Fruit de citrouille	22
Figure 05 : graines de citrouille	22
Figure 06 : Cycle biologique de la spiruline modifié	30
Figure 07: la variété de datte	34
Figure 08: Poudre de spiruline	34
Figure 09: Cuire les dattes et en les mélangeant	35
Figure 10: Filtrage des dattes avec une étamine	36
Figure 11: La sirop de datte	36
Figure 16: Poids de 500 g du sirop de datte avec 500 g de citrouille râpée	39
Figure17 : Mélange de 1000 g de roubb de datte avec de la citrouille	39
Figure 18: Chauffez le mélange sur le feu	40
Figure19 : Utilisation du mixeur sur le mélange	40
Figure 20: Mélange final de sirop de datte avec de la citrouille	41
Figure 21: la Spiruline	41
Figure 22: Procédé de Concassage de la Spiruline	41
Figure23 : Processus de Filtration de la Spiruline	42
Figure 24: Poids de 70 g de Poudre de Spiruline	42
Figure 25: lieu de dégustation	55
Figure26 : présentation des échantillons et le matériel utilisé	56
Figure 27: les participants au teste de dégustation	57
Figure 28: Représentation graphique de la teneur en protéines dans les produits alimentaires contenant de la spiruline (35 g et 70 g) et la Spiruline	58
Figure (29) : Graphique illustrant la teneur en lipides du sirop de datte, ainsi que des formulations de 70 g et 35 g de spiruline, et de la spiruline pure.	60

Figure 30 : Répartition des sucres dans les produits alimentaires contenant 35 g et 70 g de spiruline et dans la spiruline pure	62
Figure 31: Graphique représentant la teneur en cendres dans les produits alimentaires contenant 35 g et 70 g de spiruline et de sirop de datte, ainsi que dans la spiruline pure.	63
Figure32 : Graphique illustrant le taux d'humidité dans les produits alimentaires contenant 35 g et 70 g de spiruline, ainsi que dans le sirop de datte et la spiruline pure.	64
Figure 33: Graphique illustrant le pH dans les produits alimentaires contenant 35 g et 70 g de spiruline, ainsi que dans le sirop de datte et la spiruline pure.	65
Figure 34: Graphique illustrant de la valeur énergétique des produits alimentaires contenant 35 g et 70 g de spiruline, ainsi que du sirop de datte et de la spiruline pure.	67
Figure 35 : Classification ascendante hiérarchique d'enquêtée	72

Introduction général

Introduction général

Notre objectif est de lutter contre la malnutrition, un fléau qui sévit tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du pays. Pour atteindre cet objectif, nous avons élaboré un produit nutritif largement disponible dans la région afin de contribuer à son éradication. Selon l'**UNICEF (2011)**, la malnutrition résulte d'un déséquilibre entre les apports en éléments nutritifs et les besoins de l'organisme. Lorsque ces apports sont insuffisants, l'organisme s'affaiblit, la graisse disparaît en premier lieu, suivie par une fonte progressive des muscles. La malnutrition peut également résulter d'un excès de certains nutriments essentiels sur une période prolongée. Environ 20 millions d'enfants dans le monde souffrent de cette forme de malnutrition, souvent détectée par l'évaluation du rapport poids/taille, se manifestant par une maigreur excessive. Cette condition est particulièrement répandue chez les enfants de 0 à 24 mois. La malnutrition aiguë, qui se développe rapidement en réponse à des situations de manque ponctuelles ou répétées (comme des périodes de soudure, des épidémies sévères, des changements soudains ou répétés dans le régime alimentaire, ou des conflits), se divise en deux catégories : aiguë modérée et aiguë sévère.

Pour ces raisons, l'homme est constamment à la recherche d'aliments pouvant résoudre ce problème. En effet, parmi les ressources alimentaires non conventionnelles adoptées par **la FAO en 2008** figure la spiruline, une cyanobactérie qui offre jusqu'à 70 % de protéines, ainsi que des sels minéraux, des oligo-éléments et de nombreuses vitamines. Grâce à ses qualités nutritionnelles exceptionnelles, la spiruline est proposée pour l'alimentation humaine et est considérée comme le complément alimentaire du futur (**Charlemagne, 2008**).

Le Sahara occupe 90 % de la superficie de l'Algérie, soit plus de 2 millions de km². Dans ces régions désertiques, le palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) joue un rôle écologique et socio-économique crucial, notamment dans les oasis (**El Hadrami et al., 2005**). Il est l'élément central de l'agriculture locale et constitue la principale source de revenus pour les habitants des oasis. Les dattes ont été un aliment vital pour les humains et les animaux pendant une période prolongée. Leur succès à travers les âges s'explique par leurs qualités nutritionnelles exceptionnelles, étant particulièrement riches en sucres et en minéraux (**Benchelah et Meka, 2008**).

Les variétés de dattes sèches dites communes constituent environ 30 % de la production nationale. Elles sont souvent utilisées pour l'alimentation du bétail et parfois même jetées dans la nature. Parmi ces variétés, on trouve la Degla Beida et la Mech Degla. Ces dattes sont très riches

en sucres (fructose, glucose et saccharose), en polyphénols et contiennent la plupart des minéraux (K, Ca, Mg, Fe, Na, etc.) (Amellal et al., 2008).

Selon BBC,2022 les citrouilles sont riches en nutriments bénéfiques pour la peau, tels que les vitamines C et E, ainsi que le bêta-carotène, qui jouent tous un rôle essentiel dans la santé cutanée. La vitamine C, qui n'est pas produite naturellement par le corps, est cruciale pour la formation du collagène, qui maintient la peau ferme et élastique. Elle aide également à prévenir les ecchymoses et favorise la guérison des plaies. La vitamine E agit comme un puissant antioxydant et, combinée à la vitamine C, aide à protéger la peau des dommages causés par le soleil et la déshydratation.

Dans ce contexte, nous nous sommes fixé comme objectif de préparer un complément nutritionnel sain et bienfaisant en développant un sirop enrichi à la spiruline. La spiruline, une algue bleue considérée parmi les ressources alimentaires non conventionnelles, offre jusqu'à 70 % de protéines, ainsi que des sels minéraux, des oligo-éléments et des vitamines. Grâce à ses qualités nutritionnelles exceptionnelles, sa facilité de culture, sa haute productivité et son faible coût de production par rapport aux autres produits aquacoles, elle a été proposée comme supplément alimentaire dans l'alimentation humaine par plusieurs scientifiques et nutritionnistes (Sall et al., 1999 ; Charpy et al., 2008).

Selon Malia (2021), les citrouilles sont extrêmement riches en nutriments essentiels et offrent divers avantages pour la santé. Une tasse de citrouille cuite contient environ 49 calories, 0,2 grammes de lipides, 2 grammes de protéines et 12 grammes de glucides, dont 3 grammes de fibres. Elles sont particulièrement riches en vitamine A, fournissant 245 % de l'apport journalier recommandé (AJR), principalement sous forme de bêta-carotène, qui est crucial pour la santé des yeux, le système immunitaire et la reproduction.

En plus de la vitamine A, les citrouilles contiennent également :

- ✓ **Vitamine C**: 19 % de l'AJR, un antioxydant important pour la réparation des tissus et l'absorption du fer.
- ✓ **Potassium** : 16 % de l'AJR, nécessaire pour la régulation de l'équilibre hydrique, les contractions musculaires et les signaux nerveux.
- ✓ **Cuivre, manganèse, vitamine B2 (riboflavine) et vitamine E** : Ces micronutriments contribuent à divers processus métaboliques et à la protection contre les dommages oxydatifs

Il serait pertinent que les recherches se concentrent sur des usages alternatifs aux modes de consommation traditionnels des dattes. Dans cette perspective, la mise en place d'une industrie de transformation des dattes de qualité commerciale médiocre et des déchets de dattes par des procédés biotechnologiques simples offrirait aux phoeniciculteurs des débouchés significatifs pour leur récolte et répondrait adéquatement aux besoins socio-économiques du pays (**Kaidi et al., 2001**).

Il y a quelques années, les pays producteurs de dattes, en particulier l'Irak, ont commencé à s'intéresser aux technologies de transformation des dattes. Cependant, l'Algérie a pris beaucoup de retard dans ce domaine, malgré des conditions favorables à la valorisation des dattes communes en divers produits (vinaigre, alcool, levure boulangère, farine, confiture, jus, sirop de dattes, etc.). Ces initiatives pourraient contribuer à réduire la dépendance alimentaire envers l'étranger (**Mimouni, 2009**).

Grâce à des procédés biotechnologiques simples, il est possible d'introduire sur le marché local et national une nouvelle génération de produits. Ces produits auraient un impact socio-économique significatif, en créant des emplois et en fournissant aux industriels, et donc aux consommateurs, des substances stratégiques très demandées.

La confiture citrouille de datte joue un rôle essentiel dans la gastronomie et la nutrition. En plus d'offrir une saveur délicieuse et sucrée, elle est également une source importante de nutriments. Riche en fibres, en minéraux tels que le potassium, le magnésium et le calcium, ainsi qu'en vitamines, notamment les vitamines B et C, la confiture de datte contribue à une alimentation équilibrée. De plus, elle peut être utilisée comme alternative naturelle au sucre dans de nombreuses recettes, ce qui en fait un choix populaire pour ceux qui cherchent à réduire leur consommation de sucre raffiné. En outre, la confiture de datte est souvent utilisée dans les préparations culinaires traditionnelles de diverses cultures, ajoutant une touche de douceur et de richesse aux plats sucrés et salés. En résumé, la confiture de datte n'est pas seulement un délice pour les papilles gustatives, mais aussi un aliment polyvalent et nutritif qui peut être apprécié de différentes manières dans une alimentation équilibrée.

D'après **Malia (2021)**, la confiture de citrouille et de dattes combine les riches nutriments de ces deux ingrédients, créant un produit particulièrement nutritif. Selon des analyses biochimiques et nutritionnelles, la citrouille cuite contient environ 49 calories par tasse, avec 0,2 grammes de lipides, 2 grammes de protéines, et 12 grammes de glucides, dont 3 grammes de fibres. Elle est

particulièrement riche en vitamine A, fournissant 245 % de l'apport journalier recommandé (AJR), ainsi qu'en vitamine C (19 % de l'AJR) et en potassium (16 % de l'AJR).

D'autre part, les dattes sont également très nutritives. Par 100 grammes, elles apportent environ 277 calories, 0,15 grammes de lipides, 1,81 grammes de protéines, et 74,97 grammes de glucides, dont 6,7 grammes de fibres. Les dattes sont une excellente source de vitamines comme la vitamine A, la vitamine K, la vitamine B6, et la niacine, ainsi que de minéraux tels que le potassium, le magnésium, le cuivre et le manganèse.

Lorsque ces ingrédients sont combinés dans une confiture, les valeurs nutritionnelles individuelles s'ajoutent pour fournir un profil nutritionnel complet et équilibré. Une portion de 100 grammes de cette confiture fournirait environ 163 calories, 0,175 grammes de lipides, 1,905 grammes de protéines, et 43,485 grammes de glucides, dont 4,85 grammes de fibres. Elle offrirait également environ 130 % de l'AJR en vitamine A, 10 % de l'AJR en vitamine C, et environ 350 mg de potassium.

La spiruline est désormais reconnue comme un ingrédient essentiel pour compléter divers repas et parvenir à une alimentation équilibrée. Par exemple, les comprimés de spiruline et la poudre de dattes bénéficient de la valeur nutritionnelle ajoutée par la spiruline. De nombreuses études ont prouvé les bienfaits nutritionnels de la spiruline, ce qui en fait un complément alimentaire idéal. À partir de là, ces questions peuvent être posées :

- ✓ **Peut-on préparer un complément nutritionnel sain et bénéfique avec de la spiruline ?**
- ✓ **Est-ce que cette préparation présente une valeur nutritionnelle significative?**
- ✓ **Quelle est la meilleure version finale acceptée par les consommateurs?**

Pour répondre à cette question, le travail est structuré de la manière suivante :

- Une revue générale sur la spiruline en tant que complément alimentaire et ses avantages réels.
- Une revue générale sur la citrouille.
- Des informations générales sur les dattes et le sirop de dattes (« Rob »).
- Une revue générale sur la confiture de datte.
- La mise en évidence des différentes techniques pour l'étude biochimique, physicochimique et microbiologique de la spiruline, du sirop de dattes et du mélange (spiruline + sirop de dattes + citrouille).
- La réalisation de tests d'acceptabilité et de choix de produits finaux appréciés par un groupe de consommateurs, en se basant sur les caractéristiques organoleptiques.

Chapitre 1: Confiture

1. Définition la Confiture

La confiture est un produit obtenu à partir de fruits entiers ou en morceaux, ou d'une ou plusieurs variétés de fruits, cuits avec du sucre, éventuellement de l'eau, jusqu'à ce qu'ils atteignent une consistance appropriée grâce aux pectines (**Codex Alimentarius, 2009**).

Il s'agit d'un mélange de sucres, de pulpe et/ou de purée de fruits, éventuellement d'eau, qui doit contenir au minimum 55% de sucre et 35% de fruits, voire moins pour certains fruits (**André, 2012**). Selon **Ullah et al. (2018)**, la confiture est un produit semi-solide obtenu par la cuisson de fruits ou de pulpe de légumes avec du sucre, de l'acide citrique et de la pectine.

Elle se distingue du "lebourrage", un aliment à humidité intermédiaire préparé en faisant cuire du sucre avec de la pulpe de fruits, de la pectine, de l'acide et d'autres ingrédients jusqu'à obtenir une consistance appropriée. La confiture doit contenir 65% ou plus de matières solides totales (TSS) et au moins 45% de pulpe. Généralement, on distingue deux types de confitures : celles élaborées à partir de la pulpe d'un seul fruit, et celles préparées en mélangeant deux ou plusieurs pulpes de fruits (**Ullah et al., 2018**).

La confiture de datte est un produit alimentaire préparé à partir de dattes entières ou de leur pulpe, cuites avec du sucre jusqu'à obtenir une consistance épaisse et gélatineuse. Elle est caractérisée par son goût sucré et sa texture onctueuse, ainsi que par les arômes naturellement présents dans les dattes. La confiture de datte peut être consommée seule, tartinée sur du pain ou des biscottes, ou utilisée comme ingrédient dans diverses recettes culinaires et pâtisseries. **Codex Alimentarius. (2009)**.

2. Préparation de confiture

Selon les dispositions de l'article **4 du journal officiel de la République Algérienne N°06 du 24 janvier 2021**, la préparation de confiture peut s'effectuer à partir de différentes formes de fruits :

- Fruits entiers : Il s'agit de fruits frais et sains, présentant un degré de maturité approprié pour la fabrication de la confiture.

- Purée (de fruit) : Cette préparation implique l'utilisation de la partie comestible du fruit entier, qui est épluchée ou épépinée si nécessaire, puis réduite en purée par tamisage ou tout autre procédé similaire.
- Pulpe (de fruit) : La pulpe de fruit consiste en la partie comestible du fruit entier, qui peut être éventuellement pelée ou épépinée. Cette pulpe peut être coupée en morceaux ou broyée, mais elle n'est pas réduite en purée.
- Extrait aqueux (de fruit) : Il s'agit de l'extrait aqueux des fruits, qui contient tous les constituants hydrosolubles des fruits concernés, en tenant compte des pertes inévitables conformément aux bonnes pratiques de fabrication.

3. Caractéristiques de la confiture

La confiture est un produit qui se distingue par plusieurs caractéristiques essentielles :

- Elle est composée de fruits entiers ou en morceaux, ce qui ajoute une texture agréable à la dégustation.
- Sa consistance est celle d'un gel, assurant une répartition homogène des fruits et du sucre.
- Elle est exempte de bulles d'air, garantissant une texture lisse et uniforme.
- Son goût est sucré, ce qui en fait un mets apprécié pour son côté sucré et fruité.
- Elle offre une couleur et une saveur distinctives, reflétant la variété des fruits utilisés dans sa préparation.

La confiture est généralement consommée au petit déjeuner ou au goûter, accompagnant parfaitement une tartine de pain ou une viennoiserie. Son aspect sucré et fruité en fait un plaisir gustatif apprécié par de nombreuses personnes, comme le souligne **Herisoa (2016)**.

4. Eléments essentiels de la confiture

Les matières premières essentielles pour la production de confiture sont les fruits, le sucre et éventuellement d'autres ingrédients ajoutés.

- **Fruits** : Les fruits utilisés doivent être frais, sains, propres, et avoir atteint un degré de maturité approprié. Ils doivent être exempts de toute dégradation, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur. Idéalement, les fruits qui n'ont pas encore atteint leur maturité complète sont préférés, car ils sont plus riches en acides et en pectines, et ont une texture plus ferme et résistante. (**gret, 1999**).

- **Sucre** : Le sucre est un élément clé de la confiture, utilisé principalement pour assurer sa conservation. Différents types de sucre peuvent être utilisés, mais le saccharose ou sucre ordinaire de commerce est le plus couramment employé. La quantité de sucre ajoutée aux fruits varie généralement entre 50 et 80 % en fonction de leur teneur en sucre initiale. (**gret, 1999**).

5. Les ingrédients ajoutés

Les pectines présentes dans les fruits varient en quantité et en qualité selon le type et le stade de maturité de chaque fruit (**Michel, 2002**). Disponibles sous forme liquide ou en poudre sur le marché, la pectine liquide peut être incorporée à n'importe quelle étape de la production, tandis que celle en poudre est ajoutée au début de la cuisson, se dissolvant mieux lorsque le taux de sucre reste inférieur à 20% (**Degmara et al., 2019**).

Les acides, quant à eux, jouent un rôle crucial dans l'amélioration de la saveur et la préservation de la couleur des confitures. Ils favorisent également l'inversion du saccharose en glucose et fructose, ainsi que la gélification des pectines. Bien que la plupart des fruits soient naturellement acides, il peut être nécessaire d'ajouter de l'acide (comme l'acide citrique, tartrique ou le jus de citron) pour corriger le pH dans certains cas (**Ullah et al., 2018**).

6. Valeur nutritionnelle de confiture

La valeur énergétique des confitures varie selon le type de fruit utilisé (**Sophie, 2002**), soulignant ainsi l'importance du choix des fruits pour garantir la qualité du produit final (**Sophie, 2002**). Les principaux composants de la confiture sont les fruits et le sucre, jouant un rôle crucial dans l'alimentation des adultes et des enfants, en particulier lors du petit déjeuner, repas clé de la journée.

Le sucre constitue la majeure partie de la valeur énergétique de la confiture, représentant entre 63 et 70% de sa composition. Son processus de digestion est facilité par l'enzyme saccharase, sécrétée par le suc gastrique, qui convertit le saccharose en glucose et fructose (**Monrose, 2009**).

Quant aux fruits, ils contribuent à hauteur de 10 à 15% de fibres, de minéraux, de vitamines, de polyphénols et de caroténoïdes, éléments essentiels pour la santé. Ainsi, 100 grammes de confiture fournissent généralement entre 260 et 285 calories (**Kasse et al., 2014**).

7. Composition chimique de confiture

La composition de la confiture peut être résumée comme suit : **Fredot, J. (2012)**.

- **Eau:** La confiture contient peu d'eau, généralement entre 30 et 40%, car une grande partie de l'eau est évaporée pendant la cuisson.
- **Glucides:** Les glucides représentent la majeure partie de la confiture, avec une teneur moyenne de 60% à 70%. Principalement sous forme de saccharose, ces glucides sont le résultat de la concentration qui se produit pendant la cuisson et de l'ajout de sucre.
- **Fibres:** La confiture contient peu de fibres, avec une teneur moyenne d'environ 1%. Cette quantité reste minime par rapport aux recommandations de consommation en fibres.
- **Minéraux :** Les minéraux, tels que le calcium, le magnésium et le potassium, sont réduits d'environ la moitié par rapport au fruit d'origine en raison de la dilution provoquée par l'ajout de sucre.
- **Vitamines:** La vitamine C est généralement absente de la confiture en raison de sa fragilité et de sa destruction lors de la cuisson.

Tableau 1: Composition moyenne d'une confiture (**Amiar et al., 2019**).

Composition moyenne pour 100 g de confiture	
Glucides	65 à 70 g
Eau	30 à 35 g
Phosphore	15 mg
Calcium	20 mg
Sodium	0, 3 mg
Fer	15 mg
Potassium	115 mg
Energie (K joules)	260 à 285

8. Différents types de confitures

Selon les normes du **Codex Alimentarius (2017)**, différents types de confitures sont définis :

- **Confiture extra :** Un mélange de sucres, de pulpe ou de purée non concentrée d'une ou plusieurs espèces de fruits et d'eau. La quantité minimale de pulpe utilisée pour la fabrication de 1000 grammes de produit fini est généralement de 450 grammes.

- **Gelée** : Un mélange suffisamment gélifié de sucres et de jus et/ou d'extraits aqueux d'une ou de plusieurs espèces de fruits, avec ou sans adjonction d'eau, jusqu'à obtenir une consistance gélifiée semi-solide.
- **Gelée extra** : La quantité minimale de jus et/ou d'extrait aqueux utilisée pour la fabrication de 1000 grammes de produit fini n'est pas inférieure à celle requise pour la fabrication de la confiture extra.

9. Processus de fabrication des confitures

9.1. Réception et Inspection des Matières Premières

Pour le transport sur palettes, les caisses de fruits sont acheminées soit vers la zone de stockage tampon lors de la fabrication, soit vers la zone de réfrigération. Une fois arrivées en salle de réception, elles sont soumises à un contrôle visuel suivi d'une analyse en laboratoire. Avant le déchargement, le poids de l'échantillon est consigné. Les contrôles physiques et chimiques tels que le degré Brix ($^{\circ}\text{Bx}$), le pH et l'acidité revêtent une grande importance pour garantir la sécurité sanitaire des matières premières, tout en permettant d'évaluer les caractéristiques intrinsèques du fruit (Espiard, 2002).

9.2. Préparation ou Prétraitement des Fruits

Avant d'être transformé, le fruit doit être débarrassé de ses impuretés par un triage manuel. Cette opération implique l'élimination des feuilles et des pédoncules à l'aide de couteaux, ainsi que le retrait des morceaux de bois, des cailloux et autres débris (CTA, 1990).

9.3. Le premier lavage des fruits et le triage

Dans le processus de transformation des fruits, trois étapes principales sont suivies : le triage, le partage et le nettoyage.

- **Le triage** : Pour garantir la qualité du produit final, il est crucial de sélectionner des fruits sains et encore fermes. Ces derniers sont disposés sur un tapis roulant où le triage est effectué manuellement par des travailleuses. Leur rôle consiste à éliminer les corps étrangers, les parties présentant des altérations telles que des bouts noirs ou moisissures, ainsi qu'à retirer les fruits présentant des chocs ou des blessures (Bertrand, 2016).
- **Le nettoyage (lavage)**: Avant toute transformation, les fruits doivent subir un processus de lavage afin d'éliminer les impuretés telles que la boue, les microbes et

les résidus de traitements phytosanitaires. Un prélavage par barbotage dans une solution d'eau chlorée peut être avantageux pour éliminer un maximum de déchets organiques et minéraux. Cette opération demande un temps de lavage suffisant pour éliminer la poussière, les petites feuilles et autres contaminants (**Essabti, 2015**).

- **Le partage:** Le partage consiste à retirer les parties dures, abîmées ou non consommables des fruits, ainsi qu'à procéder au dénoyautage pour éliminer les noyaux qui pourraient altérer la saveur de la confiture et affecter ses qualités organoleptiques.

9.4. Deuxième lavage et rinçage

Après avoir passé le temps nécessaire pour le premier lavage dans des bassins d'eau, les fruits sont transférés vers une table vibrante et inclinée pour effectuer un lavage plus efficace. Cette table vibrante agit en mouvementant les fruits grâce à l'action de l'eau. Ensuite, un élévateur est utilisé pour transporter les fruits qui flottent à la surface du bassin, les faisant passer sous un jet d'eau pour un rinçage supplémentaire (**Essabti, 2015**).

9.5. Blanchiment

Il s'agit d'un traitement thermique d'une durée de quelques minutes, généralement entre 70°C et 100°C. Ce traitement vise à détruire les enzymes susceptibles d'altérer les fruits, à réduire la charge microbienne et à faciliter la réhydratation. Ce processus peut être réalisé soit par immersion du produit dans un bain d'eau, soit par exposition à une atmosphère de vapeur (**Fredot, 2012; James, 2003**).

9.6. Cuisson

La cuisson joue un rôle crucial dans la fabrication de confitures, permettant notamment l'extraction de la pectine des parois végétales et la dissolution du sucre. Deux méthodes sont généralement utilisées pour déterminer la fin de la cuisson :

- La mesure de la teneur en sucres totaux : La teneur en sucres totaux du produit fini à froid est comparée à celle obtenue en fin de cuisson. Lorsque la teneur en sucres mesurée au réfractomètre atteint 65°C, cela indique que la cuisson est terminée.

- L'observation de la fragmentation en gros caillots : Une autre méthode consiste à observer la formation de gros caillots dans le mélange de manière régulière. Cette fragmentation indique également que la cuisson est complète **(CTA, 1990)**.

9.7. Gélification

La formation du gel dans la confiture repose sur un équilibre déterminé par la teneur en pectine. En réalité, la gélification ne se produit pas lorsque le pH dépasse 3,6. Cette étape est fondamentale dans le processus de fabrication de la confiture, car elle contribue à sa conservation en limitant les échanges avec l'extérieur. Cela évite notamment de remouiller la surface de la confiture et ralentit la migration entre le fruit et le sucre à l'intérieur du produit.

La pectine, un gélifiant alimentaire naturel présent exclusivement dans les végétaux, est largement utilisée dans l'industrie alimentaire pour ses propriétés gélifiantes. Elle est désignée sous le code E 440. La pectine se trouve naturellement dans les graines, la peau et l'écorce de tous les fruits **(Herisoa, 2016)**.

9.8. Appertisation

Les confitures sont conditionnées dans des bocaux en verre ou des boîtes en métal pour les conserves appertisées, afin de préserver les nutriments et assurer leur longue conservation. Cette technique implique de chauffer la confiture à une température spécifique, généralement entre 115°C et 140°C **(Abdelmoumene, 2016)**.

Le processus de mise en conserve détruit toute la flore bactérienne présente, ce qui permet à la confiture d'être conservée à température ambiante et sur une période prolongée. C'est un excellent moyen de profiter des fruits toute l'année, en assurant leur disponibilité même en dehors de leur saison. La stérilisation du récipient et de son contenu est essentielle dans ce processus.

Faire des conserves est un véritable art : les aliments sont stérilisés dans leurs emballages respectifs dans un autoclave, conformément aux principes établis dans les ouvrages spécialisés tels que **Larousse (1991)**.

9.9. Conditionnement et stockage

Le conditionnement de la confiture dans des bocaux ou des jarres se fait après la cuisson et vise à assurer une protection adéquate contre la contamination extérieure et l'humidité de l'air. Il est crucial que cette étape soit effectuée immédiatement après la cuisson. En effet, la confiture chaude, généralement à une température comprise entre 80 et 90°C, détruit les éventuels micro-organismes présents dans l'emballage et assure ainsi l'auto-pasteurisation du contenant (Bouzonville et al., 2015).

La longévité du produit dépend de sa conservation dans des conditions microbiologiques et organoleptiques optimales, garantissant un goût et une qualité nutritionnelle préservés. Ces conditions sont influencées par divers facteurs tels que les transformations physiques, chimiques et microbiennes survenant pendant le stockage, la nature des ingrédients utilisés, le type de conditionnement et les conditions de stockage (humidité, température et durée de conservation) (Brandão et al., 2018).

9.10. Refroidissement et emballage

Après la cuisson, la confiture est refroidie dans de l'eau fraîche à une température moyenne comprise entre 30 et 40°C. Cette étape vise à éviter une sur-cuisson qui pourrait dégrader la pectine et les arômes des fruits, tout en prévenant le brunissement non enzymatique. Cette étape peut également être réalisée en pulvérisant de l'eau froide sur la confiture. Ensuite, la confiture est conservée dans un endroit sans manipulation, car la gélification peut persister pendant quelques jours après la fabrication (Albangnac et al., 2002).

Conformément à la réglementation européenne n°854/2004, l'emballage de la confiture consiste à placer le produit dans un contenant qui est en contact direct avec celui-ci, ou à placer une ou plusieurs confitures conditionnées dans un deuxième contenant. Cette action permet de garantir la qualité et la sécurité du produit pendant le stockage et la distribution.

10. Le rôle bénéfique de la confiture de datte sur la santé humaine

La confiture de datte peut jouer un rôle bénéfique sur la santé humaine grâce à ses composants naturels et ses propriétés nutritives :

- **Source d'énergie naturelle:** Les dattes, principales composantes de la confiture, sont riches en glucides naturels, ce qui en fait une source d'énergie durable pour le corps humain (Al-Farsi et al., 2005).

- **Apport en fibres :** Les dattes sont une excellente source de fibres alimentaires, ce qui peut favoriser la santé digestive en régulant le transit intestinal et en prévenant la constipation (Al-Farsi et al., 2005).
- **Riche en antioxydants :** Les dattes contiennent des composés antioxydants tels que les flavonoïdes, les caroténoïdes et les phénols, qui peuvent aider à protéger les cellules contre les dommages causés par les radicaux libres et à réduire le risque de maladies chroniques (Vayalil, 2012).
- **Potentiel anti-inflammatoire :** Certains composés présents dans les dattes, tels que les flavonoïdes et les acides phénoliques, ont démontré des effets anti-inflammatoires dans des études expérimentales (Sarheed et al., 2019).
- **Amélioration de la santé cardiovasculaire :** Les dattes sont une source de potassium, de magnésium et de fibres, des nutriments qui peuvent contribuer à abaisser la pression artérielle et à réduire le risque de maladies cardiovasculaires (Al-Farsi et al., 2005).

Chapitre 2 : Citrouille et dattes

1. Les dattes

1.1. Définitions

Le palmier dattier, *Phoenix dactylifera L.*, tire son nom du mot "Phœnix", signifiant dattier chez les Phéniciens, et "dactylifera", dérivé du terme grec "dactylos", signifiant doigt, en référence à la forme du fruit (**Djerbi, 1994**).

Cette espèce est dioïque et monocotylédone, faisant partie de la famille des Arecaceae, qui compte environ 235 genres et 4000 espèces (**Munier, 1973**). Le palmier joue un rôle essentiel dans l'écosystème oasien (**Toutain, 1979**), grâce à son adaptation remarquable aux conditions climatiques, à la haute valeur nutritive de ses fruits, aux multiples utilisations de ses produits (**Bousdira et al., 2003 et Bakkaye, 2006**), ainsi qu'à sa morphologie favorisant d'autres cultures sous-jacentes (**El Homaizi et al., 2002**). Comme toutes les espèces du genre Phoenix, il existe des arbres mâles communément appelés dokkars ou pollinisateurs, et des arbres femelles, Nakhla (**Chaibi, 2002**).

C'est une espèce arborescente réputée pour son adaptation aux conditions climatiques sévères des régions chaudes et sèches (**Bouguederi et al., 1994**). Le palmier dattier commence à produire des fruits à l'âge moyen de cinq ans et continue sa production à un taux de 400 à 600 kg par arbre et par an pendant plus de soixante ans (**Imad et al., 1995**).

1.2. Description générale

Phoenix dactylifera L. est une espèce dioïque et monocotylédone, faisant partie de la famille des Palmaceae et de la sous-famille des Coryphineae. La famille des Palmaceae compte environ 235 genres et 4000 espèces (**Munier, 1973**). Le palmier joue un rôle crucial dans l'écosystème oasien en raison de son adaptation remarquable aux conditions climatiques, de la haute valeur nutritionnelle de ses fruits, des multiples utilisations de ses produits (**Bousdira et al., 2003 ; Bekkaye, 2006**) et de sa morphologie qui favorise d'autres cultures sous-jacentes (**El Homaizi, 2002**). Il est cultivé comme arbre fruitier dans les régions chaudes arides et semi-arides, avec une capacité d'adaptation remarquable à diverses conditions (**Amellal, 2014**).

1.3. Classification de palmier dattier

Le *Phoenix dactylifera L.*, plus communément connu sous le nom de palmier dattier, est une plante Angiosperme monocotylédone. Sa classification botanique est établie selon les travaux de Munier P en 1973 et de J en 1987:

Tableau 02 : Classification de palmier dattier (Munier P en 1973 et de J en 1987)

Embranchement	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Groupe	Spadiciflores
Ordre	Palmales
Famille	Areceaceae (Palmaceae)
Tribu	Phoeniceae
Genre	<i>Phoenix</i>
Espèce	<i>Phoenix dactylifera L</i>

1.4. Valeur nutritive de la datte

D'après le tableau les dattes sont un aliment remarquable, bénéficiant d'une haute valeur nutritionnelle et énergétique, selon Toutain (1979) et Gilles (2000), grâce à leur forte teneur en sucres offrant une grande valeur énergétique. Elles renferment également des sucres réducteurs facilement assimilables, des protéines équilibrées et une richesse en minéraux plastiques comme le calcium, le magnésium, le phosphore, le soufre, ainsi que des minéraux catalytiques tels que le fer et le manganèse, conférant des propriétés reminéralisantes et renforçant le système immunitaire (Albert, 1998). Leur profil vitaminique se distingue par des quantités significatives de vitamines du groupe B, cruciales pour le métabolisme des glucides, des lipides et des protéines (Tortora et al., 1987).

Tableau 3 : valeur nutritive de la datte (Boukhiar, 2009).

	Datte séchée dénoyautée 25g (3 petits fruits)	Datte fraîche Medjool dénoyautée, 1 gros fruit, 24g
Calories	70	66
Protéines	0,6 g	0,4 g
Glucides	18,7 g	18,0 g
Lipides	0,1 g	0,0 g
Fibres alimentaires	2,0 g	1,6 g
Charge glycémique	Forte	
Pouvoir antioxydant	Très élevé	

1.5. Les composés phytochimiques des dattes

Une grande variété de composés, tels que les alcaloïdes, les terpènes et les tanins, sont largement répandus dans les dattes. Ces composés ont suscité un vif intérêt parmi de nombreux chercheurs, y compris les cliniciens, en raison de leur activité anti-hémolyse, de leurs propriétés hypocholestérolémiantes, ainsi que d'autres avantages pour la santé, notamment la prévention du cancer, du diabète et des maladies cardiovasculaires. La datte fraîche est réputée pour contenir diverses classes de composés bioactifs, notamment les caroténoïdes, les polyphénols, en particulier les acides phénoliques, les isoflavones, les lignanes, les flavonoïdes, les tanins et les stérols (**Duke, 2001 ; Al-Farsi et Lee, 2008 ; Duke et Beckstrom-Sternberg, 2007**). **Composition biochimique des dattes** La recherche scientifique des dernières décennies a largement exploré la composition biochimique et la valeur nutritionnelle des dattes (**Fayadh et Al-Showiman, 1990 ; Al-Hooti et al., 1997 ; Besbes et al., 2004**).

Les dattes constituent un régime très énergétique en raison de leur richesse en glucides, qui représentent plus de 80% de leur matière sèche. Les dattes fraîches et sèches fournissent respectivement une moyenne de 213 et 314 kcal/100 g (**Al-Farsi et Lee, 2008**). Les principaux sucres présents sont le fructose et le glucose (environ 75%), absorbés rapidement par l'organisme. Les dattes contiennent également en petites quantités du mannose, du maltose et d'autres sucres non réducteurs tels que le saccharose (**Al-Hooti et al., 1997 ; Myhara et al., 1999 ; Ahmed et al., 1995**). Bien que les dattes contiennent en moyenne 2,5% de protéines, elles sont considérées comme une source nutritionnelle importante car elles fournissent des acides aminés essentiels. Les acides aminés prédominants varient entre les dattes fraîches et sèches (**Al-Farsi et Lee, 2008**).

Les chairs de dattes contiennent des lipides en très faible quantité (0,2 à 0,5%), tandis que le noyau contient une variété d'acides gras. Les dattes sont également riches en minéraux, notamment le potassium, le fer, le calcium, le magnésium et le phosphore, contribuant à divers processus physiologiques (**Al-Shahib et Marshall, 2003 ; Al-Farsi et al., 2005 ; Ismail et al., 2006 ; Sahari et al., 2007 ; Belaroussi, 2019**). Sur le plan vitaminique, les dattes présentent des teneurs modérées en vitamines du complexe B, fournissant 9% de l'apport nutritionnel journalier recommandé pour un adulte par 100 g de chair de datte. Les vitamines A, B1 et C sont présentes en concentrations relativement faibles dans les dattes sèches. La concentration en vitamines hydrosolubles semble varier selon le stade de développement des dattes (**Junaid et al., 2013**). Les dattes sont également

une source de caroténoïdes, qui participent à de nombreuses fonctions nutritionnelles importantes, notamment la synthèse de l'ADN et le métabolisme des macronutriments (**Baliga et al., 2011**).

1.6. Caractéristiques physicochimiques des dattes

La teneur en eau des dattes dépend de divers facteurs tels que la variété, le stade de maturation et le climat. Elle peut varier entre 8 et 30% du poids de la chair fraîche, avec une moyenne d'environ 19% (**Noui, 2007**). Le pH des dattes est légèrement acide, se situant généralement entre 5 et 6. Ce pH est peu propice au développement des bactéries mais favorable à celui de la flore fongique (**Reynes et al., 1994**). En ce qui concerne l'acidité des dattes, elle est généralement faible, oscillant entre 2,02 et 6,3 g d'acide par kilogramme (**Bessas, 2008**).

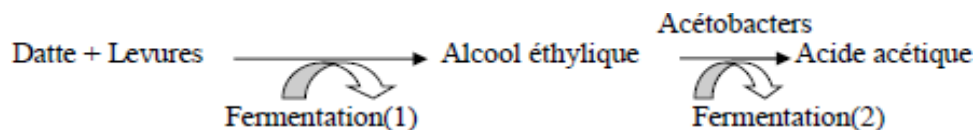
1.7. Produits dérivés du palmier dattier

- ✓ **Confiture de datte:** La production de crèmes et de confitures de dattes de qualité nécessite l'utilisation de dattes saines pour éviter tout arrière-goût de fermentation. En mélangeant et en cuisant de la pâte ou des morceaux de dattes avec du sirop, on peut produire des crèmes et des confitures d'excellente qualité (**Espiard, 2002**).
- ✓ **Farine ou poudre de datte :** La poudre de dattes est élaborée à partir de dattes sèches ou de dattes qui peuvent être desséchées ultérieurement. Cette farine est largement utilisée dans divers domaines, notamment en biscuiterie, pâtisserie, dans la fabrication d'aliments pour enfants (**Ait-ameur, 2001**) et même dans la production de yaourts (**Benamara et al., 2004**).
- ✓ **Pâte de datte :** Les dattes molles ou ramollies par humidification sont utilisées pour produire de la pâte de dattes, un processus réalisé mécaniquement selon **Espiard (2002)**. Cette pâte est un ingrédient polyvalent largement utilisé en biscuiterie et en pâtisserie, notamment pour fourrer les gâteaux, préparer des glaces, des sorbets, des crèmes, et bien plus encore. Elle peut être consommée telle quelle ou mélangée à divers autres ingrédients pour créer des friandises, comme des fruits confits, des écorces d'agrumes, du cacao, des amandes, ou des noix. De plus, elle peut être aromatisée avec de la vanille, de la cannelle, du gingembre ou d'autres arômes, et enrichie avec des aliments à haute valeur énergétique tels que des tourteaux de sésame, d'arachides, des levures alimentaires, de la poudre de lait, ainsi que des suppléments de calcium assimilable et de vitamines selon **Munier (1973)**.

Par conséquent, la pâte de dattes est souvent utilisée comme substitut au sucre dans de nombreuses formulations alimentaires (**Jasim et al., 2006**).

- ✓ **Sucre de dattes** : Le sucre de dattes, obtenu par concentration de sirop, se présente sous forme amorphe et peut avoir une couleur variant du brun clair au jaune vif, selon qu'il ait été décoloré ou non (**El-Aalidi, 2000**). Selon **Harrak et Boujnah (2012)**, il est produit par broyage et malaxage des dattes dans de l'eau chaude, avec une préférence pour le procédé de diffusion pour récupérer la majeure partie des sucres tout en limitant la diffusion des impuretés dans le jus. La concentration du sirop est réalisée à une température basse (40 à 45 °C) et sous vide, aboutissant à un concentré dont la couleur varie en fonction du processus de purification. Ce concentré, une fois purifié, n'apporte ni couleur ni astringence aux boissons diluées, le rendant idéal pour une utilisation directe dans le thé ou le café. Son pouvoir édulcorant dépend des sucres qu'il contient, notamment du lévulose, qui a un pouvoir sucrant plus élevé que les autres sucres présents dans le produit.
- ✓ **Vinaigre de dattes** : La production de vinaigre à partir de jus de dattes implique une double fermentation, d'abord alcoolique puis acétique, effectuée par des micro-organismes tels que *Saccharomyces uvarum* ou *Saccharomyces cerevisiae*, suivie d'une acétification par *Acetobacter aceti*. Cette double fermentation se produit de manière spontanée lorsque les dattes sont trempées dans l'eau, donnant ainsi naissance à un vinaigre traditionnel très prisé dans le sud de l'Algérie (**Boukhiar, 2009**).

La technique d'élaboration de ce vinaigre traditionnel repose sur une double fermentation



combinant des processus anaérobies et aérobies (**Ould el hadj et al., 2001**) : La bioconversion implique l'utilisation des levures et des bactéries acétiques naturellement présentes dans la dattes. Ces micro-organismes catalysent la production d'éthanol, qui est ensuite transformé en acide acétique. Ce processus permet la coexistence de deux réactions biotechnologiques simultanées, bien que les exigences en oxygène des micro-organismes unicellulaires impliqués diffèrent (**Ould el hadj et al., 2001**).

- ✓ **Gelée de datte** : Ce produit est obtenu par gélification du sirop de dattes. Il se distingue par sa haute valeur énergétique et peut être utilisé à diverses fins, notamment comme ingrédient dans la pâtisserie et comme garniture pour les tartines (**Harrak et Boujnah, 2012**).
- ✓ **Jus de datte** : La fabrication de jus de dattes est une pratique ancienne dans les pays du Moyen-Orient, où une abondance de dattes de qualité médiocre est destinée à la transformation (**Chaira et al., 2007**). Pour préparer le jus, les pulpes de dattes sont finement hachées et mélangées avec de l'eau. Le mélange est ensuite chauffé au bain-marie selon un temps et une température spécifiques. Ensuite, une filtration et une clarification sont effectuées pour éliminer les débris et les solides insolubles (**Mahjoub et Jraidi, 1992**). Le jus de datte peut être utilisé dans de nombreuses préparations alimentaires telles que les boissons gazeuses, le vinaigre, l'alcool, etc. (**Estanove, 1990**).
- ✓ **Yaourt de datte** : Pour préparer des yaourts à base de dattes, on suit le diagramme de fabrication standard d'un yaourt, mais avec une modification importante : le sucre blanc est remplacé par de la poudre de dattes (**Amellal et Chibane, 2008**). L'ajout de la poudre de dattes dans le yaourt en remplacement du sucre cristallisé a permis d'enrichir les yaourts en minéraux, en protéines, en matières grasses et en solides totaux (**Amellal et Chibane, 2008**).
- ✓ **Sirop de datte** : Les dattes de qualité secondaire, souvent trop molles ou écrasées, peuvent être valorisées dans la fabrication de sirops (**Benjamain et al., 1985**). Après découpe, ces dattes sont chauffées dans de l'eau pour produire un sirop riche, qui peut ensuite être filtré et concentré sous vide jusqu'à atteindre une concentration de 65 à 70 % de matière sèche. Bien que ce produit présente un aspect sombre, il est stable et largement utilisé comme édulcorant dans de nombreuses préparations pâtisseries. De plus, il peut servir de matière première pour la production de boissons gazeuses (**Hamad et al., 1982**).

- ✓ **Fabrication du charbon actif** : Selon **Haimour et Emeish (2006)**, les déchets agricoles lignocellulosiques, composés de substances organiques et inorganiques, représentent une source prometteuse pour la production de charbon actif. Ces déchets présentent des niveaux significatifs de charbon, comme le soulignent également **Banat et al. (2003)**.
- ✓ **Aliments de bétail** : Les sous-produits du palmier dattier, tels que les rebuts de datte, les pédicelles de dattes et les palmes sèches, peuvent être utilisés comme aliment pour le bétail. Une étude menée par **Chehema et Longo (2001)** a examiné la valeur nutritionnelle de ces sous-produits chez le dromadaire et le mouton. Les résultats ont montré une efficacité significative de ces sous-produits dans l'alimentation des animaux, où les palmes sèches et les pédicelles de dattes servent d'aliments grossiers tandis que les rebuts sont utilisés comme aliment concentré. De plus, la farine de noyaux de dattes peut être ajoutée à hauteur de 10% dans l'alimentation des poissons et des poulets sans impacter négativement leurs performances, comme l'ont démontré **Gualtieri et Rappacini (1994)**, **Youssif et al. (1996)**, **Rahman et al. (2007)**, ainsi qu'**Al-farsi et Lee (2008)**.
- ✓ **Utilisation dans l'environnement** : Actuellement, la poudre de noyaux de dattes est utilisée pour des applications environnementales, notamment comme agent de détoxification et de dépollution des eaux contaminées par des substances toxiques, **Alhamed (2009)**. Le charbon actif dérivé des noyaux de dattes présente une capacité d'absorption élevée, notamment pour le chrome (Cr), comme l'ont démontré **El-Nemer et al. (2007)**.

2. La citrouille

2.1. Présentation de la famille des cucurbitacées

La famille des cucurbitacées communément appelées famille de courges, et l'une des familles qui comprend les espèces les plus variées parmi les plantes alimentaires, de grande importance économique, sociale et nutritionnelle. Cette famille encadre un énorme rassemblement avec plus de 118 genres et 825 espèces. Ils sont jardinés et consommés dans de nombreuses parties du monde telles que les régions tropicales et les régions subtropicales (**Schmidt et al, 2020**). 90% des espèces sont localisées dans trois zones principales : Afrique et Madagascar, Amérique centrale et du Sud et Asie du Sud-Est et Malaisie (**Figure 01**) (**Avinash et Rai, 2017**).

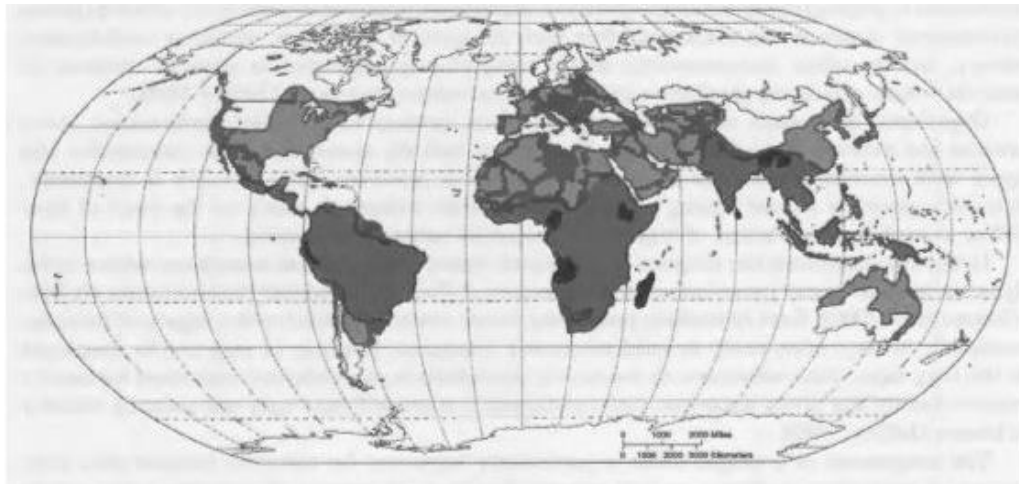


Figure 01 : Carte composée des aires de répartitions natives des cucurbitacées dans le monde. Gris clair 1 à 9 genres natifs ; gris foncé = 10 à 19 genres natifs; noir = 20 + genres natifs. (Créé par : M.P. Niederlechner) (**Schmidt et al., 2020**)

2.2. Définition de la citrouille

La citrouille Un aliment de grande valeur La citrouille est un aliment important pour de nombreux Océaniens. C'est un aliment de très grande valeur car la plupart des parties de la plante sont comestibles et riches en éléments nutritifs. La citrouille pousse facilement. Un plant dans un jardin peut donner des citrouilles et des feuilles vertes tout au long de l'année. Chacun devrait savoir comment cultiver, préparer et conserver les plantes vivrières locales comme la citrouille. La consommation de fruits et légumes locaux permet en effet d'économiser de l'argent. La citrouille est un aliment protecteur qui aide à rester en bonne santé.

La citrouille appartient à la famille des cucurbitacées. Ces plantes aux tiges rampantes nécessitent peu de soins une fois plantées. Elles peuvent être cultivées partout dans le Pacifique même sur les atolls. Elles poussent facilement à partir de graines ou de boutures racinées. Il existe de nombreuses variétés de citrouille dont la saveur, la chair, la couleur et les qualités de conservation sont différentes. Le bouturage est la meilleure façon d'obtenir la variété souhaitée. C'est dans une terre riche et meuble que la citrouille pousse le mieux. L'emplacement d'un ancien tas d'ordures est un bon endroit pour cultiver des citrouilles. Placés autour des plants, les restes des repas ou de leur préparation fournissent également un bon engrais. On augmentera la production de citrouille en passant délicatement une plume ou un pinceau sur les fleurs.

2.3. Description botanique

La citrouille est un fruit issu d'une plante herbacée, annuelle à longue tige très vigoureuse, rampante, qui s'accroche par des vrilles ramifiées à tout support. Ses feuilles sont grandes, cordiformes, à nervation palmées, formant cinq lobes arrondis avec de grandes fleurs (5 à 10 cm) pentamères, unisexuées, de couleur jaune (Wichtl et Anton, 2003 ; Bruneton, 2009). Le fruit est une grosse baie volumineuse avec une chaire épaisse de couleur jaune orangé (Polèse, 2006), renfermant de nombreuses graines dans une pulpe spongieuse. Ses graines sont aplaties, de forme ovale, blanchâtre (Wichtl et Anton, 2003 ; Bruneton, 2009).

Les différents organes de la citrouille (*Cucurbita pepo*) sont illustrés dans le tableau 1:

- **Espèce** : *C.pepo* (Citrouille)
- **Feuilles et fleur**



Figure 02 : fleur de citrouille

www.foodavenue.fr



Figure 03 : feuille de de citrouille

<http://emmanuel.clement.free.fr>

- **Fruits**



Figure 04 : Fruit de citrouille(www.kew.org)



Figure 05 : graines de citrouille <http://www.alexetgen.com/>

2.4. Classification de *Cucurbita pepo*

La classification de *Cucurbita pepo* est représentée dans le tableau 00

Tableau 04 : Classification de *Cucurbita pepo* (Vanier, 2007).

Règne	Plantae
Division	Manoliophyta
Subdivision	Spermatophytes
Classe	Magnoliopsida
Superordre	Rosanae
Ordre	Cucurbitales
Famille	Cucurbitaceae
Genre	<i>Cucurbita</i>
Espèce	<i>Cucurbita pepo</i>

2.5. Les variétés de citrouilles

La citrouille est célèbre non seulement pour ses propriétés culinaires bénéfiques, mais aussi comme tradition pour l'une des fêtes les plus célèbres du monde : Halloween. Rien n'est gaspillé de la citrouille, car ses graines sont également largement utilisées comme collation. Les variétés de citrouille sont divisées en deux catégories :

- ✓ *Cucurbita Maxima* (potiron)
- ✓ *Cucurbita Moschata - Pepo* (citrouille)

2.6. Valeurs nutritionnelles et caloriques de la citrouille

Tableau 05 : Valeurs nutritionnelles et caloriques de la citrouille pour 100 g de citrouille (Vanier, 2007).

Nutriments	Teneur moyenne
Energie	26 kcal
Eau	91,6 g
Protéines	1 g
Glucides	6g
Lipides	0,1 g
Fibres alimentaires	0,5 g
Calcium	21mg
Cuivre	0,13 mg
Fer	0,8 mg
Magnésium	12mg
Manganèse	0,13 mg
Phosphore	44mg
Potassium	340mg
Sodium	1mg
Zinc	0,32 mg
Beta-Carotène	3100 µg
Vitamine E	1,06 mg
Vitamine K1	1,1 µg
Vitamine C	9mg
Vitamine B1 ou Thiamine	0,05 mg

Vitamine B2 ou Riboflavine	0,11mg
Vitamine B3 ou PP ou Niacine	0,6 mg
Vitamine B5 ou Acide pantothénique	0,3mg
Vitamine B6	0,061mg
Vitamine B9 ou Folates totaux	16 µg

La citrouille, un aliment riche en vitamines, passeport santé nutrition, (**Catherine, 2021**)

2.7. Utilisation des citrouilles

Les citrouilles sont couramment utilisées pour la consommation humaine (tartes, puddings, plats). Dans de nombreux pays, les citrouilles sont cultivées principalement pour la production de graines qui peuvent être utilisées pour la consommation ou la production d'huile (**Filbrandt et Katelyn, 2012**). La valeur énergétique des graines de citrouille varie de 550 à 610 calories par 100g (**Deimel, 2007**). Les citrouilles sont aussi associées aux décorations d'automne ainsi qu'à l'alimentation hivernale. Il existe cependant un marché pour la citrouille d'Halloween biologique (**Chait, 2009**). Les graines ont été longtemps employées dans la médecine traditionnelle pour le remédiation des différentes maladies, en particulier, comme traitement contre des vers (ténia) (**Younis et al., 2000**).

Chapitre 3 : Spiruline

1. Origine de la spiruline: découverte et histoire

La spiruline est une cyanobactérie spiralée de couleur bleu-vert photo-autotrophe. C'est un organisme procaryote qui partage avec les plantes la capacité d'effectuer de la photosynthèse. À partir de composés minéraux, d'eau, et de l'énergie lumineuse captée grâce à leur chlorophylle, elles transforment le gaz carbonique et dégagent l'oxygène **(WHO, 1999)**

Il est admis par la communauté scientifique que l'apparition des cyanobactéries date de 3,5 milliards d'années, constituant ainsi les plus anciennes formes de vie sur terre.

Toutefois, de récentes études, combinant des données paléo biologiques et des comparaisons phylogénétiques, datent l'apparition de ces dernières à la fin de l'archéen, il y a 2,7 milliards d'années. Ce qui fait des cyanobactéries, les plus anciennes formes de vie sur terre (Bernard, 2014).

Elles existent toujours de nos jours et jouent un rôle dans le maintien de l'équilibre des proportions entre le gaz carbonique et l'oxygène **(Mollo & Noury, 2013)**.

En 1970, l'Américain Ripley FOX docteur en microbiologie voit en la spiruline un complément nutritionnel par excellence, et la solution au problème de la faim dans le monde. Il décide d'en faire un outil politique humanitaire. En 1971, il fonde une association ACMA (Association pour Combattre la Malnutrition par l'Algoculture) qui développe le concept de ferme de spiruline **(Fox, 1999)**.

Parallèlement, en 1970, un rapport du Dr Hiroshi Nakamura (microbiologiste président du comité de développement de la spiruline au Japon) indique toutes les caractéristiques de la spiruline. Ce scientifique japonais a réuni les études concernant « l'algue » qui avait été utilisée comme nourriture pendant le blocus Américain, durant la seconde guerre mondiale. Son rapport sera publié en 1978, dans l'ouvrage « Food from Sunlight » du Dr Christopher **(Cruchot et références citées, 2008)**.

En 1974, la spiruline est déclarée « aliment de santé supérieur du XXIème siècle » lors de la conférence internationale sur les protéines microscopiques et la conférence alimentaire des Nations unies **(Vidalo, 2008)**. La première expérience industrielle a lieu au Mexique avec Hubert Durand Chastel par le biais de la société Sosa Texcoco. La spiruline sèche arrivera sur les étagères des magasins de santé Américains en 1979 **(Vidalo, 2008)**. En 1984, c'est au tour de la Chine de se lancer dans la production de spiruline à l'état naturel (dans le lac Chenghai) **(Fox, 1999)**. Enfin, au début des années 1990, l'organisation humanitaire.

Afin d'asseoir la crédibilité scientifique de son programme, Antenna Technologies financera quelques études sur la spiruline (**Antenna technologies, 2009**). En 1996, l'OMS (Organisation mondiale de la santé) déclare la spiruline "meilleure nourriture pour l'avenir (**Lupatini et al., 2017**).

2. Caractéristiques de la spiruline

2.1. Confusions générales liées à la spiruline

2.1.1. Le terme de spiruline

Les différentes confusions faites par rapport à l'emploi du terme spiruline sont regroupées dans le tableau ci-contre :

Tableau 6 : Confusions liées au terme de spiruline (**Antenna technologies, 2009**).

Spiruline	<i>Spirulina</i>	<i>Arthrospira</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Terme vernaculaire générique regroupant toutes les spirulines en vente sur le marché (<i>Spirulina</i> non comestible et <i>Arthrospira</i> comestible) • Nom commercial francophone de la cyanobactérie appartenant au genre <i>Arthrospira</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Nom scientifique et taxonomique d'une autre cyanobactérie très éloignée du genre <i>Arthrospira</i> qui n'est pas utilisé dans le cadre de l'alimentation • Nom commercial anglophone de la cyanobactérie appartenant au genre <i>Arthrospira</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Nom scientifique et taxonomique d'un groupe de cyanobactéries auxquelles appartient la spiruline utilisée dans le cadre de l'alimentation

2.1.2. Algue ou bactérie ?

La spiruline est un procaryote gram négatif appartenant aux cyanobactéries. Même si les cyanobactéries possèdent des caractéristiques propres aux algues, il s'agit en réalité de bactéries.

Les cyanobactéries se rapprochent des algues et des bactéries par certaines caractéristiques communes, présentées dans le tableau ci-dessous (**Bernard, 2014**).

Tableau 7 : Caractéristiques communes des cyanobactéries aux algues et aux bactéries (Bernard, 2014).

Algues	Bactéries
Chlorophylle a	Absence de membrane nucléaire
Deux photosystèmes I et II	Absence de membrane plastidiale
Photosynthèse : production d'O ₂	Absence de mitochondries
Pigments photosynthétiques : phycobiliprotéines	Absence de réticulum endoplasmique et dictyosome
Eau : donneur d'électrons	Paroi cellulaire Gram - : muréine

3. Morphologies et caractères généraux

La spiruline est une cyanobactérie appartenant aux bactéries Gram négatif et pouvant être unicellulaire ou pluricellulaire. Elle est photo-autotrophe. La spiruline possède en moyenne une longueur de 250 µm. Elle est constituée de cellules transparentes empilées bout à bout appelées filaments ou trichomes. Ces derniers ont un diamètre de 10 à 12 µm, sont mobiles, non ramifiés, et enroulés en 6 ou 7 spires. L'enroulement du trichome sur lui-même s'effectue suivant le sens d'un minuscule ressort à l'origine de son appellation : « spiruline » du latin « spira » qui signifie enroulement. Plusieurs facteurs environnementaux peuvent influencer l'orientation de l'hélice. Cette forme hélicoïdale typique lui permet de se déplacer dans l'eau en adoptant le mouvement d'une vis, à une vitesse de 5 µm par seconde. On parle alors de déplacement par motilité (Charpy et al., 2008). On trouve cependant des spirulines ondulées et droites, cette particularité étant en relation directe avec les conditions écologiques rencontrées dans leurs habitats.

4. Composition de la spiruline

Il existe de fortes variations en ce qui concerne la composition de la spiruline. Ces divergences sont liées à plusieurs facteurs. L'existence de différentes souches de spirulines, l'origine géographique, les conditions de production (les éléments chimiques entrant dans la composition du milieu de culture, les techniques de séchage, de broyage, de récolte), le taux d'ensoleillement, sont autant d'éléments qui influent la composition de la spiruline. Les différentes spirulines proposées sur le marché mondial n'étant de ce fait pas strictement équivalentes en termes de composition biochimique, notre travail se basera sur des valeurs moyennes. En poids sec, la spiruline contient en moyenne 50 à 70% de protéines ; 15 à 25% de glucides ; 11% de lipides

ainsi que des vitamines, des minéraux, de la chlorophylle et des phycobiliprotéines (**Falquet & Hurni, 2006; Charpy et al., 2008**).

5. Classification de la spiruline

5.1. Systématique de la spiruline

La classification taxonomique des cyanobactéries est gouvernée par deux codes : les codes botaniques et bactériologiques. Pour effectuer cette classification, nous avons interrogé plusieurs bases de données validées par l'agence canadienne d'inspection des aliments (Site internet n°1). Le CIN « Code international de nomenclature pour les algues, les champignons et les plantes »

Selon ce code, la classification se base sur des critères morphologiques permettant une identification aisée des genres. Les cyanobactéries y portent pour nom : algue bleue, cyanophyte ou cyanophycée. Les données extraites de ses deux sites internet (Sites internet n°2 et n°3) ont été résumées dans le tableau suivant

Tableau 8 : Classification suivant le CIN (Sites internet n°2 et n°3).

Règne	Monera
Sous règne	Negibacteria
Division	Cyanobacteria
Classe	Cyanophyceae
Ordre	Nostocales
Famille	Oscillatoriaceae
Genre	<i>Arthrospira</i> (Stizenberger) ex Gomont 1893
Espèces	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Arthrospira gomontiana</i> ✓ Setchell 1895 ✓ <i>Arthrospira jenneri</i> ✓ Stizenberger ex Gomont 1893 ✓ <i>Arthrospira neopolitana</i>

✓ IL'ICNB « International Code of Nomenclature of Bacteria»

Selon ce code, la classification en espèce requiert, en complément des critères issus de la classification botanique, la prise en compte de caractéristiques physiologiques, biochimiques et génétiques déterminées sur des souches pures en culture.

Les données extraites de l'ensemble de ses cinq sites internet (Sites internet n°4, n°5, n°6, n°7, n°8) et portant sur la classification bactériologique de la spiruline ont été résumées dans le tableau suivant :

Tableau 9 : Classification suivant l'ICNB (Sites internet n°4, n°5, n°6, n°7, n°8).

	WoRMS/CyanoDB	Algaebase/NCBI/Uniprot
Empire		Prokaryota
Règne	Bactérie	Eubacteria
Sous règne	Gracilicutes	Negibacteria
Division	Cyanobacteria	Cyanobacteria
Classe	Cyanophyceae	Cyanophyceae
Sousclasse	Oscillatoriophycidae	Oscillatoriophycidae
Ordre	Oscillatoriales	Oscillatoriales
Famille	Phormidiaceae	Microcoleaceae
Sous famille	Phormidioideae	
Genre	✓ <i>Arthrospira</i> ✓ Stizenberger ex Gomont, 1892	✓ <i>Arthrospira</i> ✓ Stizenbergerex Gomont

Comme le démontrent ces deux tableaux, la classification de la spiruline est encore soumise à consensus. La systématique des cyanobactéries est en perpétuel remaniement et l'on peut s'attendre à d'autres changements dans les prochaines années avec l'avancement des techniques de génomique et de bio- informatique.

6. Reproduction

La spiruline se reproduit suivant un mode végétatif, une multiplication asexuée qui suit le principe de la bipartition. C'est donc une scission simple par segmentation des filaments qui s'effectue en plusieurs étapes.

Une fois la maturité atteinte, les filaments de la spiruline forment des nécrudies, des cellules ayant un aspect concave. Il s'ensuit une fragmentation du trichome à partir des nécrudies aboutissant à de nouveaux filaments constitués de 2 à 4 cellules appelées hormogonies. Ces derniers croissent par division binaire et prennent la forme typique hélicoïdale, chacune des cellules donne deux cellules par scissiparité (Charpy et al., 2008).

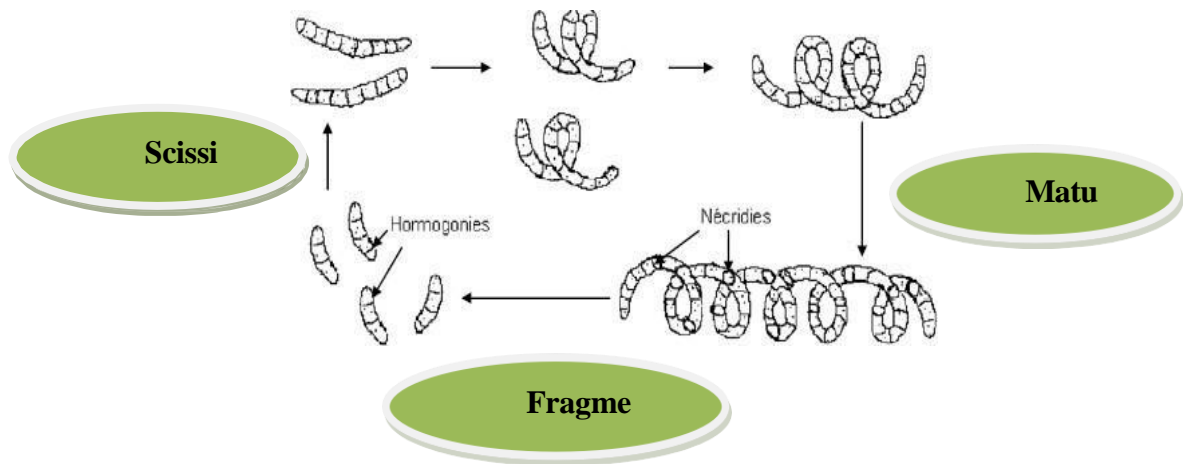


Figure 06 : Cycle biologique de la spiruline modifié (Charpy et al., 2008).

7. Culture de la spiruline

7.1. Bassins de culture

De tailles variables, il existe de nombreuses manières de construire un bassin adéquat. De manière générale, ils ne doivent pas comporter d'angle vifs mais plutôt des formes arrondies avec des fonds aussi plans que possible, et une légère pente vers un endroit plus creux d'accès facile pour faciliter la vidange. Ils peuvent être faits de bâches plastiques de qualité alimentaire ou au moins non toxiques. D'autres conditions doivent être respectées en ce qui concerne l'épaisseur, (Jourdan, 2014).

7.2. Milieu de culture

Il s'agit d'une reproduction artificielle du milieu dans lequel la spiruline croît naturellement. C'est donc une solution alcaline constituée d'un mélange d'eau et de sels minéraux, qui apporte à la spiruline tous les éléments chimiques qui lui sont nécessaires. Le pH du milieu de culture doit être compris entre 8 et 11. Il existe différentes recettes de milieu de culture pour la spiruline. Le milieu de culture de référence étant le milieu standard Zarrouk

Les conditions de croissance répondent aux recommandations de Paul Jourdan le spécialiste français de la culture de la spiruline. (Jourdan, 2014).

7.3. Conditions chimiques de croissance : composition du milieu de culture

Eau : elle doit être potable ou au moins filtrée, parfois stérilisée aux UV, avec une dureté faible. Il est nécessaire de s'assurer de l'élimination des algues étrangères (Jourdan, 2014).

7.4. Alcalinité et salinité

Pour des raisons d'économie on se place au niveau minimal d'alcalinité 0,1 g/L et de salinité totale de 13g/L (ces valeurs peuvent être doublées sans inconvénients) (**Jourdan, 2014**).

L'alcalinité peut être apportée par le bicarbonate de sodium, la soude caustique, le carbonate de sodium (le natron). Le pH du bassin est obtenu par l'ajout de du bicarbonate de sodium. Son introduction dans le milieu de culture permet d'avoir une valeur du pH avoisinant

La consommation de ce carbonate par la spiruline entraîne une augmentation progressive du pH à hauteur de. La salinité est apportée par des fertilisants et du sel (chlorure de sodium). (**Jourdan, 2014**).

7.5. La température

La température du liquide de culture influence directement la vitesse de croissance de la spiruline. Bien qu'assez résistante au froid (jusqu'à 3-5°C), la spiruline ne commence à croître d'une manière appréciable qu'au-dessus de 20°C. La vitesse de croissance est maximale vers 35-37°C. Au-delà de cette température, on risque rapidement une destruction de la culture. (**Jourdan, 2014**).

7.6. La lumière

Une très forte lumière (plein soleil) peut être dangereuse si le milieu de culture est froid (moins de 14-15°C), surtout en cas d'illumination brutale. (**Jourdan, 2014**).

8. Conditions physiques de croissance

8.1. Agitation du milieu de culture

Les fréquences d'agitation varient suivant le mode d'agitation, les conditions de culture et de la souche cultivée. Ici, l'agitation du milieu de culture est effectuée au moins deux à quatre fois par jour au moyen d'une roue à aube Elle permet une dispersion homogène de la spiruline dans le milieu, favorise les échanges gazeux (l'élimination de l'oxygène et l'absorption de gaz carbonique), ainsi que son exposition à la lumière. (**Jourdan, 2014**).

8.2. Récolte de la spiruline

Les récoltes s'effectuent au gré des saisons, la luminosité et l'ensoleillement jouant un rôle prépondérant dans le processus de production de spiruline, les récoltes se terminent à la fin novembre.

La spiruline est prête pour la récolte lorsque sa concentration dans le bassin de culture est autour d'un Secchi de 2-3 cm. (**Jourdan, 2014**).

8.3. Extrusion et séchage de la spiruline

Le séchage reste de loin le processus le plus utilisé et le seul moyen de conservation à long terme de la spiruline. Ce séchage doit être mené le plus rapidement possible (moins de 6 heures) après la récolte de la biomasse.

Pour faciliter son séchage, la pâte de spiruline est extrudée sous forme de filaments La pâte essorée est introduite dans un contenu en inox placé sur l'extrudeuse. Au fur et à mesure de leur fabrication, ces filaments sont disposés sur un plateau formé d'un cadre en bois garni d'une toile appelé.

Une fois garnies, ces claies sont ensuite superposées sur des chariots afin d'être disposées dans le séchoir : une armoire ventilée et grillagée qui assure un séchage à l'abri de la lumière directe et des insectes. Ce processus a une durée de 4 à 7 heures suivant le climat, la souche de spiruline, le taux d'humidité, et la taille des filaments. Le séchage est donc réalisé dans une pièce fortement ventilée, la chaleur nécessaire. Elle se fait à basse température, afin de préserver la valeur nutritive de la spiruline (**Jourdan, 2014**).

9. L'utilisations de la spiruline

La Spiruline n'est pas un médicament, mais un aliment. Il n'y a aucun risque de surdosage. Votre corps y puisera uniquement les précieux nutriments dont il a besoin et rejettera naturellement l'excédent de bien-être qui : Nourrit, Détoxique Stimule, le système immunitaire, Rééquilibre l'organisme. (Site internet n°9)

Booste le système immunitaire et la vitalité, Améliore l'endurance et la résistance Aide à garder ou à retrouver la forme Entretien le tonus et l'énergie Riche en fer, acides aminés, bêta-carotène et antioxydants

Aide au contrôle du poids et à un niveau normal de sucre dans le sang Renforce les défenses naturelles et la vitalité

Favorise la résistance de l'organisme

Source naturelle d'antioxydants pour lutter contre le stress oxydatif (Site internet n°10)

Chapitre 4: Matériel et Méthode

1. Matériel

1.1. Les matériels utilisés

A. Matériels biologiques

- **Dattes :** On a utilisé une variété de dattes provenant de la région d'Oued dans la wilaya d'Oued. Elles ont été achetées au mois d'octobre. Ces dattes sont spécifiquement sélectionnées pour la fabrication de la pâte de dattes (**Figure 7**)
- **Poudre de spiruline:** utilisée dans cette étude a été achetée auprès de l'unité de production de spiruline. Commercialisée sous forme de Granulés broyables, elle a été utilisée dans cette étude pour les analyses ainsi que pour la fabrication du produit final
- **citrouille**
(**Figure 8**)



Figure 07: variété de datte



Figure 08: Poudre de spiruline

B. Matériel non biologique

Les ustensiles nécessaires pour préparer le sirop de dattes :

- **Une casserole profonde :** pour cuire les morceaux de dattes et les transformer en pâte.
- **Une cuillère en bois ou en métal :** pour remuer et mélanger pendant la cuisson.
- **Un tamis :** pour filtrer la pâte de dattes et enlever les morceaux indésirables.
- **Un mixeur ou un blender manuel :** pour réduire en purée les morceaux de dattes cuits jusqu'à obtenir une pâte lisse.
- **Des récipients hermétiques :** pour conserver la pâte de dattes après la préparation.

- **Des ustensiles de nettoyage :** pour laver les dattes et nettoyer les ustensiles après utilisation.

C. Matériel d'analyses

- **Équipements de Base et Outils de Mesure**

- ✓ **Étuve :** Utilisée pour sécher les échantillons.
- ✓ **Pompe à air :** Pour diverses applications de laboratoire nécessitant un flux d'air contrôlé.
- ✓ **Lampe :** Fournit un éclairage nécessaire pour les opérations de laboratoire.
- ✓ **Bac de 5 litres et Bac de 40 litres :** Pour contenir les solutions ou échantillons de grandes quantités.
- ✓ **Résistance d'aquarium:** Utilisée pour maintenir une température constante dans des solutions.

- **Équipements de Précision et Instruments d'Analyse**

- ✓ **Balance analytique :** Pour peser les échantillons avec une grande précision.
- ✓ **Matras de Kjeldahl :** Utilisé pour la digestion des échantillons dans la méthode Kjeldahl.
- ✓ **Haute chimique:** Hotte chimique pour éliminer les gaz nocifs.
- ✓ **Distillateur :** Appareil pour la distillation des échantillons.
- ✓ **Bain marie:** Pour chauffer les échantillons de manière uniforme.
- ✓ **Entonnoir et Papier filtre :** Pour la filtration des solutions.
- ✓ **Éprouvette, Bécher, Erlenmeyer, Tubes à essai :** Pour contenir et mélanger les solutions.
- ✓ **Tubes à vice :** Pour diverses manipulations d'échantillons.
- ✓ **Spectrophotomètre :** Pour mesurer l'absorbance des solutions.
- ✓ **Ballon de distillation et Soxhlet :** Pour les extractions chimiques.
- ✓ **Dessiccateur et Four à moufle:** Pour le séchage et la calcination des échantillons.
- ✓ **Creusets :** Pour contenir des échantillons solides lors de la calcination.

- **Équipements pour les Analyses Spécifiques**

- ✓ **pH-mètre :** Pour mesurer le pH des solutions.
- ✓ **Boîtes de Pétri :** Pour cultiver des micro-organismes.

- ✓ **Pipette graduée et Micropipette** : Pour mesurer et transférer de petits volumes de liquides.
- ✓ **Incubateur**: Pour incuber les échantillons à des températures contrôlées.
- ✓ **Compteur de colonies**: Pour compter les colonies de bactéries.
- ✓ **Pipette Pasteur** : Pour transférer de petits volumes de liquides.

Pour la préparation et l'analyse biochimique, physico-chimique et microbiologique de la confiture de dattes et de potiron enrichie en spiruline, les réactifs et produits chimiques suivants sont utilisés :

- **Réactifs pour la Minéralisation et la Digestion des Échantillons**
 - ✓ **Sulfate de potassium** : Utilisé comme catalyseur dans la digestion des échantillons.
 - ✓ **Sulfate de cuivre** : Catalyseur supplémentaire pour la digestion.
 - ✓ **Sélénium**: Catalyseur dans la méthode Kjeldahl.
 - ✓ **Acide sulfurique concentré (96%)**: Pour la digestion des échantillons.
- **Réactifs pour la Distillation et la Titration**
 - ✓ **Acide borique (4%)** : Pour la capture de l'ammoniac lors de la distillation.
 - ✓ **Hydroxyde de sodium** : Utilisé pour alcaliniser le contenu du tube avant la distillation.
 - ✓ **Acide chlorhydrique (0,25N et 2,5N)** : Utilisé pour la titration de l'ammoniac.
- **Réactifs pour les Analyses Spécifiques**
 - ✓ **Carbonate de sodium** : Utilisé dans diverses analyses chimiques.
 - ✓ **Phénol (5%)** : Réactif pour certaines réactions biochimiques.
 - ✓ **Glucose (0,1%)** : Utilisé dans des milieux de culture pour la croissance microbienne.
 - ✓ **Acétate de plomb**: Réactif chimique utilisé dans certaines préparations.
- **Solvants et Milieux de Culture**
 - ✓ **Éther de pétrole**: Utilisé comme solvant.
 - ✓ **TSE, PCA, VF, VRBL** : Différents milieux de culture pour la croissance et l'isolement des micro-organismes.
 - ✓ **Sulfite de sodium** : Utilisé dans certains milieux de culture.
 - ✓ **Alun de fer** : Utilisé dans certaines préparations de milieux de culture.

- ✓ **OGA, SABORAUD** : Milieux de culture spécifiques pour des types de micro-organismes particuliers.
- ✓ **Oxytétracycline**: Antibiotique utilisé pour la sélection et l'isolement de micro-organismes résistants.
- **Milieux de Culture Sélectifs**
 - ✓ **Chapman** : Milieu de culture sélectif pour l'isolement des staphylocoques.

D. Matériels de analyses sensorielle

- **Équipements de chaque poste de dégustation**
 - ✓ **Les deux préparations de sirop enrichies par la spiruline** : pour comparaison et évaluation.
 - ✓ **Serviettes en papier**: pour maintenir l'hygiène et le confort des participants.
 - ✓ **Verres de montre** : utilisés pour présenter les échantillons de sirop.
 - ✓ **Eau minérale**: pour rincer la bouche entre les dégustations et éviter la contamination des goûts.
 - ✓ **Spatules identifiées par des étiquettes colorées** : pour distinguer les différentes préparations.
 - ✓ **Gobelets blancs jetables** : pour chaque participant afin de boire de l'eau et d'assurer une hygiène optimale.
 - ✓ **Copies du questionnaire en annexe** : pour recueillir les impressions et évaluations des participants sur les différents aspects des sirops testés.

1.2. Préparation du sirop de datte

Pour obtenir du sirop de datte, voici les étapes à suivre :

- **Nettoyage des dattes** : Lavez soigneusement les dattes sous l'eau courante pour éliminer les saletés et les impuretés.
- **Retrait des noyaux** : Retirez les noyaux des dattes et coupez-les en petits morceaux.
- **Cuisson des dattes** : Dans une casserole profonde, plongez les morceaux de dattes dans un peu d'eau. Ensuite, faites cuire les dattes à feu doux en remuant constamment jusqu'à ce qu'elles soient tendres et que le mélange soit lisse (**Figure 9**)
- Installez **un tamis** propre et étanche au-dessus d'un bol, puis versez le mélange de dattes cuites sur le tamis. Utilisez une cuillère pour aider le liquide à s'égoutter plus rapidement à travers le tamis (**Figure 10**)

- Cuisson des dattes jusqu'à ce qu'elles épaississent pour obtenir une consistance dense et prête à être utilisée (**Figure 11**)



Figure 09: Cuire les dattes



Figure 10: Filtrage des dattes avec une étamine



Figure 11: sirop de datte

1.3. Préparation de la confiture de dattes et citrouille.

- Dans cette étape, poids 500 g de dattes préalablement préparées avec 500 g de potiron la citrouille râpée (**Figure 12**)
- Mettez le mélange sur le feu à basse température et laissez cuire. (**Figure 13**)
- Après la cuisson du mélange, écrasez-le avec un mixeur jusqu'à obtenir la consistance désirée (**Figure 14**)
- **Refroidissement et stockage** : Une fois la préparation terminée, placez le mélange dans des récipients propres et hermétiques, puis conservez-le au réfrigérateur (**Figure 15**)



Figure 12: Poids de 500 g du sirop de datte avec 500 g de citrouille râpée



Figure13 : Mélange de 1000 g de sirop de datte avec de la citrouille

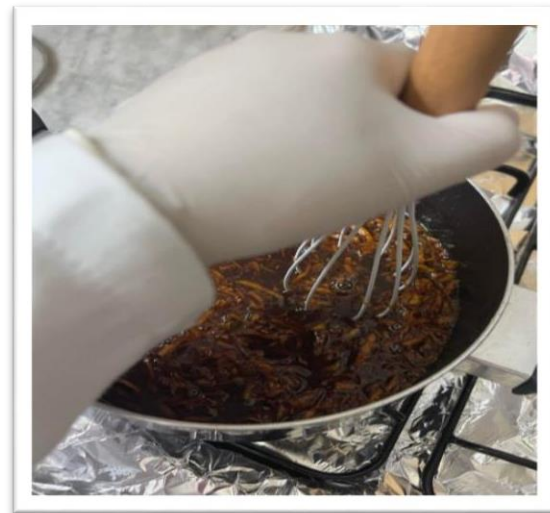


Figure 14: Chauffez le mélange sur le feu

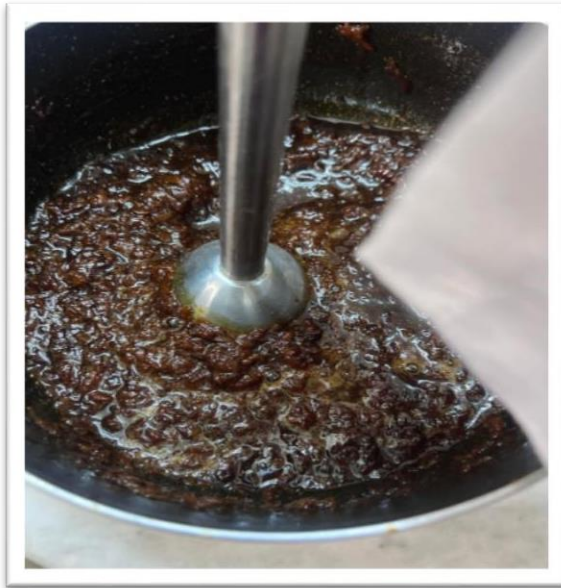


Figure15: Utilisation du mixeur sur le mélange



Figure 16: Mélange fini

1.4. Préparation de la Spiruline

Après réception de la spiruline, nous procédons à son broyage à l'aide d'un mixeur automatique afin d'obtenir une poudre fine, prête à être incorporée au sirop de dattes.

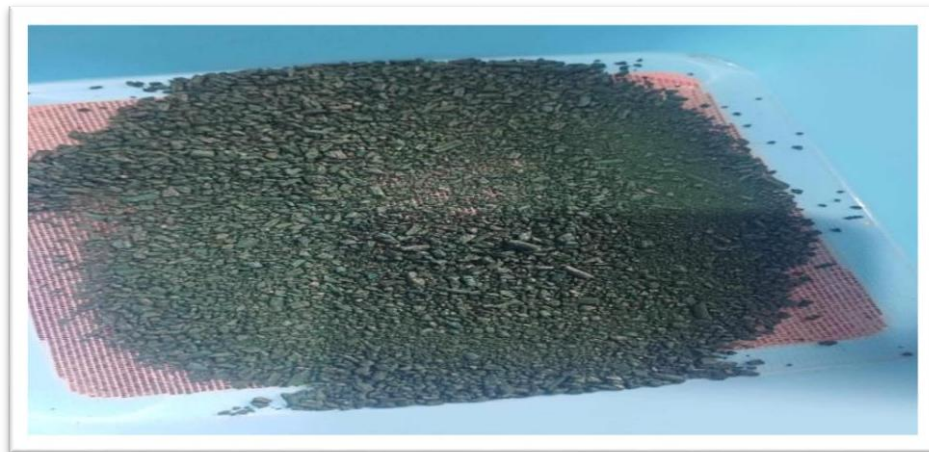


Figure17 : Processus de Filtration de la Spiruline

1.5. Incorporation de la spiruline dans la confiture de citrouille et datte

La préparation de spiruline implique son mélange avec du confiture citrouille de datte pour créer deux formulations distinctes :

- **Mélange 1** : Une quantité totale de 1700 g (1.7 kg) de la formulation comprenant 7 % de poudre de spiruline mélangée avec 1000 g de confiture citrouille de dattes.

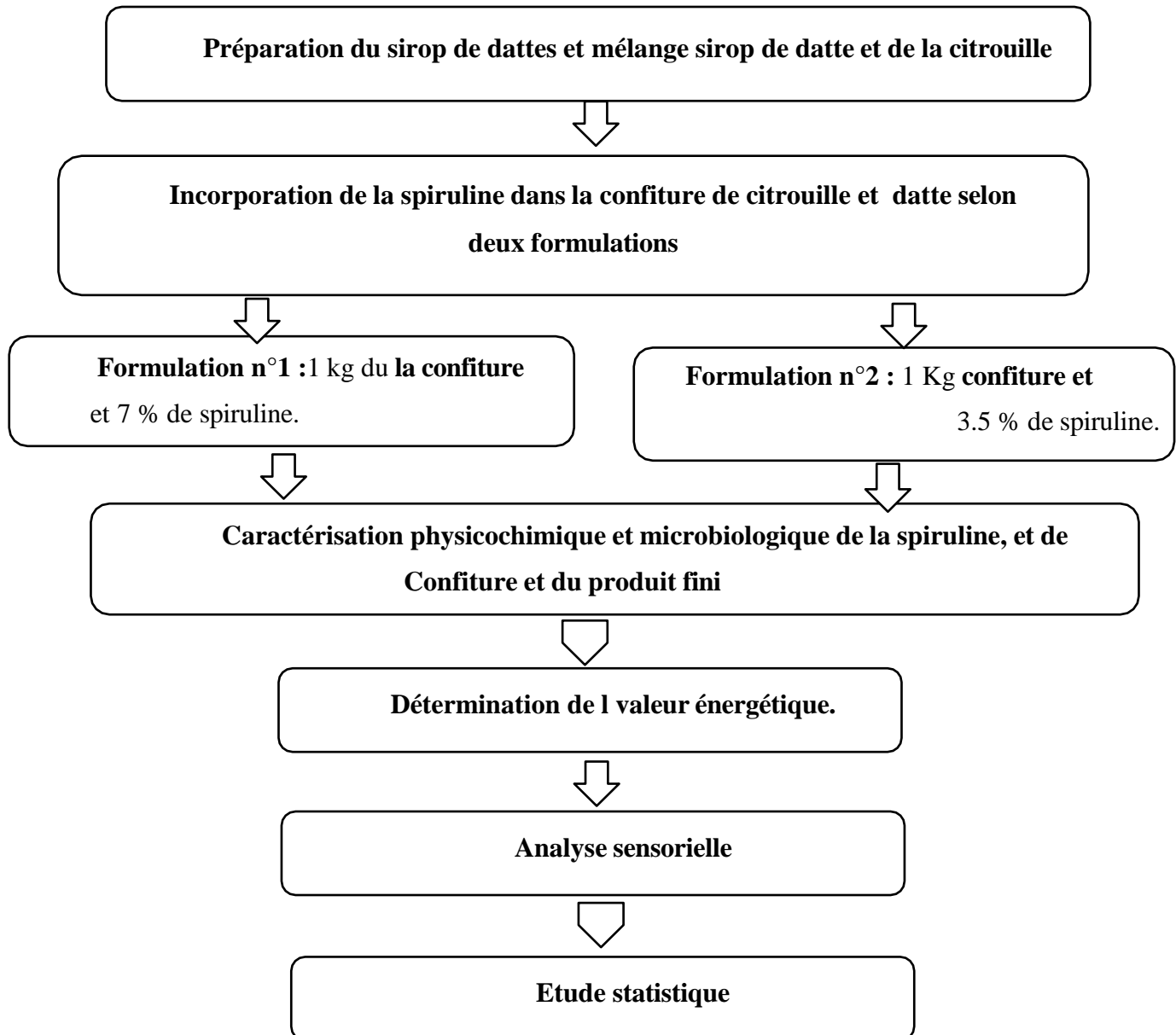
- **Mélange 2** : Une quantité totale de 1350 g (1.35 kg) de la formulation comprenant 3.5 % de spiruline mélangée avec 1000 g de sirop de dattes.

Les deux préparations sont soigneusement conservées dans des boîtes en verre propres

2. Méthode

2.1. Schéma de travail

La partie expérimentale comprend plusieurs étapes distinctes :



3. Analyses biochimiques

Les analyses biochimiques sont effectuées dans le but de déterminer la valeur nutritionnelle des matières premières et du produit fini. Elles reposent sur la mesure des taux de sucres, de protéines et de lipides de l'échantillon.

3.1. Quantification des protéines

Méthode de **Kjeldahl** (NF V 04-211, 1971 AFNOR, 1999) :

- **Principe**

Une prise d'essai est minéralisée par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur. Les produits de la réaction sont ensuite alcalinisés, puis l'ammoniac libéré est distillé et recueilli dans une solution d'acide borique. Cet ammoniac est titré à l'aide d'une solution d'acide sulfurique ou chlorhydrique. La teneur en azote est déterminée, et la teneur en protéines est calculée en multipliant par le facteur conventionnel de 6,25.

- **Mode opératoire**

- ✓ **Prise d'essai** : Peser 1 g de l'échantillon sur un morceau de papier ou dans un récipient approprié.

A. Minéralisation: Introduire dans le matras

- Peser 1 g de l'échantillon, en évitant les contacts avec les parois.
- Ajouter le catalyseur (6 g de sulfate de potassium et 1 g de sulfate de cuivre) : utiliser 1 g de ce mélange.
- Ajouter 1 g de sélénium.
- Ajouter 25 ml d'acide sulfurique concentré à 96%.
- Placer le matras sur le dispositif de chauffage et chauffer d'abord doucement pour éviter la formation de mousse.
- Faire ensuite bouillir vigoureusement jusqu'à obtenir une solution limpide (350°C), en agitant de temps à autre le matras.
- Laisser refroidir.

B. Distillation de l'ammoniac: Verser dans le matras refroidi contenant la solution limpide obtenue:

- Ajouter 50 ml d'eau distillée et laisser refroidir.
- Adapter le tube au distillateur.

- Régler le distillateur pour ajouter 10 ml d'acide borique à 4% dans le flacon de réception, qui doit être de taille suffisante pour contenir l'acide borique, le distillat, et quelques gouttes d'indicateur coloré.
- Introduire 50 ml d'hydroxyde de sodium à 32% pour alcaliniser le contenu du tube.
- Procéder à la distillation selon les conditions prévues pour l'appareil utilisé.
- Après 4 minutes de distillation, la couleur passera du rouge au bleu verdâtre.

C. Titrage

Il faut titrer rapidement l'ammoniac dans la solution de distillation avec une solution d'acide chlorhydrique à 0,25N. La lecture du volume d'acide chlorhydrique utilisé se fait au moment où la couleur vire au rose. La teneur en protéines est ensuite exprimée en pourcentage, rapportée à la matière sèche.

Expression du résultat

$$P = (v_1 - v_0) \times T \times 14 \times 100 / m \times D \times 1000 \times 6,25$$

Soit :

- ✓ **(m)** : la masse de la prise d'essai en grammes
- ✓ **(V₁)** : volume (ml) d'acide chlorhydrique utilisé dans le titrage de l'échantillon
- ✓ **(V₀)** : volume (ml) d'acide chlorhydrique utilisé dans l'essai à blanc
- ✓ **(T)** : normalité de l'acide chlorhydrique utilisé
- ✓ **14** : indice d'azote
- ✓ **6,25** : facteur de conversion

3.2. Teneur en glucides

Méthode du phénol-acide sulfurique (**Dubois et al., 1956**)

• Principe

En milieu acide et chaud, le glucose se transforme en hydroxyméthylfurfural, qui forme un complexe vert avec le phénol. Ce complexe présente une absorbance maximale à 490 nm.

❖ Cas de spiruline

- Peser 0,1 g de l'échantillon et ajouter 5 ml d'acide chlorhydrique (HCl) à 2,5 N.
- Hydrolyser le mélange dans un bain-marie réglé à 100°C pendant 3 heures.
- Refroidir le mélange à température ambiante.
- Neutraliser avec du carbonate de sodium solide jusqu'à cessation de l'effervescence.
- Filtrer la solution si nécessaire et compléter à 100 ml avec de l'eau distillée.

- Prélever 0,3 ml de cette solution dans un tube à essai et compléter le volume de chaque tube à 1 ml avec de l'eau distillée.
- Ajouter 1 ml d'une solution de phénol à 5%, agiter, puis verser 5 ml d'acide sulfurique concentré (96%) et agiter à nouveau.
- Préparer un blanc de la même manière avec 1 ml d'eau distillée.
- Laisser reposer pendant 10 minutes, puis mettre les tubes à essai au bain-marie à une température entre 25-30°C pendant 20 minutes.
- Après refroidissement, lire la densité optique à 490 nm par rapport au blanc de référence.

Pour préparer la courbe d'étalonnage

- À partir d'une solution mère de glucose à 0,1%, prélever 10 ml et les introduire dans une fiole que l'on complète à 100 ml avec de l'eau distillée.
- De cette solution fille, prélever 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 et 1 ml présentant respectivement des quantités de 20; 40; 60; 80 et 100 µg de sucres dans des tubes à essai, puis ajuster à 1 ml avec de l'eau distillée.
- Ajouter 1 ml de la solution de phénol à 5% et 5 ml d'acide sulfurique concentré (96%) dans les mêmes conditions opératoires utilisées pour l'échantillon.
- Déterminer la concentration en sucres en se référant à une courbe étalon.

La teneur en glucides totaux, rapportée à la matière sèche, est donnée par la formule suivante:

$$GT\% = X/0.1 \times 100 \times (100/100 - H)$$

Soit :

- ✓ **(GT)** : Taux des glucides (en pourcentage)
- ✓ **(X)** : Absorbance de 0,1 ml de la solution à analyser
- ✓ **(H)** : Humidité de l'échantillon

❖ Cas de sirop de datte et le mélange

- Pour extraire les sucres, peser 10 g d'échantillon et les mettre dans un bécher de 250 ml. Ajouter 90 ml d'eau distillée. L'extraction se fait dans un bain-marie pendant 30 minutes à 100 °C. Filtrer la solution à travers un entonnoir et compléter jusqu'à 100 ml avec de l'eau distillée.

- Pour clarifier, ajouter 10 ml d'acétate de plomb à 10% dans chaque bécher pour la destruction des protéines. Agiter jusqu'à l'apparition d'un précipité qui se sédimente au fond. Filtrer la solution obtenue.
- Éliminer l'acétate de plomb en ajoutant 1 g de Na₂CO₃ pour précipiter l'acétate de plomb. Filtrer la solution afin d'éliminer le précipité de plomb.
- Diluer la solution jusqu'à 1/1000.
- Préparer la gamme d'étalonnage comme mentionné précédemment.
- Ajouter à 2 ml de la solution à analyser et à la gamme d'étalonnage 0,1 ml de phénol et 3 ml d'acide sulfurique concentré. Laisser réagir pendant 10 minutes, puis placer les échantillons dans un bain-marie à une température entre 25-30°C pendant 20 minutes.
- Lire l'absorbance dans un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 490 nm.
- Déterminer le taux de sucres en se référant à la courbe d'étalonnage et en appliquant la formule suivante :

$$S\% = x.D. V/10^5. P * 100$$

Soit

- ✓ (S%) : le pourcentage des sucres totaux
- ✓ (V) : le volume de solution d'extraction
- ✓ (D) : la dilution de la solution mère
- ✓ (X) : la concentration de l'échantillon
- ✓ (P) : le poids en (g) de la prise d'essai

3.3. Dosage des lipides

Méthode de Soxhlet (NF V 03-905)

- **Principe**

La détermination des matières grasses est réalisée dans cette manipulation selon la méthode d'extraction par le Soxhlet en utilisant l'éther de pétrole comme solvant.

- **Mode opératoire**

- Peser le ballon vide et sec.
- Peser 2-5 g de l'échantillon et les placer dans la cartouche.
- Remplir le ballon avec environ 250 ml d'éther de pétrole.
- Poser le ballon sur le chauffe-ballon réglé à 60°C.

- Ajuster le Soxhlet sur le ballon.
- Mettre le réfrigérant en marche en même temps que le chauffe-ballon.
- Extraire pendant 6 heures pour obtenir une extraction maximale et un résultat précis.
- Concentrer l'éther par un rotavapeur.
- Sécher l'extrait à l'étuve à moins 100°C pendant 1 à 2 heures.
- Refroidir dans un dessiccateur et peser. Poursuivre la dessiccation jusqu'à obtention d'un poids constant.

L'expression des résultats

$$MG\% = \frac{B_p - B_v}{p} * 100 * (100/100 - H)$$

Soit

- ✓ (MG) : Taux de matière grasse, exprimé en pourcentage (%), en masse
- ✓ (B_p) : Masse, en grammes, du ballon plein (après extraction)
- ✓ (B_v) : Masse, en grammes, du ballon vide
- ✓ (P) : Masse, en grammes, de la prise d'essai initiale
- ✓ (H) : Humidité de l'échantillon

4. Analyse physico-chimique

Pour contrôler la qualité des échantillons, des mesures de pH, d'humidité et de cendres sont effectuées.

4.1. Taux en cendres (NF V 05-113, 1972)

• Principe

La détermination du taux de cendres selon la méthode décrite consiste à calciner l'échantillon à 550 °C dans un four à moufle jusqu'à obtention de cendres blanchâtres de poids constant. Les cendres représentent le résidu obtenu après incinération d'un produit, généralement exprimé en pourcentage en masse par rapport à la matière sèche. Cette mesure fournit une indication sur la quantité de matière minérale contenue dans le produit.

• Mode opératoire

- Peser les nacelles vides.
- Peser quelques grammes de l'échantillon dans une nacelle tarée.
- Placer les nacelles et leurs contenus dans le four à 550 °C pendant 5 à 6 heures jusqu'à l'obtention d'une couleur gris clair ou blanchâtre.

- Après refroidissement, retirer les nacelles et peser rapidement en raison du caractère hygroscopique des cendres.

Le taux de cendres, exprimé en pourcentage en masse, est donné par la formule suivante :

$$C\% = \frac{m_3 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100 \times (100 / 100 - H)$$

Soit :

- ✓ (C) : Taux de cendres, exprimé en pourcentage (%) en masse
- ✓ (M₀) : Masse, en grammes, du creuset vide
- ✓ (M₁) : Masse, en grammes, du creuset et de la prise d'essai
- ✓ (M₃) : Masse, en grammes, du creuset et son contenu (cendres) après incinération
- ✓ (H) : Humidité, en pourcentage, de l'échantillon

4.2. pH (NF V 05- 108, 1970)

- **Principe**

La détermination en unité pH est basée sur la mesure de la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre plongées dans une solution aqueuse.

- **Mode opératoire**

Le pH est déterminé sur une solution de spiruline à 4% (4 g de poudre de spiruline diluée dans 100 ml d'eau distillée) à l'aide d'un pH-mètre préalablement étalonné. De même, le pH du sirop et du mélange est déterminé à l'aide d'un pH-mètre préalablement étalonné, en plongeant les électrodes dans la solution. Les résultats représentent la moyenne de trois répétitions.

4.3. Humidité (NF V 05-108,1970)

- **Principe**

L'humidité est obtenue par dessiccation d'une prise d'essai d'un produit dans une étuve à 105°C pendant 24 heures, jusqu'à obtention d'un poids constant.

- **Mode opératoire**

- Peser les boîtes de Pétri vides à l'aide d'une balance analytique, puis peser les boîtes avec l'échantillon.
- Mettre les boîtes dans une étuve. Après un jour, sortir les boîtes et les placer dans un dessiccateur pendant 7 minutes pour éviter l'absorption d'eau atmosphérique.

- Peser à nouveau les boîtes avec l'échantillon séché.
- Répéter ces étapes trois fois pour obtenir des résultats précis.

Expression des résultats

$$H\% = m_1 - m_2 / P \times 100$$

Soit

- ✓ (H %) : humidité
- ✓ (M1) : masse de la capsule + matière fraîche avant étuvage
- ✓ (M2) : masse de la capsule + matière fraîche après étuvage
- ✓ (P) : masse de la prise d'essai

La matière sèche est exprimée par la formule suivante :

$$\text{Matière sèche \%} = 100 - H\%$$

5. Analyse microbiologique

Pour garantir la sécurité et la qualité sanitaire des échantillons et du produit final, ainsi que pour s'assurer qu'ils ne présentent aucun danger pour la consommation, il est nécessaire de procéder à des évaluations approfondies de l'hygiène. Cela implique d'effectuer des analyses microbiologiques rigoureuses pour détecter la présence de micro-organismes pathogènes, de bactéries, de levures et de moisissures. Ces tests sont essentiels pour évaluer la propreté et l'innocuité du processus de fabrication. En suivant des normes et des protocoles stricts, nous pouvons nous assurer que les produits alimentaires sont conformes aux réglementations sanitaires et sont sûrs pour une consommation humaine sans risque.

Pour la préparation des échantillons, les normes à suivre sont **l'AFNOR NF 08 010 de Mars 1996 et l'ISO 6 887 de 1999**

- Les dilutions doivent être effectuées dans des conditions aseptiques pour éviter toute contamination.
- Lors de l'ensemencement, il est recommandé de commencer par la dilution la plus forte, c'est-à-dire 10⁻³, afin de ne pas changer de pipettes et de maintenir l'asepsie.
- Entre la préparation de la suspension, des dilutions et la mise en culture, il ne doit pas s'écouler plus de 45 minutes pour éviter toute altération des échantillons et garantir des résultats fiables.

- **Pour obtenir la suspension mère**
- ✓ **Dans le cas de la spiruline** : mélanger 1 g de spiruline avec 10 ml de TSE (Tryptone Sel Eau).
- ✓ **Dans le cas du sirop et du mélange** : mélanger 1 ml du sirop ou du mélange avec 9 ml de TSE.
- **Obtention des dilutions**
- ✓ Prélever aseptiquement 1 ml de la suspension mère à l'aide d'une pipette graduée stérile de 1 ml munie d'une poire à aspiration. Assurer l'homogénéisation du prélèvement en aspirant et en refoulant 3 fois.
- ✓ Transférer aseptiquement le 1 ml prélevé dans le 1er tube (10-1). La pipette ne devrait pas pénétrer dans les 9 ml du diluant, qui est le TSE.
- ✓ À l'aide d'une 2ème pipette stérile de 1 ml, procéder de même du tube 10-1 au tube 10-2, jusqu'à la dilution 10-3.

5.1. Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (GAMT) (AFNOR, NF 08-051, 1991)

- **Mode opératoire**
 - À partir des dilutions décimales 10-3 à 10-1, prélever 1 ml de chaque dilution et le placer dans deux boîtes de Pétri.
 - Ajouter environ 20 ml de gélose PCA (gélose glucosée à l'extrait de levure "Plate Count Agar") fondue et refroidie à $45 \pm 1^\circ\text{C}$ dans chaque boîte de Pétri.
 - Effectuer des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de huit pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose utilisée. Laisser solidifier sur la paillasse.
 - Rajouter une deuxième couche de la même gélose pour éviter les contaminations.
 - Incuber les boîtes avec les couvercles en bas à 30°C pendant 72 heures.
 - Effectuer la lecture de chaque boîte chaque jour.
 - Les colonies des germes aérobies mésophiles totaux (GAMT) se présentent sous forme lenticulaire en masse.
 - Pour le dénombrement, compter toutes les colonies présentes sur les boîtes, en tenant compte du facteur suivant : ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies.

Expression des résultats

$$N = C \times \text{inverse de la dilution}$$

Soit

- ✓ (N) : Nombre de micro-organismes par gramme de produit analysé.
- ✓ (C) : Nombre de colonies de chaque boîte.

5.2. Dénombrement des spores d'anaérobies sulfitoréducteurs (AFNOR NF 08-061, 1994)

• Principe

La méthodologie proposée permet la destruction des formes végétatives et le dénombrement des seules spores ayant résisté au traitement thermique. Les microorganismes anaérobies sulfitoréducteurs ont la capacité de sporuler et peuvent se développer en conditions d'anaérobiose, en manifestant des propriétés sulfitoréductrices. Le milieu viande foie (VF) contient de l'amidon, qui favorise la germination des spores, ainsi que du sulfite, qui est réduit en sulfure. Ce dernier précipite avec les ions ferriques, formant ainsi un précipité noir. En plus de la thermorésistance des spores, la sélection est basée sur la culture en anaérobiose stricte (Guiraud, 1998).

• Mode opératoire

- Faire fondre un flacon de gélose viande foie (VF), puis laisser refroidir à 45°C.
- Ajouter une ampoule d'alun de fer et une ampoule de sulfite de sodium. Mélanger soigneusement et aseptiquement.
- Maintenir le milieu dans une étuve ou au bain-marie à 45°C jusqu'au moment de l'utilisation.
- Porter aseptiquement 2 ml de chaque dilution (10-1 et 10-2) en double dans deux tubes à vis stériles de 16 mm de diamètre.
- Les tubes contenant les dilutions 10-1 et 10-2 seront soumis, d'abord à un chauffage à 80°C pendant 8 à 10 minutes, puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet, dans le but d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporulées.
- Ajouter environ 15 ml de gélose viande foie prête à l'emploi dans chaque tube.
- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes. Ces tubes seront incubés à 37°C pendant 16, 24 ou au plus tard 48 heures.

La première lecture doit se faire impérativement à 16 heures car :

- Les colonies de Clostridium Sulfitoréducteurs peuvent être envahissantes, ce qui rendrait le tube complètement noir, rendant l'interprétation difficile voire impossible, nécessitant ainsi une nouvelle analyse.
- Il est crucial de repérer toute colonie noire ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieur à 0,5 mm.
- Dans le cas où il n'y a pas de colonie caractéristique, ré-incuber les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24 heures, voire 48 heures.

5.3. Dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux (NF 08-060 (1996) /ISO 72185)

• Mode opératoire

- À partir des dilutions décimales allant de 10⁻³ à 10⁻¹, porter aseptiquement 1 ml dans deux boîtes de Pétri vides.
- Remplir chaque boîte avec environ 20 ml de gélose VRBL (gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre), fondue puis refroidie à 45 °C.
- Faire des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de bien se mélanger à la gélose utilisée.
- Une série de boîtes sera incubée à 37°C pendant 24 à 48 h pour la recherche de coliformes totaux.
- L'autre série sera incubée à 44 °C pendant 24 à 48 h pour la recherche de coliformes fécaux.
- Que ce soit à 37 ou à 44 °C, les premières lectures se feront au bout de 24 h et consistent à repérer les petites colonies rouges ayant poussé en masse mais fluorescentes.

Lecture et dénombrement

- Compter toutes les colonies ayant poussé sur les boîtes, en tenant compte des facteurs de dilution. Les colonies apparaissent rouges à violettes de 0,5 à 1 mm entourées d'un halo de précipité des sels biliaires.
- Ne dénombrer que les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies.
- Toujours multiplier le nombre trouvé par l'inverse de sa dilution. Il est impossible de trouver plus de coliformes fécaux que de coliformes totaux.

5.4. Recherche et dénombrement des levures et moisissures (AFNOR NF ISO7954, 1987)

- **Principe**

L'isolement des champignons peut être réalisé en utilisant un milieu sélectif doté de propriétés antibactériennes tel que le milieu OGA (Gélose glucosée à l'oxytétracycline) ou le milieu sabouraud.

- **Mode opératoire**

- Faire fondre le milieu de base ou le milieu sabouraud et le refroidir à 45°C.
- Ajouter 1 ml de la solution d'Oxytétracycline à 10 ml du milieu de base.
- Bien mélanger et couler le mélange dans des boîtes de Pétri.
- Laisser solidifier sur la paillasse avec le couvercle fermé.
- Transférer à l'aide d'une pipette de 1 ml, à la surface de 3 boîtes de Pétri contenant la gélose OGA ou sabouraud, 4 gouttes de la prise d'essai.
- Répartir sur toute la surface à l'aide d'un râteau stérile.
- Incuber les boîtes retournées (couvercle en bas) pendant 5 jours à 20-25°C.

5.5. Recherche de *Staphylococcus aureus* (NF V 08-057-1 ,2004)

- Faire fondre un flacon de milieu Chapman et le refroidir à 45°C.
- Couler le milieu dans des boîtes de Pétri.
- Laisser solidifier sur la paillasse avec le couvercle fermé.
- Transférer à l'aide d'une pipette 1 ml de chaque dilution 10⁻¹ et 10⁻³ à la surface de 6 boîtes de Pétri.
- Répartir sur toute la surface à l'aide d'un râteau stérile.
- Incuber les boîtes retournées (couvercle en bas) pendant 24 à 48 heures à 37°C.
- Après ce délai, repérer les colonies suspectes, à savoir les colonies de taille moyenne, lisses, brillantes et pigmentées en jaune.

5.6. Valeur énergétique

L'équation utilisée pour déterminer la valeur énergétique des matières premières et du produit final est la suivante :

$$\text{Valeur énergétique en Kcal} = 4 \text{ glucides} + 4 \text{ protéines} + 9 \text{ lipides}$$

6. Analyse sensoriel

L'évaluation des propriétés organoleptiques d'un produit implique l'examen de ses caractéristiques sensorielles à travers les cinq sens humains. Cette approche permet d'analyser les

qualités gustatives, olfactives, visuelles, tactiles et auditives d'un produit, en utilisant l'homme comme instrument de mesure.

A. Principe de dégustation des produits alimentaires

L'évaluation sensorielle, qu'elle soit utilisée dans le cadre du contrôle qualité ou de la recherche, implique des examens réalisés dans des conditions précises et se divise généralement en trois catégories principales : la comparaison, la sélection et l'appréciation. Ces évaluations reposent sur des séries de tests. Étant donné qu'il est difficile de se fier uniquement à l'opinion d'une seule personne, il est recommandé de regrouper les avis de plusieurs dégustateurs.

B. Teste utilisé

Trois types de tests axés sur les consommateurs sont généralement utilisés pour évaluer les produits :

- **Test de préférence** : Ce test permet aux consommateurs de choisir entre deux échantillons et de déterminer celui qu'ils préfèrent.
- **Test hédonique** : Ce test vise à mesurer le degré d'appréciation d'un produit. Les échantillons sont présentés aux dégustateurs qui doivent choisir la catégorie correspondant à leur niveau d'appréciation, allant de mauvais à excellent.
- **Test d'acceptation** : Ce test demande aux dégustateurs d'indiquer dans quelle mesure ils apprécient le produit. Ils doivent exprimer leur niveau d'acceptation ou de préférence pour le produit.

Ces tests sont généralement menés auprès d'un échantillon représentatif de consommateurs, souvent plusieurs dizaines (dans cette expérimentation on utilise 100 personnes), qui appartiennent à la tranche cible de consommateurs.

C. Objectifs de teste

Dans ce processus, les dégustateurs non experts sont invités à participer à une comparaison sensorielle entre les deux préparations en utilisant le test de préférence pour choisir celle qu'ils préfèrent. En parallèle, le test hédonique est réalisé pour évaluer le degré d'appréciation des deux préparations et déterminer s'il existe une différence significative entre elles en termes de perception sensorielle.

D. Mise en œuvre de l'analyse sensorielle

Lors de l'organisation de l'analyse sensorielle, plusieurs éléments sont cruciaux à considérer

Les locaux et leur équipement : Cette étude se déroule dans tous les campus de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued. Elle comprend un test de dégustation impliquant les étudiants, pour lequel un échantillon aléatoire a été choisi parmi toutes les années d'études. Les lieux sont lumineux, bien aérés et éclairés. La salle est équipée de tables et de chaises disposées en forme de U (Figure 00)



Figure 17: lieu de dégustation

La présentation des échantillons

Chaque poste est muni de figure

- ✓ Les deux préparations de sirop enrichies par la spiruline.
- ✓ Des serviettes en papier.
- ✓ Des verres de montre.
- ✓ De l'eau minérale.
- ✓ Des spatules identifiées par des étiquettes colorées.
- ✓ Des gobelets blancs jetables.
- ✓ Des copies du questionnaire en annexe.



Figure18 : présentation des échantillons et le matériel utilisé

Afin de favoriser la concentration des dégustateurs et de limiter l'influence d'autres facteurs sur les résultats, les matériels utilisés doivent être propres, sans goût ni odeur préalablement perceptible, et sans décoration particulière. Les échantillons sont préparés fraîchement et conservés dans des boîtes en verre propres et stériles. Les échantillons sont exposés au moment de la dégustation afin d'éviter toute contamination ou altération de la qualité du produit. Ce dernier est présenté sur des spatules jetables munies d'une étiquette contenant un code composé de trois chiffres pour assurer l'anonymat.

Choix de dégustateurs

Lors des tests consommateurs, la sélection est effectuée de manière aléatoire et le panel est composé de 100 personnes d'âges différents.



Figure 19: les participants au teste de dégustation

Le déroulement de la séance

L'enquête s'est déroulée le jeudi 9 mai 2024, de 9h30 à 13h00. Les questionnaires ont été distribués aux étudiants de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université d'Oued. Nous avons commencé par expliquer aux dégustateurs comment évaluer les échantillons en remplissant un questionnaire. Les échantillons ont été présentés simultanément et chaque dégustateur a pris tout le temps nécessaire pour apprécier les préparations. De plus, de l'eau minérale était disponible après chaque dégustation pour éviter toute confusion entre les goûts des deux échantillons.

Les étapes du test

- ✓ **L'examen visuel :** Pour évaluer l'aspect des préparations sans les goûter ni les sentir.
- ✓ **L'examen olfactif :** L'odorat nous renseigne sur l'état et la comestibilité de l'aliment. Cette étape consiste à sentir les préparations.
- ✓ **L'examen gustatif :** En goûtant les préparations, il faut apprécier à la fois la texture et le goût. Cette étape permet de juger définitivement de l'acceptabilité ou non, et de comparer les deux échantillons.

Traitement des données

Le traitement des résultats obtenus a été effectué à l'aide d'un logiciel de traitement statistique excel

Chapitre 5 : Résultats et discussion

Résultats et discussion

1. Analyse physico-chimique

1.1. Contenu en protéines

Les résultats du dosage des protéines sont illustrés dans l'histogramme ci-dessous :

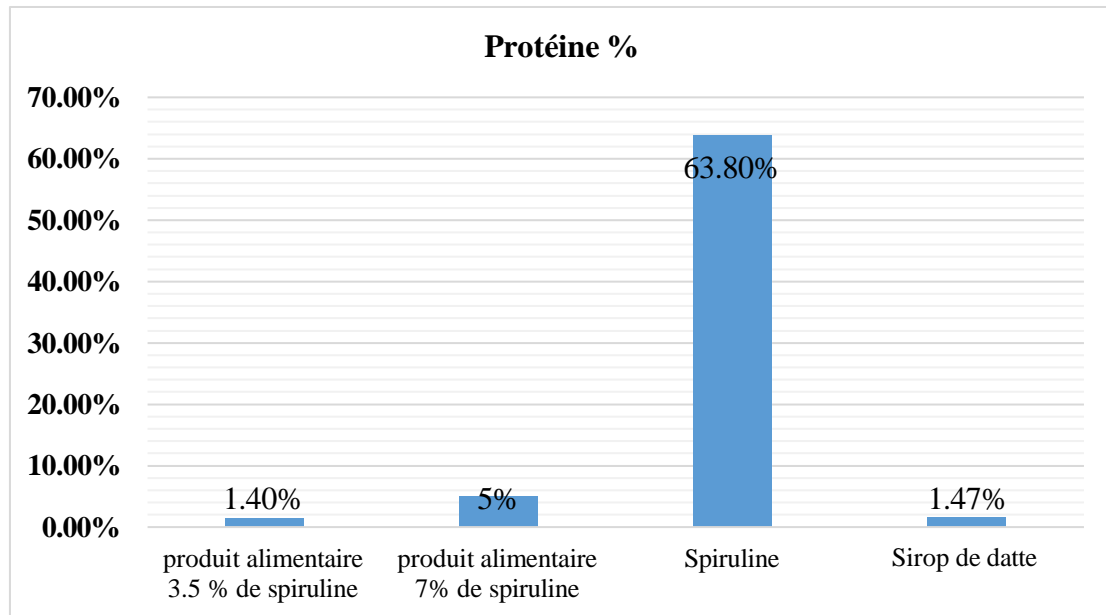


Figure 20: Représentation graphique de la teneur en protéines dans les produits alimentaires contenant de la spiruline (3,5% et 7%) et la Spiruline

Dans le schéma illustrant les niveaux de protéines dans le sirop de dattes et les produits alimentaires enrichis en spiruline à des doses de 3,5 % et 7 %, ainsi que la teneur en protéines de la spiruline pure, plusieurs observations se dégagent. La proportion de protéines dans l'échantillon alimentaire contenant 7 % de spiruline atteint 5 %, tandis que l'échantillon avec 3,5 % de spiruline présente une teneur en protéines de 1,4 %. En comparaison, la spiruline pure affiche une teneur en protéines de 63,80 %, et le sirop de dattes contient 1,47 % de protéines.

Discussion : Ces données démontrent l'impact significatif de l'ajout de spiruline sur la teneur en protéines des produits alimentaires.

La teneur en protéines de la spiruline, comme observé dans cette analyse, est en accord avec les conclusions d'autres études antérieures. Par exemple, les recherches menées par **Fleurence et Guéant (1999)** ont établi que la spiruline contient en moyenne 60 % de protéines, avec une plage variant entre 51 % et 71 % selon le stade physiologique et la période de récolte, et une digestibilité de 60 % chez l'être humain. Ces résultats rejoignent les conclusions d'autres chercheurs, notamment **Gutiérrez-Salmeán et al. (2015)** qui ont rapporté une teneur de 63 %, **Razafindrajaona et al. (2005)** avec 67,9 %, et les observations de **Benahmed (2012)** situant cette teneur entre 50 % et 71 %, en accord avec les normes de la FAO établies en 2008. Cette convergence de résultats met en évidence la fiabilité des données concernant la richesse en protéines de la spiruline, renforçant ainsi sa réputation en tant que source protéique hautement efficace et nutritive.

Une autre étude, menée par **Flaquet et Hurni (2006)**, a évalué le taux de protéines à 51,36 %. Ces résultats confirment les données précédemment citées dans la littérature pour *Arthrospira platensis*, qui varient entre 50 % et 70 %. Cependant, il convient de noter qu'une variation de 10 à 15 % du contenu en protéines est enregistrée en fonction du moment de la récolte et de la photopériode, les valeurs les plus élevées étant obtenues au début de la période lumineuse selon **l'AFAA (1982)**. Du point de vue qualitatif, les protéines de la spiruline sont complètes, car tous les acides aminés essentiels y sont présents, représentant 47 % du poids total des protéines selon **Bucaille (1990)**.

Selon **Zayas (2012)**, l'intégration de la spiruline dans les produits alimentaires vise principalement à enrichir leur contenu en protéines. Cependant, les protéines ont également un impact significatif sur l'acceptabilité des aliments en améliorant des aspects tels que la texture, la couleur et la durée de conservation. Ces effets bénéfiques sur les caractéristiques sensorielles des aliments sont attribuables aux propriétés fonctionnelles des protéines, résultant de leur structure complexe et variée.

Selon **Alves et Tavares (2019)**, la nature amphiphile des protéines leur confère la capacité d'interagir avec d'autres composants des aliments, ce qui a un impact significatif sur le goût et la texture des produits alimentaires. Par conséquent, l'utilisation des protéines dans l'industrie agroalimentaire est largement influencée par leurs propriétés fonctionnelles, comme l'ont souligné **Pereira et al. (2018)**. Ces propriétés ne sont pas seulement essentielles pour les processus

de fabrication, mais elles ont également un impact sur le choix du consommateur en influençant les propriétés sensorielles du produit final, comme l'ont mentionné **Lupatini Menegotto et al. (2019)**.

D'après **Lupatini et al (2016)**, les recommandations de consommation de la spiruline sont généralement de 1 g par jour, avec une augmentation progressive jusqu'à 5 g par jour. En fournissant environ 3 g de protéines, la spiruline représente environ 5 à 10 % des apports journaliers recommandés en protéines selon l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), qui recommande entre 50 g et 100 g de protéines par jour pour une consommation de 2000 kcal. Ainsi, cette micro-algue agit comme un complément alimentaire pour soutenir les apports en protéines provenant du reste de l'alimentation.

En effet, nos résultats montrent qu'il existe une corrélation entre l'augmentation de la proportion de spiruline dans un produit alimentaire et l'accroissement de sa teneur en protéines. Cela confirme que l'incorporation de la spiruline peut fournir une source abondante de protéines, ce qui est particulièrement avantageux pour les régimes nécessitant un apport protéique élevé.

1.2. Carbohydate

Les résultats de l'analyse des sucres dans les produits alimentaires contenant 3.5% et 7% de spiruline, ainsi que dans la spiruline pure, sont présentés sous forme d'histogramme :

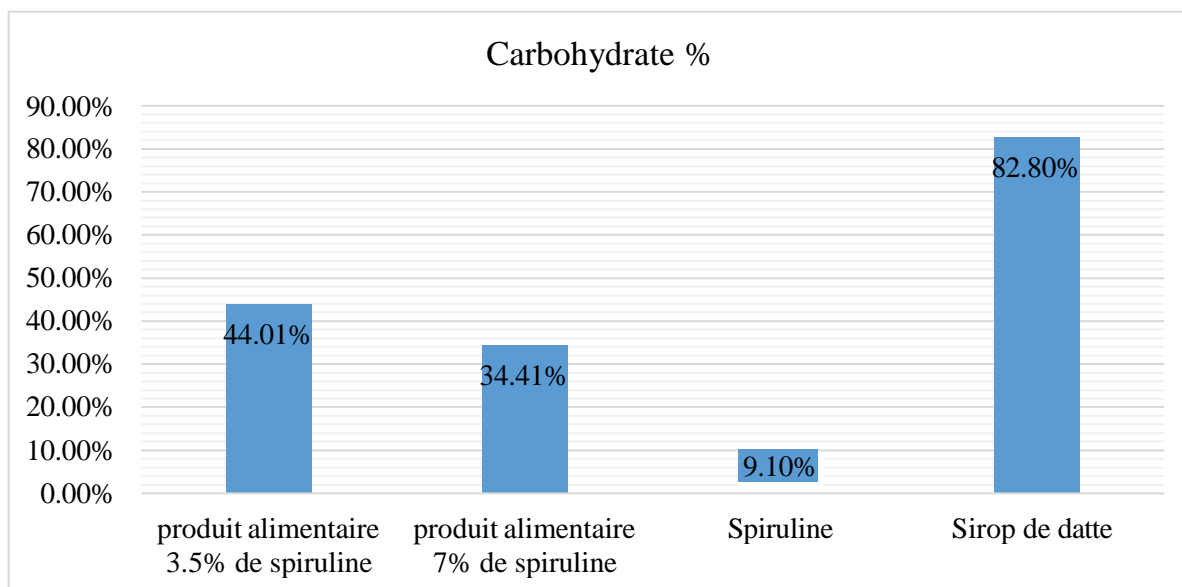


Figure 21 : Répartition des sucres dans les produits alimentaires contenant 3.5% et 7% de spiruline et dans la spiruline pure

D'après les graphiques, la teneur en sucre dans l'échantillon de produit alimentaire contenant 3,5 % de spiruline est de 44,01 %, tandis que celle dans l'échantillon contenant 7 % de spiruline est de 34,41 %. En comparaison, la spiruline pure contient 9,10 % de sucre, et le sirop de dattes en contient 82,80 %.

Discussion : Ces données montrent que l'ajout de spiruline réduit la teneur en sucre des produits alimentaires, offrant ainsi des options plus équilibrées en termes de macronutriments.

La spiruline contient entre 15 et 25 % de glucides sur sa matière sèche, avec une très faible proportion de glucides simples, ce qui est un avantage sur le plan diététique. Les polysaccharides de la spiruline offrent divers bénéfices thérapeutiques, notamment en stimulant les mécanismes de réparation de l'ADN, en ayant un effet radioprotecteur et en neutralisant les radicaux libres (**Christophe, 2010**).

D'après le résultat, la teneur en glucides totaux est de 9,10 %, ce qui est inférieur aux valeurs rapportées dans la littérature, qui varient de 15 à 25 % (**Falquet et Hurni, 2006**). Cette différence pourrait être due à une maîtrise insuffisante des conditions de la méthode de dosage utilisée.

L'augmentation de la température de cuisson et l'utilisation d'une grande quantité d'eau favorisent la diffusion d'une grande quantité de sucres vers l'extérieur de la datte. Ce résultat concorde avec les travaux de nombreux chercheurs, tels que **Mimouni (2011)** qui a trouvé une proportion de 70-84%, **Buelgudj (2015)** avec 74.24%, et **El-Eid (2006)** avec 81%.

Selon **Simpore et al., 2006** l'addition de la spiruline au sirop pourrait être à l'origine de l'augmentation de la teneur en sucres totaux du sirop de datte à 0,5 % spiruline. Les données bibliographiques indiquent à ce sujet que la spiruline renferme 19,59 % de sucres.

1.3. Analyse de la Teneur Lipidique

Les résultats de l'analyse de la teneur en lipides du sirop de datte, ainsi que des formulations contenant 7% et 3.5% de spiruline, et de la spiruline pure, sont illustrés dans l'histogramme suivant :

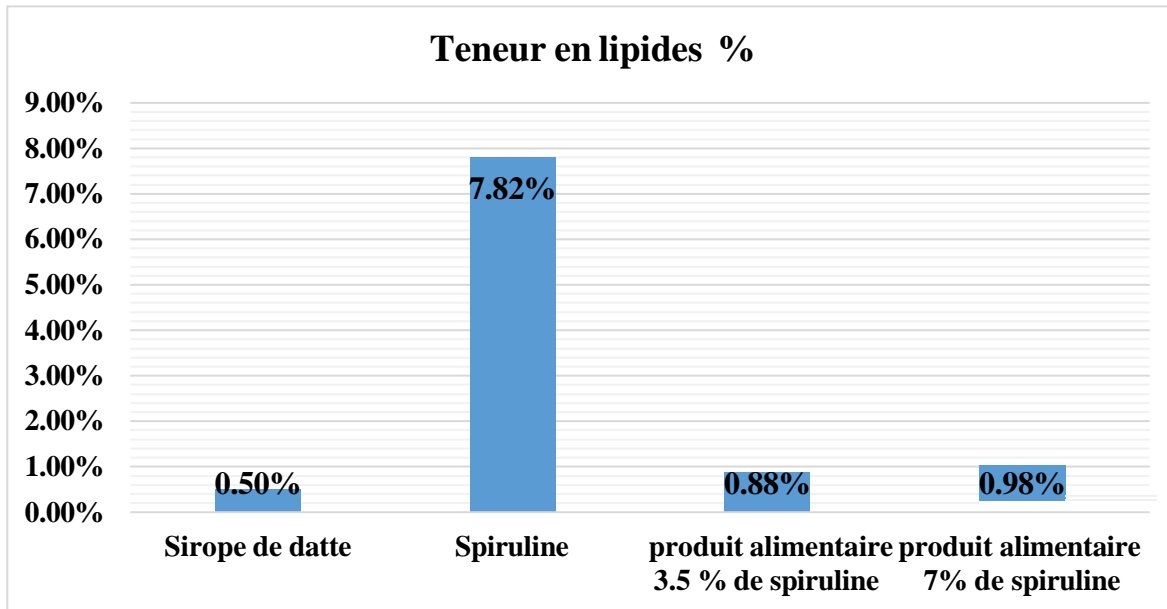


Figure 22 : Graphique illustrant la teneur en lipides du sirop de datte, ainsi que des formulations de 7% et 3.5 % de spiruline, et de la spiruline pure.

D'après les données des graphiques, il semble que la spiruline ait la plus haute teneur en lipides parmi les échantillons mentionnés, avec 7,82%. En comparaison, le sirop de datte a une teneur beaucoup plus faible en lipides, à seulement 0,50%. Cependant, les formulations contenant de la spiruline montrent une augmentation de la teneur en lipides par rapport à la spiruline pure. La formulation avec 7% de spiruline a une teneur en lipides de 0,98%, tandis que celle avec 3.5% de spiruline a une teneur légèrement inférieure, à 0,88%.

Discussion : Cela suggère que l'ajout de spiruline augmente la teneur en lipides dans les formulations correspondantes.

D'après la **FAO (2008)** la quantité de lipides contenue dans la spiruline se situe dans l'intervalle de 5-6%.

Selon **Reed et al., 1985**, la poudre de spiruline contient entre 1,5% et 12% de lipides, avec des proportions élevées d'acides gras insaturés et une prédominance de l'acide linoléique.

Cette valeur est proche de celle rapportée par **Razafindrajaona et al. (2005)**, qui est de 6,7 à 9 %, et est supérieure au résultat de Gutierrez-Salmeán et al. (2015), qui est de 4,3 %. Cependant, la spiruline présente une teneur en lipides de 6 % selon **Simporé et al. (2006)**. La variation de la quantité de lipides peut être expliquée par la méthode d'extraction utilisée ou par la souche de spiruline employée (**Seguera, 2008**).

La quantité de lipides est à l'état de traces dans le sirop de dattes. L'enrichissement du sirop de dattes avec de la spiruline dans les deux formulations se reflète par les valeurs élevées en lipides, comparativement au sirop de dattes sans spiruline.

1.4. Taux en cendres

Le taux de cendres, indiquant la quantité totale de sels minéraux dans les produits alimentaires contenant 3.5% et 7% de spiruline, ainsi que dans la spiruline pure et le sirop de datte, est présenté sous forme d'histogramme :

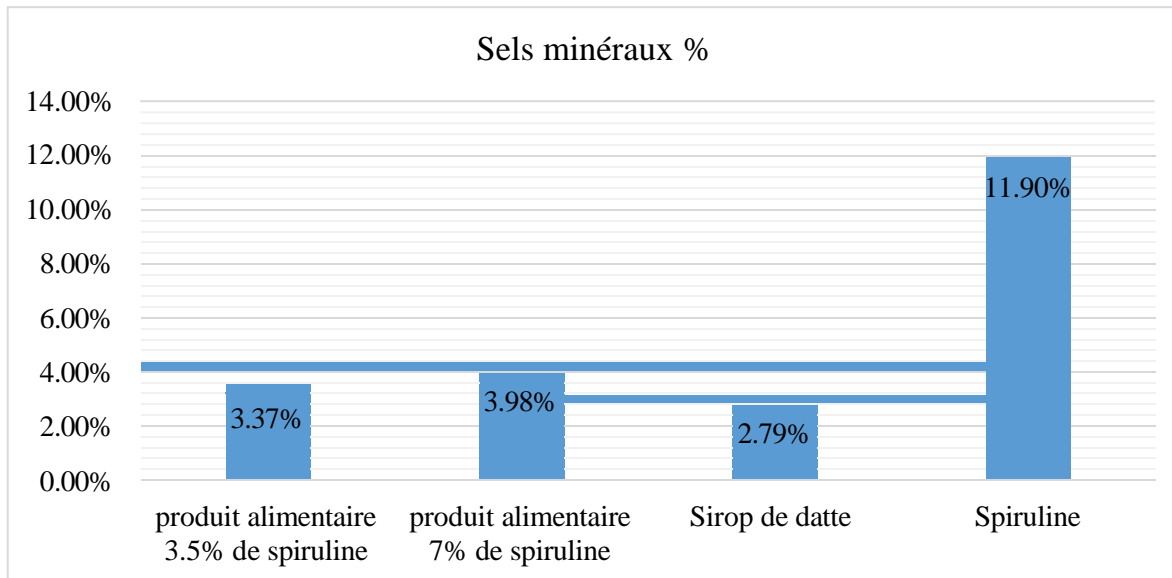


Figure 23: Graphique représentant la teneur en cendres dans les produits alimentaires contenant 3.5% et 7% de spiruline et de sirop de datte, ainsi que dans la spiruline pure.

D'après les graphes, le taux de cendres, qui représente la quantité de minéraux, varie selon les échantillons étudiés. Pour le sirop de dattes, le taux de cendres est de 2,79 %. Dans les produits alimentaires enrichis en spiruline, ce taux est de 3,37 % pour les échantillons contenant 3,5 % de spiruline et de 3,98 % pour ceux contenant 7 % de spiruline. La spiruline pure affiche un taux de cendres de 11,90 %.

Discussion : Ces résultats indiquent une augmentation de la teneur en minéraux proportionnelle à l'ajout de spiruline, soulignant ainsi l'enrichissement minéral que cette algue apporte aux produits alimentaires.

Dans cette étude, le sirop de dattes présente une teneur de 2,79 % en cendres, ce qui est similaire aux résultats obtenus par **Mimouni (2011)** qui varient de 1,50 % à 3,50 %, ainsi qu'à celui de 1,41 % rapporté par **Buelgudj (2015)** et de 1,82 % par **Benahmed (2012)**.

Le taux de cendres trouvé est d'environ 11,90 %. Cette valeur est similaire à celle rapportée par **Benhamed et al. (2010)** pour une variété de spiruline provenant du Burkina Faso, qui est d'environ 9,41 %, ainsi qu'à celle de la région de Toliara à Madagascar, qui est de 10,7 % selon **Razafindrajaona et al. (2006)**.

Ce résultat met en évidence que *l'Arthrospira platensis* utilisée dans l'étude est riche en éléments minéraux (cendres), ce qui confirme les données bibliographiques indiquant que la spiruline est abondante en éléments minéraux, notamment le calcium, le magnésium, le phosphore, le fer, le zinc et le potassium. Les trois premiers minéraux mentionnés sont présents dans la spiruline à des concentrations comparables à celles trouvées dans le lait. Ainsi, la spiruline peut être utilisée dans une alimentation pauvre en ces éléments pour corriger les carences (**Charpy et al., 2008**).

1.5. pH

Le résultat de l'analyse des produits alimentaires contenant 3.5 % et 7% de spiruline, ainsi que du sirop de datte et de la spiruline pure, est montré dans le diagramme suivant :

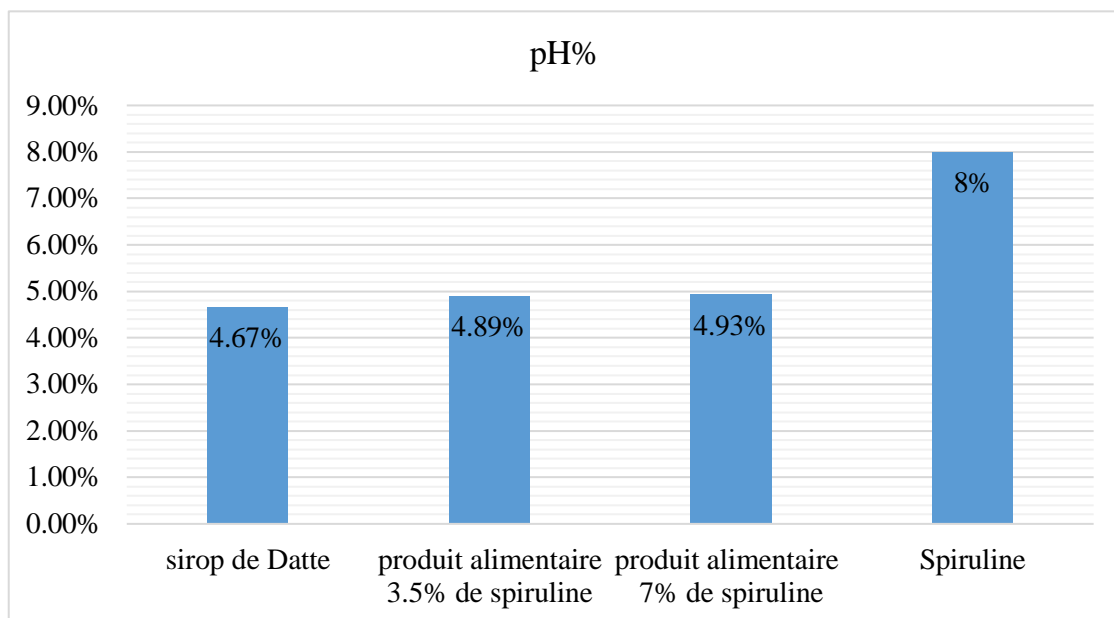


Figure 24: Graphique illustrant le pH dans les produits alimentaires contenant 3.5% et 7% de spiruline, ainsi que dans le sirop de datte et la spiruline pure.

Dans le graphique, on peut observer les valeurs de pH suivantes pour les différentes formulations et ingrédients : la formulation contenant 3,5 % de spiruline affiche un pH de 4,89, tandis que celle contenant 7 % de spiruline présente un pH de 4,93. En comparaison, le sirop de datte a une valeur de pH de 4,67 et la spiruline pure a un pH nettement plus élevé de 8,00.

Discussion : Ces valeurs montrent comment l'ajout de spiruline influence légèrement le pH des formulations, les rendant un peu plus alcalines par rapport au sirop de datte seul.

Notre spiruline est caractérisée par une alcalinité située dans l'intervalle de 7 à 9 selon **Fox (1999)**, et supérieure à celle trouvée par **Hamouda (2012)** et **Benahmed (2012)**, qui étaient respectivement de 7,44 et 6,81. Ce caractère est dû au milieu de culture, qui contient une forte teneur en bicarbonate de sodium nécessaire au développement de la spiruline.

Le sirop de dattes présente un pH acide de 4,67. Ce résultat est proche de ceux trouvés par **Mimouni (2006)** et **Belgudj (2015)**, qui étaient respectivement de 4,85 et 4,13. L'acidité du sirop de datte est un des facteurs qui le protège de l'altération par les microorganismes, qui ne tolèrent pas ce pH.

Concernant le pH des deux formulations préparées, la petite variation est due au pH basique de la spiruline, mais l'acidité du sirop enrichi reste proche de celle du sirop sans spiruline

1.6. Humidité

La teneur en eau des échantillons analysés, y compris les produits alimentaires contenant 3.5% et 7% de spiruline, ainsi que le sirop de datte et la spiruline pure, est illustrée dans l'histogramme:

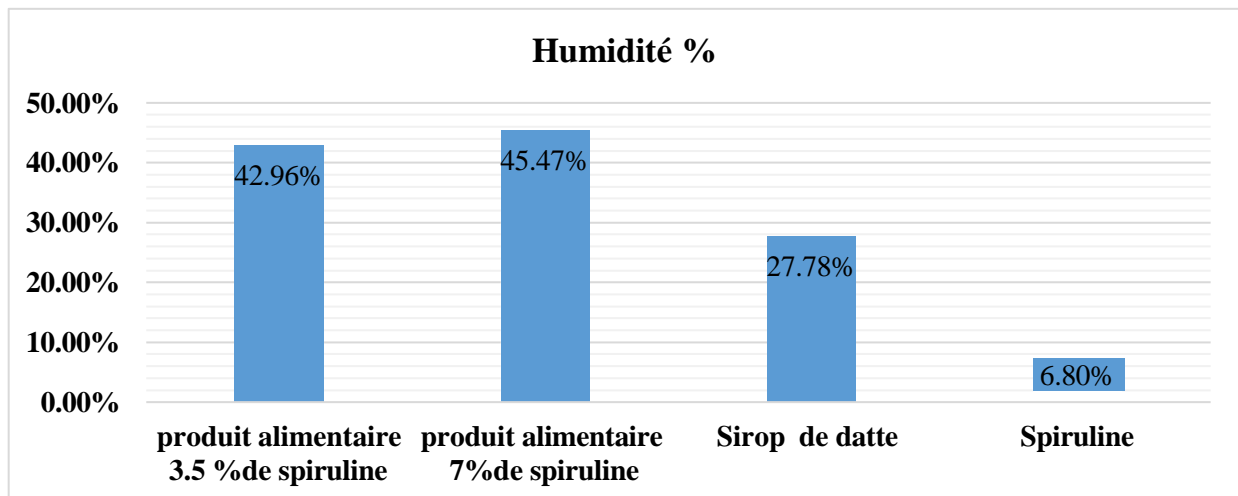


Figure25 : Graphique illustrant le taux d'humidité dans les produits alimentaires contenant 3.5% et 7% de spiruline, ainsi que dans le sirop de datte et la spiruline pure.

La quantité d'eau présente dans le sirop de dattes est de 27,78 %. Dans les produits alimentaires enrichis en spiruline, la teneur en eau varie selon le pourcentage de spiruline ajouté : les produits contenant 3,5 % de spiruline présentent une teneur en eau de 42,96 %, tandis que ceux contenant 7 % de spiruline montrent une teneur en eau de 45,47 %. En comparaison, la spiruline

pure a une teneur en eau de 6,80 %. Ces résultats illustrent comment l'ajout de spiruline modifie la teneur en eau des produits alimentaires, augmentant ainsi leur hydratation globale.

Le résultat de la teneur en eau du sirop de dattes trouvé dans cette étude est supérieur à celui donné par la bibliographie, qui est compris entre 15 et 25% selon **Bulgudj et al. (2015)**, **AlFarsi et al. (2006)**, et **Benhamed (2012)**. La modification de cette valeur est modulée par la durée de condensation lors de la préparation du sirop de dattes.

Discussion : Selon les résultats, le taux d'humidité est d'environ 6,80 %. Ce pourcentage est inférieur à celui rapporté par **Razafindrajaona et al. (2006)** pour *Spirulina platensis* Var. *Toliara*, qui est de 10,9 %. Cette différence démontre que le processus de séchage a été bien réalisé pour éviter toute altération microbienne de la poudre de la micro-algue, augmentant ainsi sa durée de conservation.

Des travaux réalisés par **Mimouni (2009)** rapportent des teneurs en eau du sirop provenant de la variété Degla Beida, oscillant entre 23% et 31,66%. Selon **Abdelfettah (1990)** et **Ibrahim et Khallil (1997)**, les sirops de dattes des variétés irakiennes et égyptiennes renfermaient des teneurs en eau comprises entre 15 et 25%.

En effet, l'humidité constitue le principal facteur favorisant le développement des micro-organismes (**Fernot et Vierling, 1997**). Cela permet de classer les sirops de dattes parmi les aliments à faible humidité, ce qui facilite grandement leur conservation.

La proximité des teneurs en eau dans les formulations de 7% et 3.5% pourrait être causée par une erreur de manipulation, ce qui devrait être vérifié dans les prochains travaux de recherche.

2. Analyse microbiologique

Le tableau 10 résume les résultats de l'analyse microbiologique :

Tableau 10: Résultats du contrôle de qualité microbiologique

paramètre	sirop de Datte	Produits alimentaires 7 % de S	Produits alimentaires avec 3.5 % de S	spiruline
Germes aérobies a 30 °C	Abs	100	Abs	5.5.10 ²
<i>Escherichia coli</i>	Abs		Abs	0
Staphylocoques a coagulase +	Abs	Abs	Abs	0
Salmonella	Abs	Abs	Abs	Abs
Anaérobie S/R		Abs	Abs	
Coliforme totaux		270	Abs	
levures et Moisissures		Abs	Abs	0

D'après le tableau on remarque

- ✓ **Sirop de Datte :** Les résultats montrent une absence totale de germes aérobies à 30 °C, d'*Escherichia coli*, de Staphylocoques à coagulase +, de *Salmonella*, et d'anaérobies sulfito-réducteurs dans le sirop de datte. L'absence de ces micro-organismes indique une bonne qualité microbiologique du sirop de dattes, répondant aux normes de sécurité alimentaire.
- ✓ **Produits alimentaires avec 7% de spiruline :** Les résultats montrent la présence de 100 unités de germes aérobies à 30 °C, indiquant une légère contamination aérobie, mais dans des limites qui peuvent être acceptables selon les normes spécifiques. L'absence d'*Escherichia coli*, de Staphylocoques à coagulase +, de *Salmonella*, et d'anaérobies sulfito-réducteurs est positive, indiquant une absence de pathogènes dangereux. Cependant, la présence de 270 unités de coliformes totaux est préoccupante, car ces bactéries sont des indicateurs de contamination fécale et d'hygiène insuffisante. L'absence de levures et moisissures est également un indicateur positif pour la stabilité et la sécurité microbiologique du produit.

- ✓ **Produits alimentaires avec 3.5% de spiruline :** Les résultats montrent une absence totale de germes aérobies à 30 °C, d'*Escherichia coli*, de Staphylocoques à coagulase +, de *Salmonella*, d'anaérobies sulfito-réducteurs, de coliformes totaux, ainsi que de levures et moisissures. Cela indique une excellente qualité microbiologique. Les produits alimentaires contenant 35 g de spiruline sont donc exempts de micro-organismes nuisibles, ce qui est favorable pour la consommation et la sécurité alimentaire.
- ✓ **Les analyses microbiologiques de la spiruline pure :** montrent une faible charge microbienne et l'absence de pathogènes critiques comme *Escherichia coli*, *Staphylococcus* à coagulase positive, *Salmonella*, anaérobies sulfito-réducteurs, coliformes totaux, levures et moisissures. Ces résultats indiquent que la spiruline a été bien séchée et stockée, garantissant sa sécurité alimentaire.

En conclusion, les échantillons de sirop de datte et les produits alimentaires contenant 3.5 % de spiruline montrent une excellente qualité microbiologique, sans présence de micro-organismes nuisibles. En revanche, les produits alimentaires avec 7% de spiruline présentent une légère contamination aérobie et une contamination par les coliformes totaux, ce qui nécessite une attention particulière pour améliorer les conditions d'hygiène et de traitement. Il est recommandé de revoir les processus de fabrication et de manipulation des produits alimentaires avec 7% de spiruline pour assurer une meilleure qualité microbiologique et répondre aux normes de sécurité alimentaire.

Les résultats microbiologiques de la spiruline montrent que le produit est de haute qualité et sûr pour la consommation. La faible charge en germes aérobies et l'absence de pathogènes critiques tels que *Salmonella*, *Escherichia coli* et *Staphylococcus* à coagulase positive confirment que les processus de production, de séchage et de stockage ont été rigoureusement contrôlés. Ces résultats soutiennent l'utilisation de la spiruline comme complément alimentaire sûr et bénéfique, riche en nutriments et dépourvu de contaminants microbiens dangereux.

2.1. Valeur énergétique

Les aliments fournissent de l'énergie grâce à leurs nutriments énergétiques tels que les glucides, les lipides et les protéines. Ces nutriments sont métabolisés par l'organisme pour produire de l'énergie, qui est essentielle pour le fonctionnement de nos cellules, de nos organes et de notre corps dans son ensemble.

La valeur énergétique de la spiruline et du sirop de datte peut varier en fonction de divers facteurs tels que la composition nutritionnelle et la quantité consommée. En général, la spiruline est reconnue pour être une source riche en protéines, vitamines et minéraux, tandis que le sirop de datte peut être plus riche en glucides, en particulier en sucres naturels.

Les valeurs énergétiques des nutriments sont mesurées à l'aide d'une bombe calorimétrique. Cette technique permet de déterminer la quantité totale d'énergie contenue dans un produit alimentaire, appelée également énergie brute. Elle est évaluée en fonction du nombre de calories fournies par la combustion complète d'un poids connu de la substance, ce qu'on appelle la valeur calorique (**Murat et al., 2009**).

Les analyses des échantillons ont permis de déterminer la valeur nutritionnelle des aliments, notamment dans les produits alimentaires contenant 3.5% et 7% de spiruline, ainsi que dans le sirop de datte et la spiruline pure, en termes de macroéléments:

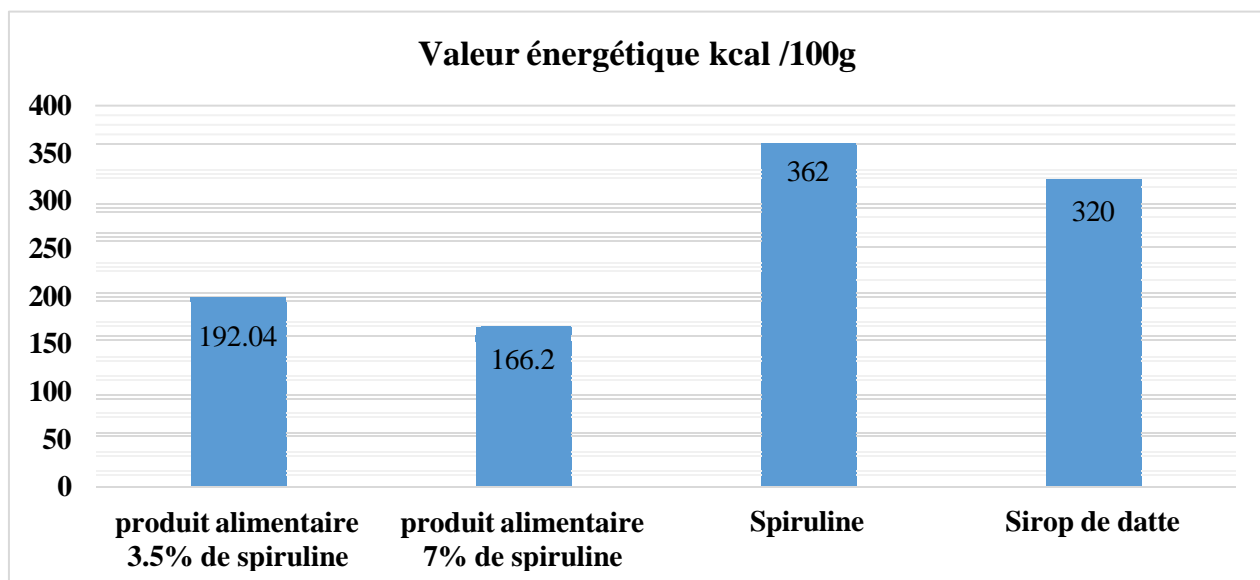


Figure 26: Graphique illustrant de la valeur énergétique des produits alimentaires contenant 3.5% et 7% de spiruline, ainsi que du sirop de datte et de la spiruline pure.

D'après les données fournies dans le graphique, il semble que la formulation à 3,5% a une valeur énergétique de 192 kcal, tandis que celle à 7% a une valeur énergétique de 166,2 kcal. En comparaison, le sirop de datte semble avoir une valeur énergétique plus élevée, à 320 kcal, tandis que la spiruline pure a une valeur énergétique encore plus élevée, à 362 kcal.

Discussion : Cela suggère que les formulations à base de sirop de datte et de spiruline pure sont plus riches en calories que les formulations à base de pourcentages inférieurs de ces ingrédients.

Notre résultat est inférieur à celui trouvé par **Razafindrajaona et al. (2006)** pour *Spirulina platensis* Var. *Toliara*, qui est de $397,3 \pm 41,6$ kcal/100g.

Il est possible que dans nos résultats, la valeur énergétique contenue dans l'échantillon de 7% soit supérieure à celle de 3.5% en raison d'un mélange d'échantillons en laboratoire ou d'une erreur de notre part.

2. Analyse sensoriel

Selon **Baccini (2010)**, l'analyse factorielle des correspondances vise à condenser l'information initiale en un nombre réduit de dimensions, en se concentrant non pas sur les valeurs absolues, mais sur les correspondances entre les variables, c'est-à-dire sur les valeurs relatives. Cette réduction est particulièrement utile lorsque le nombre de dimensions initiales est élevé. Le regroupement des choix des consommateurs selon les critères de goût, aspect, odeur et texture a été analysé et interprété à l'aide du logiciel "excel", qui permet de rechercher la meilleure représentation de deux ensembles : les choix des consommateurs et les aspects organoleptiques du produit.

Les propriétés organoleptiques du sirop de datte enrichi en spiruline peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs, notamment la concentration de spiruline ajoutée, les caractéristiques sensorielles naturelles du sirop de datte et la méthode de préparation.

- ✓ **Couleur :** L'ajout de spiruline peut influencer la couleur du sirop de datte, lui donnant une teinte verte ou verte foncée en fonction de la quantité de spiruline utilisée.
- ✓ **Goût :** La spiruline a un goût distinctif qui peut être décrit comme légèrement terreux ou algue. L'ajout de spiruline peut donc modifier le goût du sirop de datte, lui donnant des notes légèrement herbacées ou marines.
- ✓ **Texture :** La texture du sirop de datte peut être influencée par l'ajout de spiruline, surtout si elle est ajoutée sous forme de poudre. Cela pourrait entraîner une texture légèrement granuleuse ou une sensation en bouche différente.

- ✓ **Odeur** : La spiruline peut avoir une odeur distincte qui peut être perçue dans le sirop de datte enrichi. Cependant, l'odeur spécifique dépendra également des autres arômes présents dans le sirop de datte.
- ✓ **Aspect visuel** : En plus de la couleur, d'autres aspects visuels tels que la transparence ou l'opacité du sirop peuvent être affectés par l'ajout de spiruline.

L'ajout de spiruline au sirop de datte peut modifier ses propriétés organoleptiques, en lui donnant une couleur, un goût, une texture et une odeur différents. Ces changements peuvent être perçus de manière subjective par les consommateurs et peuvent influencer leur acceptabilité du produit final.

D'après les graphiques de figure présentant les résultats d'une évaluation sensorielle de deux échantillons :

A. En ce qui concerne le premier échantillon (Produit alimentaire enrichi 7% de spiruline)

Les évaluations pour chaque critère sont classées en cinq catégories : Excellent, Bon, Moyen, Acceptable et Mauvais.

- **Pour le goût**, le premier échantillon a été largement apprécié, avec la majorité des évaluations se situant dans les catégories "Excellent" et "Bon" (70 sur 100). Très peu de participants l'ont trouvé "Mauvais" (2 sur 100), ce qui indique une satisfaction générale élevée concernant ce critère.
- **En ce qui concerne l'aspect**, les avis sont plus variés. Bien que 44 participants l'aient jugé "Excellent" ou "Bon", une proportion notable l'a trouvé "Moyen" (25) ou pire (31 participants l'ont jugé "Acceptable" ou "Mauvais"). Cela montre une division d'opinion sur l'apparence du produit.
- **L'odeur a été bien reçue**, avec la majorité des participants la classant comme "Bon" (45) ou "Excellent" (15). Aucun participant n'a jugé l'odeur "Mauvaise", ce qui est un point fort de cet échantillon.
- **Quant à la texture**, elle a reçu des avis partagés. Bien que 50 participants l'aient jugée "Excellent" ou "Bon", un nombre significatif l'a trouvée "Moyenne" (26) ou "Acceptable" (15), et 9 l'ont jugée "Mauvaise". Cela suggère que la texture pourrait être améliorée pour satisfaire une plus grande proportion de consommateurs.

Globalement, le premier échantillon a été bien reçu, en particulier pour le goût et l'odeur, qui ont obtenu des notes majoritairement positives. Cependant, l'aspect et la texture ont suscité des avis plus partagés, ce qui indique des domaines potentiels d'amélioration. En se concentrant sur ces aspects, il est possible d'augmenter encore plus l'acceptation globale du produit.

B. Pour sensorielle du deuxième échantillon (Produit alimentaire enrichi 3.5% de spiruline)

- **Pour le goût**, le deuxième échantillon a été largement apprécié, avec une majorité d'évaluations se situant dans les catégories "Excellent" (28) et "Bon" (40), soit un total de 68 évaluations positives sur 100. Un petit nombre de participants l'ont trouvé "Mauvais" (4), ce qui indique une satisfaction générale élevée, mais légèrement inférieure à celle du premier échantillon en termes de notes négatives.
- **Concernant l'aspect**, les avis sont variés. Bien que 39 participants l'aient jugé "Excellent" ou "Bon", un nombre similaire l'a trouvé "Moyen" (25) ou "Acceptable" (24). De plus, 12 participants l'ont jugé "Mauvais". Cela montre que l'apparence de cet échantillon est un aspect à améliorer pour augmenter son acceptabilité.
- **Pour l'odeur**, le deuxième échantillon a été bien reçu, avec une majorité de participants la classant comme "Bon" (45) ou "Excellent" (15), et aucun participant ne l'ayant jugée "Mauvaise". Cela constitue un point fort de cet échantillon, similaire au premier.
- **Quant à la texture**, elle a reçu des avis partagés. Bien que 55 participants l'aient jugée "Excellent" (19) ou "Bon" (36), un nombre notable l'a trouvée "Moyenne" (24) ou "Acceptable" (14), et 7 l'ont jugée "Mauvaise". Cela suggère que la texture pourrait encore être améliorée pour satisfaire une plus grande proportion de consommateurs.

En résumé, le deuxième échantillon a été globalement bien reçu, particulièrement pour le goût et l'odeur, qui ont obtenu des notes majoritairement positives. Cependant, l'aspect et la texture ont suscité des avis plus variés, indiquant des domaines potentiels d'amélioration. En se concentrant sur l'amélioration de ces aspects, il est possible d'augmenter encore l'acceptation globale du produit.

Les deux échantillons évalués présentent des résultats distincts en termes de goût, d'aspect, d'odeur et de texture.

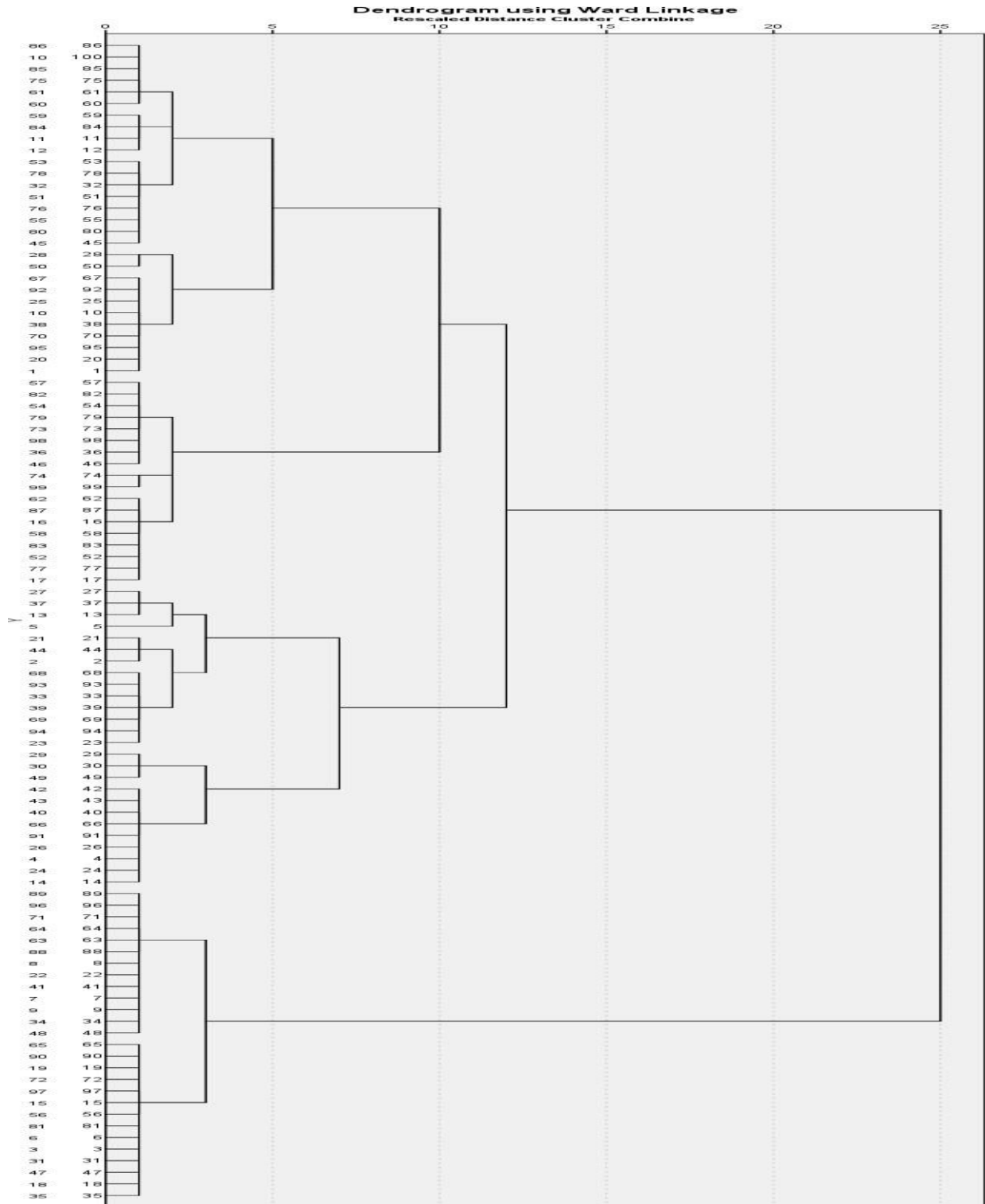


Figure 27: Classification ascendante hiérarchique d'enquêtee

Pour déterminer le meilleur échantillon, nous devons examiner les critères les plus importants et les scores globaux obtenus

- **Premier Échantillon (Produit alimentaire enrichi 7% de spiruline)**
 - ✓ **Goût:** 70% des évaluations sont "Excellent" ou "Bon" (23 + 47).
 - ✓ **Aspect:** 44% des évaluations sont "Excellent" ou "Bon" (18 + 26).
 - ✓ **Odeur:** 60% des évaluations sont "Excellent" ou "Bon" (15 + 45).
 - ✓ **Texture:** 50% des évaluations sont "Excellent" ou "Bon" (17 + 33).
- **Deuxième Échantillon (Produit alimentaire enrichi 3.5 % de spiruline)**
 - ✓ **Goût:** 68% des évaluations sont "Excellent" ou "Bon" (28 + 40).
 - ✓ **Aspect:** 39% des évaluations sont "Excellent" ou "Bon" (11 + 28).
 - ✓ **Odeur:** 60% des évaluations sont "Excellent" ou "Bon" (15 + 45).
 - ✓ **Texture:** 55% des évaluations sont "Excellent" ou "Bon" (19 + 36).

C. Évaluation Comparative entre deux échantillon

Le produit alimentaire enrichi avec 7% de spiruline se distingue par des scores légèrement supérieurs en termes de goût et d'aspect, tout en étant équivalent au deuxième échantillon, enrichi avec 3.5 % de spiruline, en ce qui concerne l'odeur. Bien que le deuxième échantillon ait obtenu de meilleurs résultats pour la texture, ses performances en goût et en aspect sont légèrement inférieures à celles du premier échantillon.

Le produit alimentaire enrichi avec 7% de spiruline est préféré en raison de ses meilleures performances globales dans les critères de goût et d'aspect, qui sont souvent des facteurs déterminants pour l'acceptation des consommateurs. Le produit alimentaire enrichi avec 3.5 % de spiruline, bien que légèrement inférieur dans certains critères, reste un bon candidat grâce à ses performances globalement bonnes, notamment en texture.

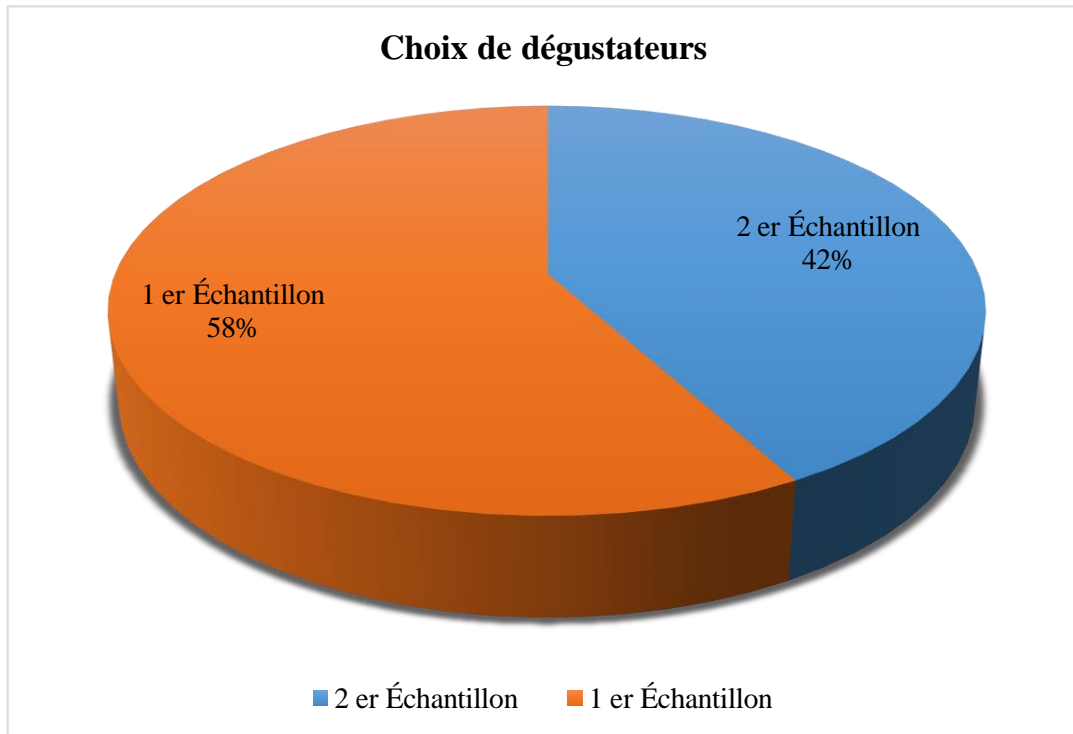


Figure 28 : Évaluation Comparative entre deux échantillon

Selon les figure 28 il semble que le produit alimentaire enrichi avec 7% de spiruline soit préféré en raison de ses meilleures performances globales en termes de goût et d'aspect, des critères qui ont souvent un impact significatif sur l'acceptation des consommateurs. Cependant, le produit alimentaire enrichi avec 3.5% de spiruline est également considéré comme un bon candidat, même s'il est légèrement inférieur dans certains critères. Sa performance globalement bonne, notamment en ce qui concerne la texture, le rend attrayant malgré ces légères différences. Ainsi, les deux formulations présentent des avantages et peuvent être des options viables en fonction des préférences individuelles et des objectifs spécifiques du produit.

Conclusion

Conclusion

Les dattes et la citrouille sont deux produits abondamment disponibles dans notre région. C'est pourquoi nous avons décidé de les valoriser pour créer un produit unique : la confiture citrouille de dattes enrichie en spiruline. Grâce à des analyses biochimiques, physico-chimiques et microbiologiques approfondies réalisées sur le sirop de datte et la spiruline, nous avons formulé une préparation contenant 3,5 % de spiruline et 7 % de sirop de datte.

Nous avons découvert que la spiruline, reconnue pour son impressionnant taux de protéines, est un complément alimentaire et une source nutritive exceptionnelle. Considérée comme un ingrédient fonctionnel, elle permet la formulation de nouveaux produits alimentaires innovants. Par exemple, la confiture de citrouille dattes enrichi en spiruline se distingue comme un aliment particulièrement riche en nutriments et énergisant. Ce sirop met en avant des propriétés significatives, offrant des avantages cruciaux pour résoudre les problèmes liés à la malnutrition, en fournissant une solution riche en nutriments essentiels.

La caractérisation biochimique des matières premières et des produits finis donne les résultats suivants : pour la spiruline, elle contient 63,80% de protéines, 9,10% de sucres, 7,82% de lipides et un taux de cendres de 11,90%. Pour le sirop de datte, il est composé de 0,50% de lipides, avec un taux de cendres de 2,79% et une humidité de 27,78%. En effet, la formulation à 70% contient 5,00% de protéines, 0,98% de lipides et 34,41% de sucres ; tandis que la formulation à 35% est composée de 1,40% de protéines, 0,88% de lipides et 44,01% de sucres.

L'énergie que cet aliment peut fournir est déterminée comme suit : 362 kcal pour la spiruline, 320 kcal pour le sirop de dattes, 166,2 kcal pour la formulation à 7% et 192,04 kcal pour la formulation à 3.5%.

Le contrôle microbiologique a confirmé que la spiruline, le sirop de dattes et le produit fini sont de bonne qualité hygiénique. Ces résultats intéressants soulignent l'utilité de poursuivre les études sur ces produits, d'améliorer ces résultats, et d'approfondir la recherche sur une tranche de personnes mal nourries afin de déterminer la durée d'efficacité de cet aliment. Il est essentiel de clarifier le rôle alimentaire et sanitaire du produit élaboré.

La formulation contenant 7 % de poudre de spiruline (premier échantillon) se distingue par des scores légèrement supérieurs en termes de goût et d'aspect, tout en étant équivalente au deuxième échantillon, qui contient 3.5 % de poudre de spiruline, en termes d'odeur. Bien que le

deuxième échantillon (3.5 % de poudre de spiruline) ait obtenu de meilleurs résultats pour la texture, ses performances en goût et en aspect sont légèrement inférieures à celles du premier échantillon.

Selon l'analyse factorielle des correspondances, le premier échantillon (7%de poudre de spiruline) est préféré en raison de ses meilleures performances globales dans les critères de goût et d'aspect, qui sont souvent des facteurs déterminants pour l'acceptation des consommateurs. Le deuxième échantillon (3.5 % de poudre de spiruline), bien que légèrement inférieur dans certains critères, reste un bon candidat grâce à ses performances globalement bonnes, notamment en texture.

Ces résultats mettent en lumière l'importance de l'équilibre dans l'incorporation de la spiruline pour optimiser les caractéristiques organoleptiques du produit final. La formulation à 7% parvient à concilier les avantages nutritionnels de la spiruline tout en préservant des propriétés sensorielles agréables, ce qui revêt une importance cruciale pour l'acceptation du produit par les consommateurs.

Il est également recommandé

- ✓ Continuer à recueillir des informations sur la culture de la spiruline.
- ✓ Réaliser une implantation à grande échelle de la culture de spiruline.
- ✓ Optimiser la culture dans des milieux naturels et peu coûteux.
- ✓ Valoriser les bio déchets pour améliorer la rentabilité.
- ✓ Maximiser les avantages nutritifs de la spiruline.
- ✓ Promouvoir une agriculture durable et économique.

Référence
bibliographique

Les références bibliographiques

- ✓ Ait Ameer, L. (2001). *Analyse du processus de diffusion des sucres, des acides organiques et de l'acide ascorbique dans le système : Mech-Degla/Jus de citron. Mémoire de magister. Université de Boumerdes, pp 80.*
- ✓ (Avinash et Rai, 2017). ; *An ethanobotanical investigation of cucurbitaceae from South*
- ✓ (unicef,2011)
- ✓ Abdelmoumene S. (2016) *Contribution à l'élaboration d'une confiture abricot / orange analyses physique-chimiques et sensorielles. Diplôme de master en biologie. Université de Tlemcen. Option : science alimentaire. P19.*
- ✓ Abdelmoumene S. (2016) *Contribution à l'élaboration d'une confiture abricot / orange analyses physique-chimiques et sensorielles. Diplôme de master en biologie. Université de Tlemcen. Option : science alimentaire. P19.*
- ✓ AFAA (1982). *Association Française pour l'Algologie Appliquée. Actes du premier symposium sur la spiruline Spirulina Platensis (Gom.) Geitler de l'AFAA.*
- ✓ Agrawal, R., & Beniwal, V. (2019). *Protein degradation in processed food: Mechanism and consequences. In Food Quality and Shelf Life (pp. 97-111). Academic Press.*
- ✓ Albagnac, G., Varoquaux, P., & Montigaud, J. C. (2002). *Technologies de transformation des fruits (pp. 498-p). Tendon/Lavoisier. P421.*
- ✓ Albagnac, G., Varoquaux, P., & Montigaud, J. C. (2002). *Technologies de transformation des fruits (pp. 498-p). Tendon/Lavoisier. P421.*
- ✓ Albert, L. (1998). *La santé par les fruits. VEECHI. pp 44-74.*
- ✓ Al-Farsi M.A et.Lee C.Y, (2008)-*Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des dattes Revues critiques en science alimentaire et nutrition, Volume 48, Issue 10 ; p, 877-887*
- ✓ Al-Farsi M.A et.Lee C.Y, (2008)-*Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des dattes Revues critiques en science alimentaire et nutrition, Volume 48, Issue 10 ; p, 877-887*
- ✓ Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M., & Shahidi, F. (2005). *Compositional and sensory characteristics of three native sun-dried date*

(Phoenix

- dactylifera L.) varieties grown in Oman. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(19), 7586-7591.*
- ✓ *Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M., & Shahidi, F. (2005). Compositional and sensory characteristics of three native sun-dried date (Phoenix dactylifera L.) varieties grown in Oman. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(19), 7586-7591.*
 - ✓ *Al-hamed, Y.A. (2009). Adsorption kinetics and performance of packed bed adsorber for phenol removal using activated carbon from dates' stones. J. Hazard. Mater.*
 - ✓ *Al-Hooti S., Sidhu J.S., Qabazard H. (1997)-Physiochemical characteristics of five Date fruit cultivars grown in the United Arab Emirates. Plant Food for Human Nutrition. 50 :101–113.*
 - ✓ *Al-shahib W. & Marshall R.J. (2003)- The fruit of the date palm: Its possible use as the best food for the future. Int. J. Food Sci. Nutr. 54: 247-259. DOI:10.1080/09637480120091982.*
 - ✓ *Alves AC, Tavares GM. 2019. Mixing animal and plant proteins: Is this a way to improve protein techno-functionalities?. Food Hydrocolloids (2019).*
 - ✓ *Amellal., Chibane, H. (2008). Aptitudes Technologiques de Quelques Variétés Communes de Dattes Formulation d'un Yaourt Naturellement Sucré et Aromatisé. Thèse de doctorat, faculté des sciences de l'ingénieur, Université M'hamed Bougara Boumerdès.*
 - ✓ *Amellal-Chibane H., Noui Y., Djouab A., Benamara S. (2014)-Compositional and Morphological Characteristics of the Tissues of Three Common Dates Grown in Algeria International Journal of Biological, Veterinary, Agricultural and Food Engineering. 8 (10): 1068-1071.*
 - ✓ *Amiar, S., & Lechani, S. (2019). Etude de la qualité physico-chimique, microbiologique, sensorielle et les propriétés antioxydants de la confiture de grenade (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri). P21.*
 - ✓ *Amiar, S., & Lechani, S. (2019). Etude de la qualité physico-chimique, microbiologique, sensorielle et les propriétés antioxydants de la confiture de grenade (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri). P21.*
 - ✓ *André, P. (2012). Les confitures. Edition Artémis. P27.*

- ✓ André, P. (2012). *Les confitures*. Edition Artémis. P27.
- ✓ Antenna technologies. *Malnutrition: Spiruline données scientifiques 2009*.
Disponible sur <https://www.antenna-france.org/wp-content/uploads/2014/06/spiruline-donnees-scientifiques.pdf> (dernière consultation Novembre 2017)
- ✓ Antonio de Cristo 1 Federal University of Santa Maria page 01.
- ✓ Aruoma O.I. (1994)-Nutrition and health aspects of free radicals and antioxidants. *Food Chem. Toxic.* 32: 671-683.
- ✓ Baliga S., Baliga V. & Kandathil S. (2011)- A review of the chemistry and pharmacology of the date fruits (*Phoenix dactylifera L.*). *Food Research International.* 44: 1812-22.
- ✓ Banat, F., Al- Asheh, S., Al Makhadmeh, L. (2003). Evaluation of the use of raw and activated date pits as potential adsorbents for dye containing waters. *Process Biochemistry.* Pp 39 193 – 202
- ✓ Belguedj M., 1996. *Caractéristiques des cultivars de dattier du sud-est Algérien*. Edt. I.N.R.A.A., Alger, 70p
- ✓ Belguedj M., 2012. *Préservation des espèces oasiennes et stratégies à mettre en œuvre .Cas du palmier dattier (*Phoenix dactylifera*), ITIDAS.*
- ✓ Benahmed dilali a., amrani m., azouaou m., damir a. et benamara s. (2010). *possibilité de fabrication d'un jus naturel à base d'un sirop de dattes communes et d'un extrait de spiruline et jus de citron naturel*. pub. faculté des sciences biologiques et agronomiques, université de tizi-ouzou, laboratoire de recherche des technologies alimentaires, p.14.
- ✓ Benamara, S., Chibane, H. et Boukhelifa, M. (2004). *Essai de formulation d'un yaourt naturel aux dattes Industries Alimentaires et Agricoles IAA. Actualités techniques et scientifiques, mensuel. P 1 -14.*
- ✓ Benchela A.C., Maka M., 2008. *Les dattes intérêt nutrition. Phytothérapie (ethnobotanique) Springer, Vol N°6, pp117-121.*
- ✓ Benjamain, N.D., Al Khalidi, M.S. (1985). *The effect of cold storage conditions on the quality of six date fruit cultivars at rutab stage Ln Date Palm Journal Vol 4, No1, pp 1-17 Vol 4, N° 1, pp 1-17.*

- ✓ *Benmeziane, F., Djermoune-Arkoub, L., Boudraa, A. T., & Bellaagoune, S. (2018). Physicochemical characteristics and phytochemical content of jam made from melon (Cucumis melo). International Food Research Journal, 25(1). P (133-141).*
- ✓ *Benmeziane, F., Djermoune-Arkoub, L., Boudraa, A. T., & Bellaagoune, S. (2018). Physicochemical characteristics and phytochemical content of jam made from melon (Cucumis melo). International Food Research Journal, 25(1). P (133-141).*
- ✓ *Bernard C. Les cyanobactéries et leurs toxines. Rev Francoph Lab 2014;2014:53–68.*
- ✓ *Bertrand, B. (2016). Dossier d'information pour les PME d'Afrique sur la transformation agroalimentaire CTA – Greet –TPA.*
- ✓ *Bertrand, B. (2016). Dossier d'information pour les PME d'Afrique sur la transformation agroalimentaire CTA – Greet –TPA.*
- ✓ *Boughediri L., 1985. Contribution à la connaissance du palmier dattier: Etude du pollen. Thèse de Magister, B. V., U. S. T. H. B., Alger, 130p.*
- ✓ *Bouguederi L., Maanani F., Missaoui M., Bounaga N. et Dore J. C., 1994. Analyse typologique d'une population de palmiers dattiers mâles (Phoenix dactylifera L.) au moyen de différentes approches multiparamétriques améliorant. Prod. Agro. Milieu Aride. 6 : 263- 277pp.*
- ✓ *Bouguedoura N., 1991. Connaissance de la morphogénèse du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) Etude in situ et in vitro du développement morphogénétique des appareils végétatifs et reproducteurs. Thèse doctorat d'Etat en biologie végétale, U.S.T.H.B. Alger, 201p.*
- ✓ *Boukhiar, A. (2009). Analyse du processus traditionnel d'obtention du vinaigre de dattes tel qu'appliqué au sud algérien : essai d'optimisation, Mémoire de Magister, en Technologie Alimentaire, Université M'Hamed Bougara Boumerdès. P 08-64,79.*
- ✓ *Bousdira K., 2007. Contribution à la connaissance de la biodiversité du palmier dattier pour une meilleure gestion et une valorisation de la biomasse : caractérisation morphologique et biochimique des dattes de cultivars les plus connus de la région du Mzab, classification et évaluation de la qualité. Thèse Mag. Dép. Technologie alimentaire. Uni. Boumerdès, Algérie, 123p*

- ✓ *Bousdira K., Tirichine A. et Ben Khalifa A., 2003. Le palmier dattier et les savoir-faire locaux : une centaine d'usages multiples. Journées d'étude sur l'importance de la biomasse dans le développement durable des régions sahariennes. Adrar*
- ✓ *Bouzonville, A., et Prin, A. (2015). La fabrication de confitures de fruits rouges. Projet de génie des procédés. École nationale supérieure d'ingénieurs de Bourges. P04 et 06*
- ✓ *Bouzonville, A., et Prin, A. (2015). La fabrication de confitures de fruits rouges. Projet de génie des procédés. École nationale supérieure d'ingénieurs de Bourges. P04 et 06*
- ✓ *Brandão, T. M., Do Carmo, E. L., Elias, H. E. S., De Carvalho, E. E. N., Borges, S. V., & Martins, G. A. S. (2018). Physicochemical and microbiological quality of dietetic functional mixed cerrado fruit jam during storage. The Scientific World Journal. (2018).*
- ✓ *Brandão, T. M., Do Carmo, E. L., Elias, H. E. S., De Carvalho, E. E. N., Borges, S. V., & Martins, G. A. S. (2018). Physicochemical and microbiological quality of dietetic functional mixed cerrado fruit jam during storage. The Scientific World Journal. (2018).*
- ✓ *Bruneton J. (2009). Pharmacognosie, photochimie plantes médicinales 4^{ème} édition Technique & Documentation/Lavoisier, Paris. ISBN : 978-2-7430-1188-8.*
- ✓ *Bucaille P. (1990). Intérêt et efficacité de l'algue spiruline dans l'alimentation des enfants présentant une malnutrition protéino-énergétique en milieu tropical. Thèse doc., Université Paul Sabatier Toulouse III.*
- ✓ *Chaïbi N., 2002. Potentialités androgénétiques du palmier dattier Phoenix dactylifera L et culture in vitro d'anthères. Biotechnologie Agron. Soc. Environ., 6 (4), pp 201- 207.*
- ✓ *Chaira, N., Ferchichi, A., Mrabet, A., Sghairooun, M. (2007). Characterisation of date juices extracted from the rest of sorting of Deglet-Nour Variety. Biotechnology. P 6, 251- 256.*
- ✓ *Chait J. (2009). Pros and cons of organic Halloween pumpkins. <http://blisstree.com/live/pros-and-cons-of-organic-Halloween-pumpkins>.*

- ✓ Charlemagne, B. (2008). "The Future of Food: Harnessing the Power of Spirulina." *Nutrition and Health Journal*, 23(4), 289-305.
- ✓ Charpy L., Langlade M-J. et Alliod R. (2008). *La spiruline peut-elle être un atout pour la santé et le développement en Afrique ?*. Institut de recherche pour le développement ur 167 (cyroco), p.43.
- ✓ Charpy L., Langlade M-J., Alliod R. *La Spiruline peut-elle être un atout pour la santé et le développement en Afrique?* Marseille: IRD; 2008.
- ✓ Chehema, A., F. Longo, H. et Siboukeur, A. (2000). *Estimation du tonnage et valeur alimentaire des sous Acti Accé produits du palmier dattier chez les ovins. Revue semestrielle, El -Harrach N°7, INRAA.*
- ✓ Codex Alimentarius (2009). *STAN 296. Norme du Codex pour les confitures, gelées et marmelades.*
- ✓ Codex Alimentarius (2009). *STAN 296. Norme du Codex pour les confitures, gelées et marmelades.*
- ✓ Codex Alimentarius . (2017). *Confitures, gelées et marmelades. Normes codex pour la confiture, gelées et marmelades. Ed. CODEX STAN 296, FAO, OMS. P (1-11)*
- ✓ Codex Alimentarius . (2017). *Confitures, gelées et marmelades. Normes codex pour la confiture, gelées et marmelades. Ed. CODEX STAN 296, FAO, OMS. P (1-11)*
- ✓ Codex Alimentarius. (2009). *Codex standard pour les confitures, gelées et marmelades de fruits. FAO/OMS.*
- ✓ Codex Alimentarius. (2009). *Codex standard pour les confitures, gelées et marmelades de fruits. FAO/OMS.*
- ✓ Cook J. A. and Furr J.R. (1952). *Sugars in the fruits of soft, semi-dry and dry commercial date varieties. Date Growers Inst. Rept. N° 29. 3-4 p.*
- ✓ Cruchot H. *La spiruline: bilan et perspectives. Thèse d'exercice. Université de Franche- Comté. Faculté de médecine et de pharmacie, 2008.*
- ✓ Degmara, N., Samah, H., & Zoghba, N. (2019). *Essai d'élaboration d'une formulation de confiture à base de fraise et l'évaluation des paramètres physico-chimiques, microbiologiques et sensoriels (Doctoral dissertation). P (32-35).*

- ✓ Degmara, N., Samah, H., & Zoghba, N. (2019). *Essai d'élaboration d'une formulation de confiture à base de fraise et l'évaluation des paramètres physico-chimiques, microbiologiques et sensoriels (Doctoral dissertation)*. P (32-35).
- ✓ Deimel T. (2007). *Important facts about award-winning styrian pumpkin seed oil and Your health*. Retrieved from: www.deimel.biz/_biz/info/pumpkinoil.htm.
- ✓ Diligent, M. B. (2010). *Les confitures : de l'art aux techniques. Mémoires de l'Académie nationale de Metz*. P177.
- ✓ Diligent, M. B. (2010). *Les confitures : de l'art aux techniques. Mémoires de l'Académie nationale de Metz*. P177.
- ✓ Djerbi M., 1994. *Précis de phœniculculteurs*. FAO, 192 p.
- ✓ Djerbi M., 1994. *Précis de phoeniciculture*. FAO., Rome., 192p.
- ✓ Duke J.A. (2001)-*Handbook of Phytochemical Constituents of GRAS Herbs and other Economic Plants*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- ✓ El Hadrami A., El Idriss T., El Hasni M., Dayf F., El Hadrami I., 2005. *Toxin based in vitro selection and its potential application to date palm for resistance to bayoud fusarium wilt*, *Biologie* 328, 732-744
- ✓ El Houmaizi M. A. (2002)- *Modélisation de l'architecture du palmier dattier (Phoenix dactyliferaL.) et application à la simulation du bilan radiatif en oasis*. Thèse de fin d'étude du troisième cycle, Université Cadi-Ayyad, Marrakech, Maroc.
- ✓ El Houmaizi M., Saaidi M., Oihabi A. & Cilas C., 2002. *Phenotypic diversity of datepalm cultivars (Phoenix dactylifera L.) from Morcco*. *Genet. Resource. Corp. Evolved* 49, pp 483–490.
- ✓ El-Nemer, A., Khaled, A., Abdellwhab, O., El. Sikaily, A. (2007). *Treatment of wastewatercontaining toxic chromium using new activated carbon developed from date palm seed*. *Journal. Hzard. Mater.* P 10, 1016.
- ✓ Espiard E. (2002). *Introduction à la transformation industrielle des fruits*. Ed. Tech et Doc.Lavoisier, Paris. pp 147-155.
- ✓ Espiard, E. (2002). *Introduction à la transformation industrielle des fruits (Ed) TEC &DOC. France, 259-265.P (9, 16 ,20 et 259)*.
- ✓ Espiard, E. (2002). *Introduction à la transformation industrielle des fruits (Ed) TEC &DOC. France, 259-265.P (9, 16 ,20 et 259)*.

- ✓ *Essabti. A . (2015). Procédé de fabrication de la confiture de fraise et contrôle de qualité au sein de LCM « AICHA » Diplôme de fin d'études en biologie. Université Meknès -MarocOption : technique d'analyse et contrôle de qualité.*
- ✓ *Essabti. A . (2015). Procédé de fabrication de la confiture de fraise et contrôle de qualité au sein de LCM « AICHA » Diplôme de fin d'études en biologie. Université Meknès -MarocOption : technique d'analyse et contrôle de qualité.*
- ✓ *Estanove, P. (1990). Note technique : Valorisation de la datte. Option Méditerranéennes. Série A, N°11. Les systèmes Agricoles Oasiens. Ed IRFA-CIRAD, France.*
- ✓ *Falquet j. et hurni j-p (2006). spiruline : aspects nutritionnels. pub. antenna technologie, p.41.*
- ✓ *Falquet J., Hurni J-P. Spiruline aspects nutritionnelles 2006:1–41. Disponible sur <https://www.antenna-france.org/wp-content/uploads/2014/06/spiruline-aspects-nutritionnels.pdf> (dernière consultation Novembre 2017)*
- ✓ *FAO. (2008). "Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption." Food and Agriculture Organization of the United Nations.*
- ✓ *Fayadh J. M., & Al-Showiman S. S. (1990)- Chemical composition of date palm (Phoenix dactyliferaL.). J. Chem. Soc. Pakistan. 12: 84- 103.*
- ✓ *Filbrandt et Katelyn R. (2012). Effect of Pumpkin Seed Oil Cake on the Textural and Sensory Properties of White Wheat Bread. MS Food & Nutritional Sciences .American Psychological Association, 6ème Edition.*
- ✓ *FOX R.D (1999). Spiruline, Technique pratique et promesse. Edisud, Aix en Provence, p.246.*
- ✓ *Fox RD. La spiruline: technique, pratique et promesse. Aix-en-Provence: Edisud; 1999.*
- ✓ *Fredot, E. (2012). Connaissance des aliments : bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. P01. Paris : Éditions Tec & doc. P (308, 309 et366).*
- ✓ *Fredot, E. (2012). Connaissance des aliments : bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. P01. Paris : Éditions Tec & doc. P (308, 309 et366).*
- ✓ *Gilliland, R. B., Glass, R. L., & Irwin, P. L. (2016). Food processing: principles and applications. John Wiley & Sons.*

- ✓ Gross J., Haber O., & Ikan R., 1983. *The carotenoid pigments of the date*. *Scientia Horticulturae*. 20 (3): 251–257.
- ✓ Haimour, N.M., Emeish, S. (2006). *Utilization of date stones for production of activated carbon using phosphoric acid*. *Waste Management*. P 26 651-660.
- ✓ Hamad, A., Mustapha, A.L., El Kahtani M.S. (1982). *Possibility of utilizing dates syrups as sweetening and flavoring agent in ice cream making*. *Proceeding of the first Symposium on the Date Palm*. Saudi Arabia 23-25 Mars. Pp 544-549.
- ✓ Hannachi S, Khitri d., 1991- *Inventaire et identification des cultivars de dattiers dans la cuvette de Ouargla : organisation de la variabilité*. *Mémoire Ing. Agr., INFSAS, Ouargla*, 58 p.
- ✓ Hannachi S., Khitri D., Benkhalifa A. et Brac de la perriere R. A., 1998. *Inventaire variétal de la palmeraie algérienne*. Edt. Anep, Rouïba (Algérie), 225p.
- ✓ Harrak, H., Boujnah, M.M. (2012). *Valorisation technologique des dattes au Maroc*. *Institut national de la recherche agronomique*. P 11,157.
- ✓ Herisoa, R. R. (2016). *Mémoire pour l'obtention du Diplôme MASTER II Domaine : Sciences et Technologies Mention : Biochimie Fondamentale et appliquée Parcours : Sciences des Aliments et Nutrition (Doctoral dissertation, UNIVERSITE D'ANTANANARIVO)*.
- ✓ Herisoa, R. R. (2016). *Mémoire pour l'obtention du Diplôme MASTER II Domaine : Sciences et Technologies Mention : Biochimie Fondamentale et appliquée Parcours : Sciences des Aliments et Nutrition (Doctoral dissertation, UNIVERSITE D'ANTANANARIVO)*.
- ✓ Herisoa, R. R. (2016). *Mémoire pour l'obtention du Diplôme MASTER II Domaine : Sciences et Technologies Mention : Biochimie Fondamentale et appliquée Parcours : Sciences des Aliments et Nutrition (Doctoral dissertation, UNIVERSITE D'ANTANANARIVO)*.
- ✓ Herisoa, R. R. (2016). *Mémoire pour l'obtention du Diplôme MASTER II Domaine : Sciences et Technologies Mention : Biochimie Fondamentale et appliquée Parcours : Sciences des Aliments et Nutrition (Doctoral dissertation, UNIVERSITE D'ANTANANARIVO)*.
- ✓ <http://emmanuel.clement.free.fr>

- ✓ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>
- ✓ Imad A., Abdul Wahab K. A & Robinson R. K., 1995. *Chemical composition of date Varieties as influenced by the stage of ripening. Food Chem., 54: pp 305-309.*
- ✓ *India: A review Thammaihraj Shanthi Avinash and Vittal Ravishankar Rai , Journal of*
- ✓ *IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE DE LA CITROUILLE , SAB Cherish your*
watre ,SYSTEM GROUP,
PDF,P(4),
file:///C:/Users/user/Downloads/Telegram%20Desktop/irrigation-goutte-a-goutte-
de-la-citrouille%20(2).pdf.
- ✓ J, U. N. (1987). *Genera palmarum: A classification of palms based on the work of Harold. E. Moore, Jr. Allen press, 610.*
- ✓ James, I. F., & Kuipers, B. (2003). *AD03F La conservation des fruits et des légumes. Agromisa Foundation. P18*
- ✓ James, I. F., & Kuipers, B. (2003). *AD03F La conservation des fruits et des légumes. Agromisa Foundation. P18*
- ✓ Jamshidi, M., Alemzadeh, I., Vossoughie, M. (2008). *Optimization of HFDS production from date syrup. Archive of SID IJE Transactions. Applications. Pp 21(2), 127 -134.*
- ✓ Joël Fleurence et Jean-Louis Guéant, « *Les algues : une nouvelle source de protéines* », *Biofutur*, no 191, juillet 1999, p. 32-36 (DOI 10.1016/S0294-3506(99)80435-9, lire en ligne [archive], consulté le 15 novembre 2019).
- ✓ Jourdan J. *Manuel de culture artisanale de la spiruline. 2014. Disponible sur* <https://www.fichier-pdf.fr/2015/09/18/manuel-de-la-culture-artisanale-de-spiruline/manuel-de-la-culture-artisanale-de-spiruline.pdf> (dernière consultation janvier 2018)
- ✓ Jullie dos Santos³ , Axel Bruno Mariotto¹ , Gabrieli Cristina Vitalli de Azevedo¹ , João
- ✓ Junaid A., Sheba H., Khan S., Ahmad K., Abdul J., Cheruth A.M. (2013)- *Quantification of water soluble vitamins in six date palm (Phoenix dactylifera L.) cultivar's fruits growing in Dubai, United Arab Emirates, through high performance liquid chromatography. Journal of Saudi Chemical Society .17: 9-16.*

- ✓ Kasse, M., Cisse, M., Toure, A., Ducamp-Collin, M. N., & Guisse, A. (2014). *Qualité microbiologique des tranches de mangues (Mangifera indica L.) Vendues à Dakar (Sénégal)*. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(4). P (1611- 1619).
- ✓ Kasse, M., Cisse, M., Toure, A., Ducamp-Collin, M. N., & Guisse, A. (2014). *Qualité microbiologique des tranches de mangues (Mangifera indica L.) Vendues à Dakar (Sénégal)*. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8(4). P (1611- 1619).
- ✓ *La citrouille, un aliment riche en vitamines, passeport sante Nutrition*, Catherine Conan, 24 février 2021, https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspx?doc=citrouille_nu.
- ✓ Larousse, J. (1991). *La conserve appertisée : aspects scientifiques, techniques et économiques*. P243.
- ✓ Larousse, J. (1991). *La conserve appertisée : aspects scientifiques, techniques et économiques*. P243.
- ✓ Lupatini AL., Colla LM., Canan C., Colla E. *Potential application of microalga Spirulina platensis as a protein source*. *J Sci Food Agric* 2017;97:724–32.
- ✓ Lupatini, A. L., Colla, L. M., Canan, C., & Colla, E. (2016). *Potential application of microalga Spirulina platensis as a protein source*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(3), 724-732. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7987>.
- ✓ Maatalah S., 1969. *Contribution à la valorisation de la date algérienne*. *Mémoire d'Ing. Agronomie*, I. N. A. El Harrach, Alger, 130p.
- ✓ Madame AHOUNOU Morènikè Nadège, *La spiruline : un complément alimentaire en conseil à l'officine*. *Enquête d'utilisation.pdf*; 02 février 2018
- ✓ Mahjoub, A., Jraidi, Z. (1992). *Elaboration d'une boisson gazeuse et d'une confiture aromatisée à partir de deux variétés de dattes*. *INAT*. P 7, 37–44.
- ✓ *Medicinal Plants Studies* 2017; 5(3): 250-254.
- ✓ Michel, B. (2002). *Conservation par les sucres : confitures, gelées, fruits sur sucre*. *Technologies de transformation des fruits. Technique et documentation-Lavoisier (Ed)*. Paris. P (421-425).

- ✓ *Michel, B. (2002). Conservation par les sucres : confitures, gelées, fruits sur sucre. Technologies de transformation des fruits. Technique et documentation-Lavoisier (Ed). Paris. P (421-425).*
- ✓ *Mimouni Y., 2009. Mis au point d'une technique d'extraction de sirop de dattes, comparaison avec les sirops à haute teneur en fructose (HFCS) issus de l'amidonnerie. Mémoire de Magister, Université de Ouargla, 132p.*
- ✓ *Mimouni Y., Siboukeur O., 2011. Etude des propriétés nutritives et diététiques des sirops de dattes par diffusion en comparaison avec les sirops à haute teneur en fructose (isoglucose) issus de l'industrie de l'amidon , Annales des sciences et technologie, Vol3, N° 1,pp 1-11.*
- ✓ *Mittal, A., & Sharma, A. (2020). Vitamins and minerals in human health and disease: Impact of dietary supplements. CRC Press.*
- ✓ *Mollo P, Noury A. Le manuel du plancton. Paris: C. L. Mayer; 2013. dsipo sur http://docs.eclm.fr/pdf_livre/360LeManuelDuPlancton.pdf 271117*
- ✓ *Monrose, G. S. (2009). Standardisation d'une formulation de confiture de chédaque et évaluation des paramètres physico-chimiques, microbiologiques et sensoriels. Université d'Etat d'Haïti (UEH/FAMV) -Ingénieur Agronome. P (10, 18et 24).*
- ✓ *Monrose, G. S. (2009). Standardisation d'une formulation de confiture de chédaque et évaluation des paramètres physico-chimiques, microbiologiques et sensoriels. Université d'Etat d'Haïti (UEH/FAMV) -Ingénieur Agronome. P (10, 18et 24).*
- ✓ *Munier P. 1973. Le palmier dattier. Paris, Maisonneuve et Larose, 221 p.*
- ✓ *Munier P., 1973. Le palmier dattier. Technique agricole et production tropicale. Ed. Larousse, Paris, 221p.*
- ✓ *Munier, P. (1973). le Palmier dattier. G.P Maisonneuve et la Rose Paris,221p.*
- ✓ *Noui, Y. 2007. Caractérisation physico- chimique comparative des deux principaux tissus constitutifs de la pulpe de datte Mech-Degla. Mémoire de magister en Technologie Alimentaire. Université M'Hamed Bougara, Boumerdes, p3-11.*
- ✓ *Oueld El Hadj, M. D. ., Sebihi, A. H., Siboukeur, O. (2001). Qualité hygiénique et caractéristiques physic-chimiques du vinaigre traditionnel de quelques varietes de dates.*
- ✓ *Polèse J.M. (2006).la cultures des courges. Edition .Artémis, pp : 10-76.*

- ✓ *Rahman, M. S., Al-Kharusi, N. S., & Al-Sadi, A. M. (2018). Effect of food processing on the content of minerals in foods. In Advances in Food and Nutrition Research (Vol. 83, pp. 161-208). Academic Press.*
- ✓ *Ramassamy C. (2006)-. Emerging role of polyphenolic compounds in the treatment of Neurodegenerative diseases: a review of their intracellular targets. European Journal of Pharmacology. 545: 51–64.*
- ✓ *Razafindrajaona J. M., Rakotozandriny J-N., Razandrindriny R., Randria J. N., Ramampihirika K. D. (2006). Etude de la Valeur Nutritionnelle de la Spiruline de Madagascar (Spirulina platensis Var. Toliara). Pub. IHSM, Université de Toliara, p.28.*
- ✓ *Reynes, M., Bouabidi, H., Piombo., G. et Restenrucci, A.M. 1994. Caractérisation des principales variétés de dattes cultivées dans la région du Djérid en Tunisie. Fruits, 49 (4), 289-298.*
- ✓ *Sarheed, O. A., El-Seedi, H. R., Jassbi, A. R., Moradi-Afrapoli, F., & Gull, I. (2019). Potential of bioactive compounds from date (Phoenix dactylifera) seeds for inhibition of acute inflammation and COX enzymes. Natural Product Research, 33(15), 2275-2279.*
- ✓ *Sarheed, O. A., El-Seedi, H. R., Jassbi, A. R., Moradi-Afrapoli, F., & Gull, I. (2019). Potential of bioactive compounds from date (Phoenix dactylifera) seeds for inhibition of acute inflammation and COX enzymes. Natural Product Research, 33(15), 2275-2279.*
- ✓ *Schmidt et al., 2020 : Physiological quality of cucurbits in spectral qualities Denise*
- ✓ *Schmidt1 , Géssica Leticia Fritsch Wust1 , Daniele Cristina Fontana2*, Matheus Milani Pretto1*
- ✓ *Simpore J., Kabore F., Damsou D., Bere A., Pignatellis S., Biandi M.D., Ruberto G., Musumeci S., 2006. Nutrition rehabilitation of under nourished children utilizing spiruline and Misola . Nutrition journal , Vol 5, N°3, pp.1-7.*
- ✓ *Site internet n° 7 : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=35823>: consulté mai 2024*

- ✓ *Site internet n°1: <http://www.inspection.gc.ca/>
<http://www.inspection.gc.ca/vegetaux/engrais/circulaires-a-la-profession/t-4-126/fra/1346524491267/1346527009874> : consulté en mai 2024*
- ✓ *Site internet n°10 : Bienfaits et propriétés de la spiruline – Natura Force
<https://www.naturaforce.com/pages/spiruline-naturellee>*
- ✓ *Site internet n°2 : <https://www.itis.gov/>
<https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt> : consulté en mai 2024*
- ✓ *Site internet n°3 : <http://www.catalogueoflife.org/>
<http://www.catalogueoflife.org/col/browse/tree/id/cfe76769922691fdbf14cc91ecfb1290>*
- ✓ *Site internet n°4 : <http://www.marinespecies.org/>
<http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=162385> : consulté en mai 2024*
- ✓ *Site internet n°5 : <http://www.cyanodb.cz/> <http://www.cyanodb.cz/Arthrospira> : consulté en mai 2024*
- ✓ *Site internet n°6 : <http://www.algaebase.org/>
[http://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=Ua2c1313027f7d6fe&sk=0 &from=results](http://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=Ua2c1313027f7d6fe&sk=0&from=results) : consulté en mai 2024*
- ✓ *Site internet n°8 : <http://www.uniprot.org/> <http://www.uniprot.org/taxonomy/118562> : consulté en mai 2024*
- ✓ *Site internet n°9 : <https://ardeche-spiruline.com/la-spiruline/riche-micro-aliment-bienfait-composition-posologie-cure-contre-indication/> mai 2024*
- ✓ *Site Web 1 : l'appertisation Les Aliment En Conserve. (2017) Génie Alimentaire : Article*
- ✓ *Site Web 1 : l'appertisation Les Aliment En Conserve. (2017) Génie Alimentaire : Article*
- ✓ *Site Web 2 : journal officiel de la république algérienne n°06 de 24 janvier (2021)*
- ✓ *Site Web 2 : journal officiel de la république algérienne n°06 de 24 janvier (2021)*
- ✓ *Sophie, D. (2002). Confiture et compote de Sophie. P9.*
- ✓ *Sophie, D. (2002). Confiture et compote de Sophie. P9.*

- ✓ Stahl W., Sies H., 2005. *Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. Biochimica et Biophysica Acta. 1740: 101– 107.*
- ✓ Stoclet J. C., Chataigneau T. N., diaye M., Min-Ho O., El Jasser B., Marta C., Valerie B., Schini K., 2004. *Vascular protection by dietary polyphenols. European Journal of Pharmacology. 500 : 299-313.*
- ✓ Tapas A.R., Sakarkar D.M., Kakde R.B.(2008)- *Flavonoids as nutraceuticals: areview Trop. J. Pharm. Res. 7 (3): 1089–1099.*
- ✓ Tirichine H S., 2010. *Etude ethnobotanique, activité antioxydants et analyse photochimique de quelques cultivars de palmier dattier (Phœnix dactylifera L.) du Sud-est Algérien. Mémoire Magister en biologie. Université d'Oran, Algérie.106p*
- ✓ Tortora, G.J., Anagnostakos, N.P. (1987). *Principes d'anatomie et de physiologie. 5eme édition, pp 688 693.*
- ✓ Toutain G., 1977. *Elément d'agronomie saharienne. Edt. Jouvé, Paris, 276p.*
- ✓ Toutain G., 1979. *Eléments d'agronomie saharienne : de la recherche au développement. Ed. JOUVE, Paris, 276 p*
- ✓ Toutain, G. (1979). *Eléments d'agronomie saharienne : de la recherché au développement. Ed. JOUVE, Paris. Pp 276.*
- ✓ Ullah, N., Ullah, S., Khan, A., Ullah, I., & Badshah, S. (2018). *Preparation and evaluation of carrot and apple blended jam. Journal of Food Processing & Technology, 9(4). P1.*
- ✓ Ullah, N., Ullah, S., Khan, A., Ullah, I., & Badshah, S. (2018). *Preparation and evaluation of carrot and apple blended jam. Journal of Food Processing & Technology, 9(4). P1.*
- ✓ Vanier P. (2007). *La citrouille au fil du temps, usages culinaires, conservation, jardinage, biologique. Ecologie et environnement.*
- ✓ Vayalil, P. K. (2012). *Date fruits (Phoenix dactylifera Linn): An emerging medicinal food. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 52(3), 249-271.*
- ✓ Vayalil, P. K. (2012). *Date fruits (Phoenix dactylifera Linn): An emerging medicinal food. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 52(3), 249-271.*
- ✓ Vidalo J-L. *Spiruline: l'algue bleue de santé et de prévention. Paris: Ed. du Dauphin; 2008.*

- ✓ Vinson J., Hontz B.,(1995)- *Phenol antioxidant index: Comparative antioxidant effectiveness of red and white wines*, *J. Agric. Food Chem.* 43: 401–403.
- ✓ Vyawahare. N., Rohini R. P., Khsirsagar A. (2009)- *Phoenix dactylifera : An update of its indigenous uses, phytochemistry and pharmacology* *Journal Internet de pharmacologie* 7 (1)
- ✓ Weiguang Y., Joan F., Casimir C.A.(2005)- *Study of anticancer activities of muscadine grape phenolic sin vitro*. *J. Agric. Food Chem.* 53: 8804–8812.
- ✓ WHO. *Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences, monitoring and management*. London: E & FN Spon; 1999.
- ✓ Wichtl M. et Anton R. (2003). *Plantes thérapeutiques*. EMI/Tec & Doc, Paris, pp: 163–165.
- ✓ Younis Y.M.H., Ghirmay S., et Al-Shihry S.S. (2000) . *African Cucurbita pepo L. properties of seed and variability in fatty acid composition of seed oil*. *Phytochemistry*, pp : 71–75.
- ✓ Younis, K., Wani, A. A., & Wani, I. A. (2017). *Fruit preservation*. In *Handbook of Food Bioengineering* (pp. 497-516). CRC Press.
- ✓ Zayas JF. 2012. *Functionality of proteins in food*: Springer Science & Business Media. .Berlin, Heidelberg. 70 P.

Annexes

1. Annexes N°1 : Matériels non biologiques

Matériels	Réactifs
<ul style="list-style-type: none"> • Etuve, pompe à aire, lampe, Bac de 5 litres, Bac de 40 litres, Résistance d'aquarium, • Balance analytique, matras de kjeldahl, Haute chimique, distillateur, bain marie, entonnoir, papier filtre, éprouvette, bécher, erlenmeyer, tubes à essai, tubes à vice, spectrophotomètre, ballon, Soxhlet, dessiccateur, four à moufle, creusés, • PH mètre, boites de pétri, pipette graduée, micropipette, incubateur, Compteur de colonies, pipette pasteur. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sulfate de potassium, sulfate de cuivre, sélénium, acide sulfurique concentré 96%, acide borique 4%, hydroxyde de sodium, acide chlorhydrique 0.25N et 2.5N, carbonate de sodium, phénol 5%, • Glucose 0.1%, acétate de plomb, Éther de pétrole, • TSE, PCA, VF, VRBL • Sulfite de sodium, alun de fer, OGA, SABORAUD, • Oxytétracycline, • Chapman,

2. Annexe n°2 : Composition de milieu de culture de spiruline pour (1 L d'eau distillée)

Composés	Quantité (g/L)
Bicarbonate de soude (NaHCO₃)	16
Chlorure de sodium (NaCl)	1
Phosphate d'ammonium (NH₄H₂PO₄)	0.1
Sulfate de fer (FeSO₄)	0.01
Sulfate de magnésium (MgSO₄)	0.1
Sulfate de potassium (K₂SO₄)	0.5
Chlorure de calcium (CaCl₂)	0.1
Urée azotée CO(NH₂)₂	0.1

3. Annexes N°2 Analyses Microbiologique produit alimentaire 70 gr de spiruline

Paramètre	Echantillons					Méthode
	1	2	3	4	5	
Germes aérobies a 30 °C	<100	<100	<100	<100	<100	ISO4833-1
Coliformes totaux	270	260	270	280	260	J.O.A 75 du 2017
Anaérobie S/R	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	J.O.A 51 du 2017
Levures et Moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	J.O.A 68 du 2015
Staphylocoques a coagulase +	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	J.O.A 68 du 2014
Salmonella	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	J.O.A 44 du 2017

4. Annexes N°2 : Analyses Microbiologique produit alimentaire 35 gr de spiruline

Paramètre	Echantillons					Méthode
	1	2	3	4	5	
Germes aérobies a 30 °C	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	ISO4833-1
Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	J.O.A 75 du 2017
Anaérobie S/R	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	J.O.A 51 du 2017
Levures et Moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	J.O.A 68 du 2015
Staphylocoques a coagulase +	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	J.O.A 68 du 2014
Salmonella	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	J.O.A 44 du 2017

5. Annexes N°3 : Analyse microbiologique dus sirop de Datte

Paramètre	Echantillons					Norme		Méthode
	1	2	3	4	5	m	M	

Germes aérobies a 30 °C	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10 ⁴	10 ⁵	ISO4833-1
<i>Escherichia coli</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10 ²	10 ³	J.O.A 75 du 2017
Staphylocoques a coagulase +	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10 ³	10 ³	J.O.A 68 du 2014
Salmonella	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	J.O.A 44 du 2017

6. Annexes N°4 : Analyse Physico-chimique du sirop de Datte

Paramètre	Unité	Résultat	Méthode
pH	%	4.67	NA715
Teneur en eau	%	27.78	JOA N° 08/2013
Taux de cendre	%	2.79	JOA N° 35/2013
Acidité	Meq/kg	75.00	NA 10.96.01
Indice de réfraction	/	1.46303	Refractomètre

7. Annexes N°5 : Analyses Physico-Chimique produit alimentaire 70 gr de spiruline

Paramètre	Unité	Résultat	Méthode
Humidité	%	45.47	JOA N°08/2013
Sels Minéraux	%	3.98	JOA N°35/2013
Protéines	%	7.14	ISO 5983-2
Carbohydate	%	34.41	Duboi
Valeur énergétique	Kj/100g	706.35	Calcule
	Kcal /100g	166.20	Calcule

8. Annexes N°6 : Analyses Physico-Chimique produit alimentaire 35 gr de spiruline

Paramètre	Unité	Résultat	Méthode
Humidité	%	42.96	JOA N°08/2013
Sels Minéraux	%	3.37	JOA N°35/2013
Protéines	%	4.00	ISO 5983-2
Carbohydate	%	44.01	Duboi

Valeur énergétique	Kj/100g	816.15	Calcule
	Kcal /100g	192.04	Calcule

9. Annexes N°7 : Analyse physico-chimique de Matière grasse % de Sirop de datte et Sirop de datte + 35g S et 70 g S

Analyse physico-chimique	Maître grasses %
Sirop de datte	0.5
Sirop de datte + 35g S	0.88
Sirop de datte + 70g S	0.98
Spiruline	0.98

10. Annexes N°8 : Analyse physico-chimique de Ph% de Sirop de datte et Sirop de datte + 35g S et 70 g S

Analyse physico-chimique	pH%
sirop de Datte	4.67%
produit alimentaire 35 gr de spiruline	4.89%
produit alimentaire 70 gr de spiruline	4.93%
Spiruline	8%

11. Annexes N°9 : Formulaire de Test de Dégustation pour le sirop de Dattes Enrichi en Spiruline

Dégustateur N° :

Age :

Date :

Sexe :

Marquez X pour chaque type d'échantillon selon les critères suivant (couleur, odeur, texture, gout) en choisissant la case correspondante.

ضع علامة X لكل عينة حسب المعايير التالية (المظهر - الرائحة - البنية - الذوق) وذلك باختيار الخانة المناسبة:

Echantillon 01 : Confiture de Citrouille et sirop de dattes (01kg/70 g de spiruline) : العينة 01 :

Les critères	المعايير	ممتاز	جيد	متوسط	مقبول	سئء
Le gout	الذوق					
L'aspect	المظهر					
L'odeur	الرائحة					
La texture	البنية					

Echantillon 02 : Confiture de Citrouille et sirop de dattes (01kg/35 g de spiruline) : العينة 02 :

Les critères	المعايير	ممتاز	جيد	متوسط	مقبول	سئء
Le gout	الذوق					
L'aspect	المظهر					
L'odeur	الرائحة					

La texture	البنية					
------------	--------	--	--	--	--	--

Quel échantillon vous préférez ?

أي تفضل عينة ؟