

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



Réf...../UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/2024

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV **Filière :** Sciences alimentaires

Spécialité : Agro-alimentaire et Contrôle de Qualité

Présenté par :

Larbi Zohra & Yahmi Nesrine

Thème

**Enrichissement des pâtes alimentaire avec les poudres
d'épinard et de betterave**

Soutenu le :

Devant le jury composé de:

Nom et Prénom

Grade

Mme Bourfis N

MCA

Univ. de Bouira

Présidente

Mme Ferhoum F

MCA

Univ. de Bouira

Promotrice

Mme Taoudiat A

MCB

Univ. de Bouira

Examinatrice

Remerciement

Tout d'abord, Nous rendons grâce à Dieu, le tout puissant et le très miséricordieux de nous avoir donné la patience, la force et le courage de mener à terme ce travail.

Nos plus sincères remerciements s'adressent à notre promotrice Mme Ferhoume.F pour son encadrement de qualité, pour l'assistance qu'il nous a témoignée, pour ces orientations, et pour sa compréhension.

Nos vifs remerciements s'adressent également aux membres de jury qui ont accepté de juger notre travail :

Mme Bourfis N. pour le grand honneur de présider le jury.

Mme. Taoudiat A. d'avoir bien voulu d'examiner ce travail.

Merci à tout les professeurs qui nous ont enseignées ainsi que toutes les personnes qui ont participé de près et de loin à la réalisation de ce travail.

Sans oublier de remercier vivement l'équipe de laboratoire de notre département, particulièrement Mme Nabila et l'équipe laboratoire Dali, particulièrement Mr Dali qui nous a beaucoup aidés, et l'équipe de pasta word, particulièrement Mr Tarik qui nous a beaucoup aidés.

Dédicace

Je dédie ce travail :

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore. Que le bon dieu te protège et te garde pour nous.

A l'homme de ma vie, mon précieux offre de dieu, à mon chère papa. Merci au fond du cœur pour ton amour, pour tes sacrifices, pour ton soutien tout au long de mes études et merci pour ta confiance en moi.

À mes chers frères, merci infiniment pour votre soutien et vos encouragements. Je suis très chanceuse de vous avoir dans ma vie. Je vous souhaite tout le bonheur du monde.

A ma petite sœur, ma source de joie, et d'énergie positive, que de réussite dans ta vie.

A mes chère cousines Lynda et Sadia, Vous êtes bien plus que des cousines, vous êtes des amies précieuses, des confidentes fidèles et des soutiens incontournables dans ma vie. Je vous remercie infiniment pour votre soutien inconditionnel.

A mon rayon de soleil qui réchauffe mon cœur et illumine mon chemin. A ma meilleure amie Iman. Merci d'être toujours là, de me soutenir et de me faire sourire. Je suis reconnaissante pour chaque moment passé ensemble et chaque souvenir partagé.

A ma source inépuisable de motivation et de joie, mon binôme Zohra, je suis tellement chanceuse et reconnaissante de partager ce travail avec toi. Ta présence à mes côtés a fait de chaque jour une aventure enrichissante, remplie de rires, de découvertes et de réussites. Merci d'être non seulement une partenaire exceptionnelle, mais aussi une amie précieuse.

Nesrine.Y

Dédicace

Je dédie ce travail à mes parents, mon soutien inébranlable et mon refuge dans les moments de doute. Votre sacrifice pour mon éducation et votre confiance en moi ont été les moteurs de ma réussite. La réussite, à mes yeux, c'est de vous avoir à mes côtés, fiers et heureux.

À mon oncle, mon premier enseignant et mon deuxième père, je vous remercie de l'amour, de la patience et de la compréhension que vous m'avez apportée. Vous avez été un guide, et un modèle à suivre.

À mes frères Yakoub et Larbi, mes piliers, mes confidents, je vous remercie de m'avoir soutenu depuis le début, me poussant à me dépasser et à croire en moi. Que cette réussite soit la nôtre, le témoignage de notre lien indéfectible.

À mes chères grand-mères, votre présence dans mon cœur est éternelle, illuminée par vos sourires et vos paroles d'encouragement et à toute ma famille, petite et grande, chaque membre de cette famille est une lumière qui illumine mon chemin et pour cela je vous suis infiniment reconnaissante.

À mes amis (lahna,kenza,katia,fares,Karim...) , qui m'ont accompagné tout au long de mon chemin, je vous dédie ce mémoire, qui est également un hommage à votre amour, votre dévouement et votre générosité. Je vous remercie pour tout le bonheur que vous m'avez apporté.

À mes professeurs, qui ont été inspirations pour moi, notamment ma professeure de science en CEM, qui a semé l'amour de la découverte et de la science dans mon cœur.

Enfin, je dédie ce travail, qui porte l'empreinte de l'engagement, de la créativité et de l'amitié, à mon binôme Nesrine. Je veux prendre le temps de vous dire à quel point vous comptez pour moi. Vous êtes une personne exceptionnelle qui m'a inspiré à donner le meilleur de moi-même. Je suis reconnaissante de partager avec vous les moments les plus intenses de ma vie professionnelle et personnelles. Je vous exprime ma gratitude pour votre présence, votre soutien et votre compréhension.

Avec amour,zohra

Résumé

La nourriture saine est devenue une véritable tendance dans la société moderne, avec une prise de conscience accrue des bienfaits d'une alimentation équilibrée. Parmi les aliments les plus populaires, les pâtes occupent une place importante. Traditionnellement considérées comme un aliment de base, elles sont maintenant enrichies en légumes pour répondre à la demande croissante de produits plus nutritifs.

Dans ce travail, nous avons caractérisé deux légumes, la betterave et l'épinard, en évaluant leur composition en composés phytochimiques, ainsi que leur activité antioxydante et leurs teneurs en composés bioactifs. La betterave a révélé une teneur en polyphénole de (454,21±67,07mg EAG/100g de ms), (116±70,01mg EQ /100 g ms) en flavonoïdes, une valeur d'IC50 de 0,000048 g/ml, un pouvoir réducteur ferrique de 64,3%. L'épinard a montré une teneur en polyphénole de (1240±312,4 mg EAG/100g de ms), (760±200 mg EQ /100 g ms) en flavonoïdes, une valeur d'IC50 de 0,000038 g/ml, un pouvoir réducteur ferrique de 84,5%.

Nous avons ensuite étudié l'effet de supplémentation des poudres de ces légumes dans les pâtes sur leur qualité nutritionnelle, culinaire et leur activité antioxydante. Trois niveaux de suppléments (5%, 10%, 15%) ont été examinés.

Les extraits éthanoliques des pâtes enrichies à diverses concentrations révèlent une activité antioxydante, attestant de la présence de composés bioactifs. Il a été constaté que l'augmentation de la concentration de poudre incorporée entraîne une augmentation notable de la teneur en composés phénoliques et de l'activité antioxydante. Cette corrélation positive, indique que l'enrichissement des pâtes améliore leur potentiel antioxydant et leur capacité à neutraliser les radicaux libres.

Les pâtes enrichies ont montré une augmentation significative ($p < 0,05$) des teneurs en protéines et en cendres. En plus, à mesure que le taux de supplémentation en poudres augmente, les teneurs en cendres et en protéines augmentent également.

L'étude de la qualité culinaire des pâtes enrichies a démontré qu'elles ont un excellent indice de gonflement, une capacité d'absorption élevée, est un temps de cuisson inférieur à celui de standard. Ce qui indique leur meilleure qualité et résistance après cuisson.

Mots-clés : Betterave, épinard, pâtes alimentaire, supplémentation (enrichissement), activité antioxydante.

Abstract

Healthy food has become a real trend in modern society, with increased awareness of the benefits of a balanced diet. Among the most popular foods, pasta holds an important place. Traditionally considered a staple food, pasta is now enriched with vegetables to meet the growing demand for more nutritious products.

In this work, we characterized two vegetables, beetroot and spinach, by evaluating their composition in phytochemicals, as well as their antioxidant activity and bioactive compound content. Beetroot revealed a polyphenol content of 454.21 ± 67.07 mg GAE/100 g dry matter, flavonoid content of 116 ± 70.01 mg QE/100 g dry matter, an IC₅₀ value of 0.000038 g/ml, and a ferric reducing power of 64.3%. Spinach showed a polyphenol content of 1240 ± 312.4 mg GAE/100 g dry matter, flavonoid content of 760 ± 200 mg QE/100 g dry matter, an IC₅₀ value of 0.000038 g/ml, and a ferric reducing power of 84.5%.

We then studied the effect of supplementing pasta with these vegetable powders on their nutritional, culinary quality, and antioxidant activity. Three levels of supplementation (5%, 10%, 15%) were examined.

Ethanollic extracts of pasta enriched at various concentrations reveal antioxidant activity, indicating the presence of bioactive compounds. It was found that increasing the concentration of incorporated powder leads to a notable increase in the phenolic compound content and antioxidant activity. This positive correlation, confirmed by p-values < 0.05 , suggests that enriching pasta improves their antioxidant potential and their ability to neutralize free radicals.

The enriched pasta showed a significant increase ($p < 0.05$) in protein and ash content. Thus, as the supplementation rate of powders increases, the ash and protein contents also increase.

The study of the culinary quality of enriched pasta demonstrated that they have an excellent swelling index, high absorption capacity, and a shorter cooking time compared to the standard. This indicates their better quality and resistance after cooking.

Keywords: Beetroot, Spinach, Pasta, Supplementation (Enrichment), Antioxidant Activity.

ملخص

أصبحت الأغذية الصحية اتجاهًا حقيقيًا في المجتمع الحديث، مع زيادة الوعي بفوائد النظام الغذائي المتوازن. من بين الأطعمة الأكثر شهرة، تحتل المعكرونة مكانة هامة. تقليديًا تُعتبر غذاءً أساسيًا، والآن يتم تعزيزها بالخضروات لتلبية الطلب المتزايد على المنتجات الأكثر تغذية.

في هذا العمل، قمنا بتوصيف نوعين من الخضروات، البنجر والسبانخ، من خلال تقييم تركيبها من المركبات الكيميائية النباتية، وكذلك نشاطها المضاد للأكسدة ومحتواها من المركبات النشطة بيولوجيًا. أظهر البنجر محتوى من البوليفينول بلغ (67.07±454.21) ملغ مكافئ حمض الغاليك/100 غ من المادة الجافة)، (70.01±116) ملغ مكافئ كيرسيتين/100 غ من بلغت 0.000038 غ/مل، وقدرة اختزال الحديد بلغت 64.3%. وأظهر IC50 المادة الجافة) من الفلافونويدات، وقيمة السبانخ محتوى من البوليفينول بلغ (312.4±1240) ملغ مكافئ حمض الغاليك/100 غ من المادة الجافة)، (200±760) ملغ بلغت 0.000038 غ/مل، وقدرة اختزال IC50 مكافئ كيرسيتين/100 غ من المادة الجافة) من الفلافونويدات، وقيمة الحديد بلغت 84.5%.

ثم قمنا بدراسة تأثير إضافة مسحوق هذه الخضروات في المعكرونة على جودتها الغذائية والطهوية ونشاطها المضاد للأكسدة. تم فحص ثلاثة مستويات من الإضافة (5%، 10%، 15

تكشف المستخلصات الإيثانولية للمعكرونة المعززة بتركيزات مختلفة عن نشاط مضاد للأكسدة، مما يشير إلى وجود مركبات نشطة بيولوجيًا. وقد وجد أن زيادة تركيز المسحوق المضاف يؤدي إلى زيادة ملحوظة في محتوى المركبات، تشير إلى أن تعزيز ($p < 0.05$) الفينولية والنشاط المضاد للأكسدة. هذه العلاقة الإيجابية، التي تم تأكيدها بواسطة قيم المعكرونة يحسن من قدرتها المضادة للأكسدة وقدرتها على تحييد الجذور الحرة.

في محتوى البروتين والرماد. وبالتالي، مع زيادة معدل إضافة ($p < 0.05$) أظهرت المعكرونة المعززة زيادة كبيرة المسحوق، تزداد محتويات الرماد والبروتين أيضًا.

أظهرت دراسة جودة الطهو للمعكرونة المعززة أن لديها مؤشر انتفاخ ممتاز، وقدرة امتصاص عالية، ووقت طهي أقل مقارنة بالمعيار. مما يشير إلى جودتها ومقاومتها الأفضل بعد الطهي.

الكلمات الرئيسية: شمندر، سبانخ، معكرونة إضافة (تعزيز)، نشاط مضاد للأكسدة

Liste des tableaux

Tableau 01 :	Taxonomie de <i>beta vulgaris</i>	09
Tableau 02 :	Composition nutritionnelle de la betterave par 100 gramme.....	11
Tableau 03 :	Taxonomie de <i>spencia oleacera</i>	15
Tableau 04 :	Composition nutritionnelle d'épinard par 100 gramme.....	16
Tableau 05 :	Résultats des analyses physicochimiques des poudres d'épinard et de betterave.....	33
Tableau 06 :	Screening phytochimique des plantes (Betterave, Epinard).....	39
Tableau 07 :	Teneur en composés bioactifs et activité antioxydante des poudres d'épinard et de betterave.....	41
Tableau 08 :	composition physicochimique des pâtes.....	47
Tableau 09 :	Teneur en composés bioactifs et activité antioxydante des pâtes enrichies.....	53
Tableau 10 :	caractéristiques culinaire des pâtes enrichies.....	58
Tableau 11 :	Valeurs nutritionnelles des pâtes élaborés et des pâtes commercialisées.....	61

Liste des figures

Figure 01	Etapes de préparation de poudre de betterave et d'épinard.....	18
Figure 02	Protocole détaillé de dosage des protéines.....	21
Figure 03 :	Protocole de dosage des sucres totaux	22
Figure 04 :	Protocole de dosage des polyphénols totaux.....	25
Figure 05 :	Protocole de dosage des flavonoïdes	25
Figure 06 :	Protocole détaillé de détermination de l'activité anti radicalaire.....	26
Figure 07 :	Protocole détaillé de pouvoir réducteur de fer.....	27
Figure 08 :	Étapes de fabrication des pâtes alimentaires enrichies à la poudre de betterave.....	28
Figure 09 :	test de dégustation.....	31
Figure 10 :	Pourcentage d'inhibition du radical DPPH des extraits d'épinard et de betterave	43
Figure 11 :	Pouvoir réducteur de fer des deux extraits éthanolique (épinard et betterave).....	46
Figure 12 :	Pourcentage d'inhibition du radical DPPH des extraits des pâtes aux épinards et à la betterave a différents concentrations.....	55
Figure 13 :	Pouvoir réducteur ferrique des pâtes enrichies à la betterave et aux épinards à différentes concentrations.....	56
Figure 14 :	Profil sensoriel des pâtes enrichies à la poudre de betterave et des pâtes témoins cuites.....	60

Liste des abréviations

µg : microgramme

µl : microlitre

AACC : Céréale & graines association

AAR : Activité antiradicalaire

Afnor : Association française de normalisation

AlCl₃ : Chlorure d'aluminium

BCA : Bovin Sérum Albumine

CD : Cendres

DO : Densité optique

DPPH : 2,2-diphényl 1-picrylhydrazyle

EAG : Equivalent d'Acide Gallique

EQ : Equivalent Quercétine

Fe⁺² : Fer ferreux

Fe⁺³ : Fer ferrique

FeCl₃ : Chlorure de fer

FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Potential

g: gramme

H₂SO₄: Acide sulfurique

IC 50 : Concentration Inhibitrice médiane

LDL : lipoprotéine de basse densité

Mg : milligramme

ml : millilitre

N : Normalité

PB: pâte betterave

PEP: Pâte épinard

Ph :Potentiel d'Hydrogène

ST:standard

TCA: acide trichloracétique

TCO : temps de cuisson optimal

TABLE DES MATIÈRES

RESUME

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ABRÉVIATIONS

INTRODUCTION.....1

Partie bibliographique

Chapitre 01: Pâtes alimentaires

1. Consommation et la production des pâtes dans le monde	04
2. Définition des pâtes alimentaires	04
3. Composition des pâtes alimentaires.....	04
4. Etapes de fabrication des pâtes alimentaires.....	05
4.1. Hydratation / Malaxage.....	05
4.2. Extrusion ou laminage.....	05
4.3. Le séchage.....	05
5. Caractéristiques de la qualité des pâtes alimentaires.....	06
5.1. Qualité technologique.....	06
5.2. Qualité nutritionnelle.....	06
5.3. Caractéristiques structurelles.....	06
6. Enrichissement des pâtes alimentaires.....	07

Chapitre 2 : La betterave

1. Généralités sur la betterave.....	08
2. Origine et historique.....	08
3. Taxonomie.....	09
4. Division anatomique.....	10
5. Variétés.....	10
6. Nutriment et composés bioactifs de betterave.....	10

7. Effet de betterave sur la santé.....	12
8. Utilisations.....	12
8.1. Utilisation médical.....	12
8.2. Utilisation alimentaire.....	13

Chapitre 03 : Les épinards

1. Généralités sur l'épinard.....	14
2. Origine et historique.....	14
3. Taxonomie.....	14
4. Division anatomique.....	15
5. Variétés.....	15
6. Nutriment et composés bioactifs.....	16
7. Effet d'épinard sur la santé.....	17
8. Utilisation	17
8.1. Utilisation médical.....	17
8.2. Utilisation alimentaire.....	17

Partie expérimentale

Chapitre 04: Matériel et méthodes

1. Matières premières.....	18
1.1. Poudre d'épinards et de betterave.....	18
1.1.1 : préparation de la poudre.....	18
1.2. Farine.....	18
1.3. Eau.....	18
2. Détermination de ph.....	19
3. Détermination d'acidité titrable.....	19
4. Détermination de taux d'humidité.....	19
5. Détermination de taux de cendre.....	19
6. Dosage des protéines.....	20
6.1. Préparation d'extrait protéique	20
7. Dosage des glucides totaux.....	21
7.1. Préparation d'extrait glucidique.....	21
8. Screening phytochimique.....	22
8.1. Préparation des extraits.....	22
8.1.1. Extrait aqueux.....	22

8.1.2. Extrait éthanolique.....	22
9. Détermination de l'activité antioxydant.....	24
9.1. Dosage des polyphénols totaux.....	24
9.2. Dosage des flavonoïdes.....	25
10. Détermination de l'activité anti radicalaire.....	26
11. Détermination de pouvoir réducteur ferrique.....	27
12. Processus de fabrication des pâtes.....	28
13. Qualité culinaire des pâtes.....	29
13.1. Temps optimal de cuisson.....	29
13.2. Pertes à la cuisson.....	29
13.3. Absorption d'eau et indice de gonflement.....	29
14. Analyse sensoriel.....	30
15. Analyse statistique.....	31

Chapitre 05 : Résultats discussion.

1. Caractérisation de la matière première.....	33
1.1. Détermination des paramètres physicochimiques.....	33
1.1.1. PH.....	33
1.1.2. Acidité titrable.....	33
1.1.3. Humidité.....	34
1.1.4. Teneur en cendres.....	35
1.1.4. Teneur en protéines.....	35
1.1.5. Teneur en sucres totaux.....	36
1.2. Screening phytochimique.....	38
1.3. Teneur en composés bioactifs et activité antioxydante	41
1.3.1. Teneur en composés phénolique.....	41
1.3.2. Teneur en flavonoïde.....	42
1.3.3. Activité antiradicalire.....	43
1.3.4. pouvoir réducteur fer.....	45
2. Caractérisation de produit fini.....	46
2.1. Détermination des paramètres physicochimique.....	46
2.1.1. PH	47
2.1.2. Acidité titrable.....	47
2.1.3. Humidité.....	48

2.1.4. Teneur en cendres.....	49
2.1.5. Teneur en protéines.....	50
2.1.6. Teneur en sucres totaux.....	51
2.2. Teneur en composés bioactifs et activité antioxydante.....	52
2.2.1 .Teneur en composés phénolique.....	52
2.2.2. Teneur en flavonoïdes.....	55
2.2.3. Activité anti radicalaire.....	55
2.2.4. Pouvoir réducteur de fer.....	56
2.3. Qualité culinaire.....	57
2.4. Interprétation de l’analyse sensorielle.....	58
2.5. Interprétation de la valeur nutritionnelle globale des pâtes élaborées.....	60
Conclusion et perspectives.....	62

Références Bibliographiques

Annexes

Introduction

Les aliments à base de céréales sont d'une importance primordiale pour la nutrition humaine puisqu'ils représentent 30 à 70 % de l'apport énergétique quotidien **(de Oliveira et al, 2021)**. Les pâtes sont un aliment traditionnel à base de céréales, très populaire dans le monde entier en raison de leur facilité de préparation, de leur qualité nutritionnelle et de leur goût agréable **(Cappa et al, 2017 ; Tazart et al, 2019 ;Littardi et al, 2020)**.

Les pâtes sont un aliment de base dans de nombreuses cultures, fabriqué à partir de pâte non levée, pétrie, laminé, extrudé et séché. **(Mridula et al, 2016)**. Les pâtes étant un produit à base de blé, elles sont une bonne source de glucides (74–77%) et de protéines (11–15 %)**(Monge et al, 1990)**. Mais elles sont faible en fibres et en autre nutriments **(Zhang et al, 2016)** .Pour cette raison, les pâtes sont un bon véhicule pour l'enrichissement nutritionnel avec des composés bioactifs et peuvent devenir un aliment fonctionnel **(De Santis et al, 2020 ; Fradinho et al, 2020 ; Kowalczewski et al, 2019)**.

Une consommation fréquente et excessive de pâtes instantanées présente un risque élevé pour la santé, incluant l'obésité, les maladies métaboliques et divers troubles digestifs **(Shin et al,2017; Chung et al, 2010)**. Pour produire des pâtes plus saines et équilibrées sur le plan nutritionnel, particulièrement pendant les périodes de croissance et de développement, il est essentiel d'ajouter des légumes lors de leur fabrication. Cela permettrait d'enrichir les pâtes en vitamines, qui, en tant qu'antioxydants, jouent un rôle crucial dans la neutralisation des radicaux libres et la protection des cellules corporelles **(Ashor et al, 2016)**. Cependant, la majorité des gens, notamment les enfants et les adolescents, n'apprécient pas les légumes dans leur alimentation **(O'Dea, 2003)**. Il est donc impératif de développer des produits alimentaires riches en légumes qui soient attrayants et acceptés par les enfants.

Conscients de l'intérêt des consommateurs pour les constituants nutritionnels et de santé présents dans les produits transformés, il est important de développer un produit qui pourrait satisfaire les besoins nutritionnels ainsi que les propriétés bénéfiques pour la santé dans les produits transformés. À cet égard, les aliments fonctionnels offrent une excellente opportunité d'améliorer la qualité des produits. **(Betoret et al, 2011)**.

La plupart des légumes possèdent une grande valeur nutritionnelle, offrant une variété de vitamines, minéraux et antioxydants essentiels pour une alimentation équilibrée. Parmi ces légumes, l'épinard et la betterave se distinguent particulièrement.

Introduction général

Les épinards (*Spinacia oleracea L*), un légume à feuilles vert foncé, appartiennent à la famille des Chenopodiaceae (Naseem et al, 2023) et sont largement consommés à travers le monde en raison de leur composition nutritionnelle unique. (Junejo et al, 2021) ils sont cultivés partout dans le monde (Montenegro et al, 2022).

Il est reconnu comme l'un des aliments les plus puissants et parfaits en raison de ses micronutriments. (Hussain et al ,2022).

L'épinard a de nombreux avantages et une haute teneur nutritionnelle. Il est riche en fibres, vitamines A, C, E, K, B6, et B12, et contient plusieurs minéraux et autres nutriments, tels que le magnésium, manganèse, fer, calcium, cuivre, potassium ,phosphore ,zinc, Sélénium , folate, acide folique, niacine, acides gras oméga-3.(Sumiahadi et al,2024). Les épinards sont également une excellente source de chlorophylle,sont riches en lutéine et en bêta-carotène. (El-Shora et al, 2024).Ils sont considérés comme une bonne source de plusieurs flavonoïdes (Estrada et al, 2022), qui sont une source puissante d'antioxydants. (Sultana et al, 2024).

La haute teneur nutritionnelle rend l'épinard très bénéfique pour la santé humaine, en tant qu'antioxydant en favorisant la croissance et le développement des enfants (Nurtjahyani & Iskandar, 2016 ; Roughani & Miri, 2019).Il exerce des effets bénéfique contre l'anémie nutritionnelle. (Edelman & Colt, 2016 ; Shaheen et al, 2018).

Beta vulgaris L., également connue sous les noms de betterave, est une bisannuelle herbacée de la famille des Chénopodiacées (Zin et al, 2022).

La betterave rouge est considérée comme un aliment favorable à la santé en raison de la présence de composants nutritionnels et bioactifs tels que les vitamines, les minéraux, les phénols, les nitrates et les bêtaïnes.(Kruszewski et al ,2023).

La betterave offre une richesse en nutriments, en vitamine C, en fer, potassium, phosphore, cuivre et en acide folique. (Al-Hachami et al ,2022). Elle contient divers composés bioactifs tels que les bêtaïnes.(Hadipouret al ,2020). La betterave se classe parmi les dix légumes les plus puissants en termes de capacité antioxydante, attribuée à sa teneur totale en composés phénoliques. (Elattar et al, 2024).

Introduction général

La betterave rouge est une matière première précieuse couramment utilisée dans l'industrie de la transformation pour la production de divers types d'aliments. **Ceclu et al (2020)**, grâce à ces propriétés antioxydante, anticancéreuse, antimicrobienne et anti anémie. **(Marianne et al, 2024)**.

La tendance actuelle est d'utiliser des ingrédients naturels bénéfiques pour la santé dans le traitement et la fabrication des aliments. **(Yaghoubi et al, 2024)**.

La consommation de pâtes est très populaire, surtout chez les enfants. Cependant, elles sont peu faibles en termes de qualité nutritionnelle. Pour améliorer cette qualité, on les enrichit avec des légumes. Étant donné que plusieurs personnes n'aiment pas souvent les légumes, il est préférable de les incorporer dans les pâtes de manière à augmenter leur valeur nutritionnelle sans que les enfants ne s'en aperçoivent. De plus, les pâtes enrichies peuvent devenir plus attrayantes grâce aux couleurs vives obtenues par l'ajout de ces ingrédients, rendant leur consommation plus agréable pour les enfants.

L'objectif de cette étude est d'élaborer des pâtes alimentaires enrichies en légumes (betterave et épinard) présentant une haute valeur nutritionnelle, notamment en composés bioactifs agissant en tant qu'antioxydants et en fer, bénéfique contre l'anémie. De plus, cette démarche vise à valoriser les légumes riches en composés bioactifs, disponibles localement.

Ce travail est structuré en deux parties et cinq chapitres :

- la partie bibliographique divisé sur trois chapitres : le premier consiste a des généralités sur les pâtes alimentaire, le deuxième et le troisième sont consacré a l'étude des plantes utilisés (leurs composition, activité biologique et leurs utilisation).
- La partie expérimentale divisé sur deux chapitre : l'un expose les matériels et les méthodes mis en œuvre dans le cadre du travail expérimental, l'autre présent les résultats obtenus et leurs description.
- Enfin une conclusion.

1 ère PARTIE : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 01 : Pâtes alimentaires

1. La consommation et la production des pâtes dans le monde :

Les pâtes sont l'un des aliments de base les plus consommés et populaires en raison de leurs valeur sensorielle et nutritionnelle, de leur commodité et de leur polyvalence. (Giacco et al, 2016).

On estime qu'environ 14,3 millions de tonnes de pâtes sont produites chaque année dans le monde. Le principal producteur est l'Italie, suivie par les États-Unis, le Brésil, la Turquie et la Russie. Les Italiens sont les principaux consommateurs de pâtes, avec 23,1 kg par habitant et par an, suivis par les Tunisiens (17 kg), les Vénézuéliens (12 kg) et les Grecs (11,4 kg). (IPO ,2014).

2. Définition des pâtes alimentaires :

Les pâtes alimentaires sont traditionnellement élaborées à partir de semoule de blé dur. (Laleg et al, 2017).Leurs processus de fabrication, appelé pastification, implique l'hydratation, le malaxage, l'extrusion et le séchage de la pâte, créant une structure finale dense composée d'un réseau protéique qui entoure les granules d'amidon. (Petitot et al, 2009)

Cette structure particulière confère aux pâtes un faible indice glycémique et des qualités gustatives distinctes. (Cunin et al, 1995).

3.Composition des pâtes alimentaire :

Les pâtes alimentaires sont parmi les aliments céréaliers les plus simples, Elles sont reconnues pour leurs propriétés nutritionnelles intéressantes, notamment leur teneur élevée en glucides complexes (70%) et en protéines (13%), avec seulement (2%) de lipides. (Foster-Powell et al, 2002).

Les pâtes de blé sont également énergétiques, pauvres en sodium et en matières grasses, et ne contiennent pas de cholestérol. Elles sont riches en amidon, mais contiennent des quantités relativement faibles de fibres alimentaires, de vitamines et de minéraux. (Sujka et al, 2022).

4.Etapes de fabrication des pâtes alimentaires :

4.1. Hydratation / Malaxage :

Au début du processus de fabrication des pâtes, la farine de blé/la semoule est mélangée avec de l'eau afin d'assurer l'homogénéité et la diffusion au centre des particules de farine/de semoule et de former une pâte. (Icard-Vernière *et al*, 1999).

Pendant le mélange, l'hydratation doit être comprise entre 29 % et 32 % ; une teneur en eau plus faible ne permet pas une hydratation correcte des particules de semoule, tandis que des niveaux plus élevés conduisent à des difficultés lors de l'extrusion, (Kim *et al*, 2008).

L'hydratation de la semoule/de la farine favorise la mobilité moléculaire de ses composants avant le développement de la pâte, ce qui permet des modifications biochimiques des protéines et de leurs interactions. (Dexter *et al*, 1977).

4.2. Extrusion ou laminage :

Pendant l'extrusion, la pâte est mélangée et pétrie sous très haute pression à travers une filière pour former la forme finale des pâtes. En raison de la chaleur générée par la pression et le frottement. (Le Roux *et al*, 1995). Le processus d'extrusion est réalisé sous vide afin d'éviter une oxydation supplémentaire des pigments due à la destruction ou à l'inhibition des enzymes, ainsi que la réduction de l'oxygène disponible. (Delcros *et al*, 1998 ; Beleggia *et al*, 2011).

D'autre part, certains types de pâtes passent plusieurs fois à travers des rouleaux de laminage au lieu de l'extrusion. Pendant ce processus, la pâte est pétrie et roulée en une feuille par compression entre une série de paires de cylindres rotatifs avec des espaces entre les rouleaux décroissants. (Petitot *et al*, 2009). La feuille est pliée plusieurs fois, favorisant le réticulage des protéines et le développement du gluten. (Feillet *et al*, 1977). La feuille obtenue est ensuite découpée en brins de la largeur et de la longueur souhaitée. (Carini *et al*, 2010).

4.3. Le séchage :

Après l'extrusion/le laminage, les pâtes, avec un taux d'humidité d'environ 30 %, doivent être séchées jusqu'à un niveau d'humidité d'environ 12,5 %. (De Noni *et al*, 2010). Le séchage des pâtes était initialement effectué à basse température de 40 à 50 °C, puis avec l'introduction de nouvelles technologies, la température de séchage élevée de 60 à 90 °C a été utilisée dans les installations industrielles. (De Pilli *et al*, 2014).

5. Les Caractéristiques de qualité des pâtes alimentaires :

5.1. La qualité technologique :

- La Couleur.(**Hareland et al,1995**).
- Temps de cuisson optimal. (**Heneen et al, 2003**).
- Pertes de cuisson.(**Debbouz et al, 1996**)
- Absorption d'eau et indice de gonflement. (**Del Nobile et al, 2005**).
- La texture du produit cuit est caractérisée par la fermeté et la masticabilité après cuisson.

5.2. La qualité nutritionnelle :

Les pâtes alimentaires sont reconnues pour leurs qualités nutritionnelles et énergétiques. Elles fournissent davantage d'énergie que le pain, les pommes de terre et même certaines viandes. (**Bustos et al, 2015**). En termes de contenu protéique, les pâtes offrent une contribution significative, avec environ 10 à 12 g de protéines pour 100 g, tandis que ce chiffre peut atteindre 12 à 14 g dans le cas des pâtes aux œufs. (**Feillet , 2000**).

5.3. Caractéristiques structurelles :

La qualité des pâtes, indépendamment du type de blé utilisé, dépend principalement de la structure de l'amidon et des protéines, ainsi que de leurs interactions tout au long du processus de fabrication et de cuisson.(**Petitot et al,2009**)Pour garantir des pâtes avec une bonne qualité de cuisson et des caractéristiques de texture acceptables, il est crucial de développer un réseau de protéines élastique et extensible pendant le traitement initial.(**Fu et al,2008**) et Pendant la cuisson, l'eau s'infiltré dans la matrice protéique à travers les fissures de la surface des pâtes, ce qui entraîne une hydratation des protéines, une augmentation de volume et des tensions supplémentaires, conduisant à des fractures supplémentaires.(**Dexteret al,1978**). Ces modifications de la structure favorisent une absorption accrue d'eau et le ramollissement des pâtes, aboutissant à une texture finale désirée. (**Cunin et al, 1995**).

6. L'enrichissement des pâtes alimentaires :

La diversification des pâtes peut être réalisée en enrichissant leur formulation avec une variété d'ingrédients et en utilisant des processus technologiques appropriés. (**Martini et al, 2018**).

Au fil du temps, les pâtes ont évolué non seulement en termes de forme, mais aussi en intégrant des éléments tels que les œufs, légumes, épices, colorants et vitamines. (Brochard et al, 2019). Les tendances actuelles mettent en avant la consommation d'aliments fortifiés, ce qui a conduit au développement de produits de pâtes spécifiques contenant des ingrédients visant à améliorer les profils en acides aminés, en acides gras, en fibres alimentaires, ainsi qu'à augmenter la présence de vitamines, de minéraux. (**Sharma et al, 2021 ; Ungureanu-Iuga et al, 2020**).

De plus, des composés bioactifs peuvent également être ajoutés aux pâtes pour augmenter leurs bienfaits pour la santé, tels que des composés phénoliques avec une activité antioxydante, qui peuvent être incorporés à partir de sources naturelles. (**Bustos et al, 2020 ; Kowalczewski et al, 2019 ; Armellini et al, 2018**).

Chapitre02 : Labetterave

1. Généralités sur la betterave :

La betterave (*Beta vulgaris L.*), de la famille des Chénopodiacées, est une plante originaire du sud et de l'est de l'Europe ainsi que du nord de l'Afrique. **(de Oliveira et al, 2021)**. Plus tard, elle a migré vers l'Europe et l'ouest de l'Inde, établissant un centre de variété secondaire au Proche-Orient. Les pays européens consomment beaucoup de betteraves. L'Angleterre et la France sont les principaux fabricants en Europe. En Espagne, 564 hectares de betteraves sont cultivés, ce qui représente 0,14% de la surface totale de culture de légumes. La culture est généralement effectuée en plein air sur des terres irriguées (97%) avec un faible pourcentage (0,03%) effectué sur des terres sèches. **(Pandita et al, 2020)**.

En 2017, la production de betteraves en Fédération de Russie s'élevait à 51,9 millions de tonnes, soit 17,3% de la production mondiale de betteraves. Les cinq principaux pays autres que la Russie et l'Espagne sont la France, l'Allemagne, la Turquie et les États-Unis, qui représentent 58,6% de la production mondiale. La production mondiale totale de betteraves était estimée à environ 32,57 millions de tonnes en 2022, soit 4 millions de tonnes de moins qu'en 2021, où elle était de 270,16 millions de tonnes métriques. **(Alsabeelah et al, 2024)**.

La betterave est une plante bisannuelle cultivée pour ses racines épaisses et voyantes au début du printemps. **(Kale et al, 2018)**. Les membres de cette famille sont des dicotylédones. C'est une herbe annuelle érigée avec des racines tubéreuses. Elle figure parmi les dix légumes les plus puissants en ce qui concerne la propriété antioxydant. **(Yadav et al, 2016)**.

Elle possède des caractéristiques favorables à la santé, effets antioxydants, anti-inflammatoires et activités anti-cancérogènes. C'est pourquoi la betterave est actuellement utilisée comme ingrédient fonctionnel dans le développement de divers repas. **(Mirmiran et al, 2020)**.

2. Origine et historique :

Le terme "betterave" trouve son origine dans la plante "bette", qui était initialement cultivée pour ses feuilles. La betterave, issue de cette plante, provient des côtes de la Méditerranée, où elle pousse encore à l'état sauvage. Le mot "rave" désigne les plantes potagères cultivées pour leurs racines. **(Francine, 2015)**.

La betterave est originaire de l'Asie Mineure et de l'Europe. Elle a été utilisée pour la première fois comme aliment vers le troisième siècle après J.-C. (Neha et al, 2018).

Les anciens Babyloniens ont été les premiers à l'utiliser pour diverses applications. Les premiers Grecs et Romains utilisaient la racine pour ses propriétés médicinales et les feuilles comme légumes. En avançant dans le temps, la betterave a occupé une place importante en médecine. En Angleterre, le jus ou le bouillon de betterave était recommandé comme aliment facilement digeste pour les personnes âgées. (Yashwant et al, 2015).

3. Taxonomie :

La betterave (*Beta vulgaris* L), appartient à la famille des Amaranthaceae (anciennement des Chenopodiaceae). (Lange et al ,2008).

Il est connu de plusieurs noms communs comme betterave, blettes, betterave aux épinards, betterave rouge, betterave potagère ... (Batista et al, 2016).

- **La classification taxinomique de *beta vulgaris* selon : ITIS [Integrated Taxonomic Information System] [2021].**

Tableau 01: Taxonomie de *beta vulgaris*

Domaine	Nom scientifique
Règne	Plantae (végétaux)
Sous-règne	Viridiplantae
Super-embranchement	Embryophyta
Embranchement	Tracheophyta (plantes vasculaires)
Sous-embranchement	Spermatophytina
Classe	Magnoliopsida (dicotylédones)
Ordre	Caryophyllales
Famille	<i>Amaranthaceae</i>
Tribu	Betae
Genre	<i>Beta</i> L
Espèce	<i>Beta vulgaris</i> L

4. Division anatomique :

Selon (Kumar ,2015), (Chawla et al. 2016) et (Neha, 2018), la division anatomique de betterave constituant de : tige, feuilles, fleurset racine, qui est la partie la plus valorisé.

Racines : La betterave est une véritable plante bisannuelle, produisant une racine épaissie et une rosette de feuilles pendant la première année, et des fleurs et des graines la deuxième année. Les betteraves sont principalement cultivées pour leurs racines enflées.

Tige : La tige est courte et plate, produisant des feuilles simples disposées en une spirale serrée.

Feuilles : les feuilles sont en forme de cœur. Elles peuvent également être consommées comme des épinards.

Fleurs : Les fleurs sont très petites avec un diamètre de 3 à 5 mm et sont produites en épis denses. Elles sont vertes ou teintées de rougeâtre, avec cinq pétales.

5. Variétés :

Parmi les variétés de betteraves potagères les plus courantes ont a :(Jardiland ,2023)

➤ **Betterave d'Égypte** : variété de betterave rouge ancienne et précoce, extra pour les récoltes estivales. Racine ronde et plate, chair juteuse.

➤ **Betterave détroitrouge**:La variété produit des betteraves parfaitement rondes et lisses, peau rouge uniforme. La couleur intérieure est rouge foncé avec un zonage rouge claire. La chair est tendre et à grain fin, le dessus est petit ; feuilles vert foncé teinté de marron. C'est un cultivar à fort rendement

➤ **Betterave chioggia** :racine ronde très décorative : rose veiné de blanc

6.Nutriments et composés bioactifs de betterave:

La betterave est un légume-racine riche en caroténoïdes, flavonoïdes, vitamines, minéraux tels que le potassium, le sodium, le phosphore, le calcium, le magnésium, le cuivre, le fer, le zinc, le manganèse et des pigments hydrosolubles,tous ayant de nombreux avantages nutritionnels et pour la santé. (Panghal et al, 2018).

En plus, la betterave contient différents types de vitamines telles que la vitamine A, la thiamine, la riboflavine, la niacine, l'acide pantothénique, la vitamine B6, l'acide ascorbique et l'acide folique. (Chhikara et al, 2019)

La betterave est composée de plusieurs composés phytochimiques biologiquement actifs, notamment des bétalaïnes (les bétacyanines et bétaxanthines), flavonoïdes, composés phénoliques et saponines. Les bétalaïnes représentent environ 70 à 100 % de composition phénolique de la betterave. (Baião et al, 2017). En fait, la betterave figure parmi les plantes ayant l'activité antioxydante la plus élevée. (Yaghoubi et al, 2024).

Tableau 02 : Composition nutritionnelle de la betterave par 100 gramme (Agarwal, 2014)

Composants	Teneur dans 100 g
Glucides (g)	9,96
Protéines (g)	1,68
Lipides (g)	0,18
Fibre (g)	2,8
Vitamine A (µg)	2
Riboflavine (mg)	0,27
Niacine (mg)	0,331
Thiamine (mg)	0,31
Acide ascorbique (mg)	3,6
Folate (µg)	80
Sodium (mg)	77
Calcium (mg)	16
Fer (mg)	0,8
Magnésium (mg)	23
Potassium (mg)	305
Zinc (mg)	0,35

7. Effets de betterave sur la santé:

La betterave contient un ensemble de composés bioactifs qui lui confèrent des propriétés naturelles antianémiques, anti-inflammatoires, anti-hypertensives, antioxydantes, anticancéreuses, antipyrétiques, antibactériennes, détoxifiantes et diurétiques. **(Hobbs et al, 2013).**

- Elle exerce des activités anticancéreuses, réduisent légèrement la réponse inflammatoire et modulent la réponse immunitaire **(Iglesias et al, 2015).**
- Il réduit le mauvais cholestérol, le cholestérol LDL oxydé et normalise la pression artérielle **(Guldiken et al, 2016)**
- Les extraits de betterave ont une activité antihypertensive et hypoglycémique **(Ninfali et al, 2013)**
- La fonction des bétalaines est de réduire la concentration d'homocystéine, ce qui régule l'homéostasie vasculaire, maintient la fonction plaquettaire, l'activité thrombotique. **(Machha et al, 2011).**
- La teneur élevée en fer des betteraves régénère et réactive les globules rouges et fournit de l'oxygène frais au corps. La teneur en cuivre des betteraves aide à rendre le fer plus disponible pour le corps. **(Yashwantet al, 2015).**
- La betterave est très riche en antioxydants, qui contribuent à prévenir le vieillissement et les dommages cellulaires. **(Vasconcellos et al, 2016).**

8. Utilisations:

La betterave est un légume polyvalent et nutritif qui peut être utilisé de plusieurs manières, et dans plusieurs domaines :

8.1. Utilisation médicale :

Les suppléments de betterave ont montré une capacité à abaisser la tension artérielle, prévenir l'inflammation et le stress oxydatif, protéger la fonction endothéliale, et restaurer la circulation sanguine cérébrale, et protègent contre les maladies cardiovasculaires. **(Silva et al, 2019).**

8.2. Utilisation alimentaire :

Comme colorant : La couleur rouge intense des betteraves provient de la haute concentration de bétalaïnes. Les bétalaïnes sont utilisées comme colorants naturels dans l'industrie alimentaire, agent connu sous le nom d'E162. (Kale et al, 2018)

Chapitre 03 : L'épinard

1. Généralités sur l'épinard :

L'épinard (*Spinacia oleracea* L.) est une plante feuillue largement utilisée, ses feuilles et ses pousses servent au but des légumes crus et bouillis. (Zafer et al ,2022).c'est une plante herbacée annuelle,appartient à la famille des Amaranthaceae.(Huet al, 2007).

Elle porte des feuilles simples et alternes et des fleurs jaunâtres verdâtres avec des grappes de fruits bosselées contenant plusieurs graines. Elle pousse dans les régions subtropicales et tempérées, principalement en hiver (Rashid et al, 2014).Les épinards ont une grande valeur nutritionnelle lorsqu'ils sont rapidement bouillis ou cuits à la vapeur et également sous forme fraîche. (Iftikhar et al, 2023).La consommation de cette plante a divers effets positifs sur la santé humaine en réduisant le risque de diverses maladies dégénératives liées au vieillissement. (Singh et al, 2015).

L'épinard a plusieurs applications médicales et alimentaires (Bunea et al ,2008).

2. Origine et historique :

Les épinards (*Spinacia oleracea* L.) sont des légumes-feuilles annuelle de la famille des Chénopodiacées originaires d'Asie Mineure et d'Asie centrale. (Dong et al, 2008).

Les épinards ont été introduits pour la première fois en Chine vers le VIIe siècle et sont maintenant largement cultivés dans tout le pays.Les épinards se sont répandus en Afrique du Nord, puis en Espagne au XIe siècle, et ont été largement plantés en Allemagne au XIIIe siècle, suivis par une expansion dans d'autres pays européens. Les cultivars d'épinards développés dans ces régions avaient des feuilles rondes (Barker et al, 1974). Les épinards ont été introduits en Angleterre en 1568, puis en Amérique lors de l'expansion coloniale au début du XIXe siècle, et ont été largement plantés en Amérique à partir de 1806.(Meng et al, 2017).

3. Taxonomie :

Les épinards, scientifiquement connus sous le nom de *Spinacia oleracea*,sont des légumes-feuilles bisannuels de la famille des Chénopodiacées.(Metha et al, 2014).

Tableau 03 :taxonomie de *Spinacia oleracea*

Royaume	Plantae
Sous-royaume	Trachéobionta
Super division	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Caryophyllidae
Ordre	Caryophyllales
Famille	Chenopodiaceae
Genre	Spinacia L
Espèce	Spinacia oleracea L

4. Division anatomique :

Selon (Kirtikar *et al*, 2005), les épinards sont divisés en :

- **Tige** : Dressée, de 30 à 60 cm de hauteur, ronde, lisse, creuse, charnue, parfois rougeâtre.
- **Feuilles** : Alternes, les plus basses à long pétiole, diverses lobées avec des lobes de forme triangulaire aiguë, lisses sur les deux côtés.
- **Fleurs Mâles** :Fleurs sur de longs épis terminaux groupés et sur des épis plus courts à partir de l'axillaire, très nombreuses, sessiles, calice à 4 parties, 4 étamines, anthères jumelées, très grandes
- **Fleurs Femelles– axillaires** : Calice à 2 pointes avec une corne saillante de chaque côté, se transformant en épines lorsque la graine est mûre. Les styles sont généralement au nombre de 4, blanchâtres et effilés. Capsule à une cellule, une valve, armée, avec 2 courtes cornes opposées, et couronnée du petit calice restant.

5. Variétés:

Il existe seulement deux variétés taxonomiques confirmées d'épinards :(Wahua *et al*, 2023).

- une à fruits épineux [*S. oleracea* var. *spinosa* (Moench)].
- l'autre aux fruits sans épines [*S. oleracea* var. *inermis* (Moench) Peterm].

6.Nutriments et composés bioactifs :

Les épinards ont une grande valeur nutritive,Ils sont une source importante de vitamines, de fibres et de minéraux. (Olasupo et al, 2018).Ils sont appréciés pour leurs teneur élevée en acide ascorbique, caroténoïdes, vitamines de groupe B, vitamine K et E.De plus, ils contiennent du fer, du sodium, du potassium, du calcium, du magnésium, du phosphore, des sucres et des protéines. (Diana et al ,2023).

Les épinards sont une bonne source d'antioxydants et ont l'une des valeurs ORAC (capacité d'absorption des radicaux oxygénés) les plus élevées parmi les légumes. (Morelock et al, 2008).

Les épinards contiennent divers composés actifs tels que des flavonoïdes et d'autres ingrédients actifs polyphénoliques qui agissent de manière synergique en tant qu'agents anti-inflammatoires, antioxydants et anticancéreux. (Manzoor et al, 2020).

Tableau 04:Composition nutritionnelle d'épinard par 100 gramme. (Fayyaz et al, 2022).

Composants	Teneur dans 100 g
Protéine (g)	0,86
Fibres	3 ,50
Glucides	0,85
Magnésium (mg)	24
Fer (g)	0,81
Folate (mg)	0,058
Phosphore (mg)	30
Calcium (mg)	240
Potassium (mg)	206
Vitamine A (µg)	1113,33
Vitamine K1 (g)	38,10
Vitamine E (mg)	3,98
Vitamine B9(g)	62,70

7. Effets d'épinard sur la santé :

Les phytonutriments présents dans les épinards revêtent une grande importance médicinale.

- Diminution de risque de maladies dégénératives liées au vieillissement. (Singh *et al*, 2015).
- Les épinards contiennent divers composés actifs tels que des flavonoïdes, tannins ..., qui agissent de manière synergique en tant qu'agents anti-inflammatoires, antioxydants et anticancéreux. (Maeda *et al*, 2011).
- Ils exercent une activité hypoglycémique, grâce aux tannins qui augmentent l'activité de l'insuline et absorbent le glucose. (Tuli *et al*, 2016).
- Ils exercent une activité antimicrobienne contre plusieurs microorganismes, grâce aux flavonoïdes. (Gao *et al*, 2013).

8. Utilisations :

L'épinard est une plante polyvalente avec plusieurs domaines d'utilisation : médical, alimentaire.....

8.1. Utilisation médicale :

- Elle est utilisée dans le traitement des calculs biliaires. (Roberts *et al*, 2016).
- Riche en acide folique qui est utile pour le traitement de l'anémie. (Atti *et al*, 2006).
- Il possède des propriétés antipyrétiques, hypoglycémiantes, anthelminthiques, antioxydantes, hépatoprotectrices, anticancéreuses, antidépressives, antimicrobiennes et inhibitrices de virus. (Patil *et al*, 2009).

8.2. Utilisation alimentaire :

Les épinards sont consommés frais, utilisés dans l'industrie de la conserve pour la production de jus, de purées, dans les aliments pour bébés, et enfin pour la production de colorant vert. (Sokolova *et al*, 2023).

Partie expérimentale

Chapitre 04 : Matériels et méthodes

❖ **Cadre d'études :**

Les études que nous avons réalisées ont été menées dans laboratoire de biochimie de la faculté des sciences de la nature et de la vie ainsi que des sciences de la terre de l'université Akli Mohand Oulhadj de Bouira, entre mars et mai.

1. Matières premières :

1.1. Poudre d'épinard et de betterave :

1.1.1 : préparation de la poudre :

La préparation de ces légumes se déroule en trois étapes principales, comme indiqué dans la figure 01.

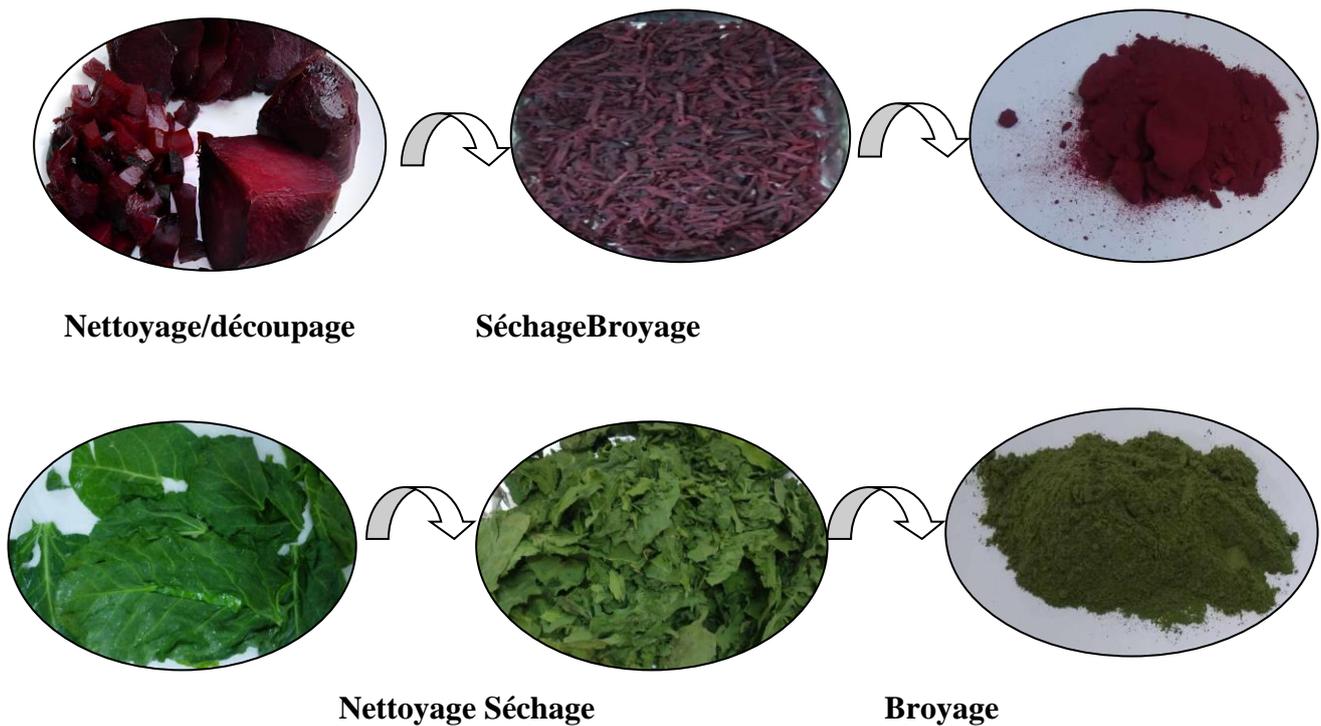


Figure 01 : Etapes de préparation de poudre de betterave et d'épinard.

1.2. Farine : Nous avons utilisé la farine Fine Fleur multi usage de SIM, conditionné en sachet de 1Kg, conservé à température ambiante dans un endroit sec.

1.3. Eau : Nous avons utilisé dans la fabrication de nos pâtes l'eau minérale.

2. Détermination de pH :

Dix grammes d'échantillon écrasée ont été ajoutés à 100 ml d'eau distillée pour obtenir un mélange homogénéisé. (Naseem et al, 2023). Le pH est calculé à température ambiante (25°C) en utilisant un pH-mètre (PH-009-A, stylo pH-mètre). (Prabawa et al, 2022). Avant l'estimation, le pH-mètre a été calibré en utilisant une solution tampon de pH 4,0, 7,0 et. (Kale et al, 2018).

3. Acidité titrable :

Les acides totaux ont été extraits dans l'eau et ont été déterminés en utilisant la méthode de titrage décrite par l'A.O.A.C. (2005). (Simran et al, 2019). L'acidité est basée sur l'extraction des acides des pâtes et leur titrage avec de l'hydroxyde de sodium 0,1 N, en utilisant la phénolphthaléine comme indicateur. (Pop et al, 2017).

4. Détermination de taux d'humidité :

La teneur en humidité peut être utilisée comme mesure de qualité du produit, car elle est spécifiquement basée sur le stockage du produit. (Prabawa et al, 2022). La teneur en humidité est calculée en soustrayant la quantité d'humidité perdue après 24 heures à 105 ± 3 °C (Cristina et al, 2018).

Les capsules vides sont d'abord soumises à un séchage de 15 minutes à 103 ± 2 °C dans une étuve. Après refroidissement dans le dessiccateur leur poids est mesuré. Chaque capsule est ensuite remplie avec 1 gramme d'épinard ou de betterave broyé, puis placée dans l'étuve à la même température pendant 3 heures. Une fois ce temps écoulé, les capsules sont retirées, transférées dans le dessiccateur, et pesées après refroidissement. Ce processus est réitéré jusqu'à ce qu'un poids constant soit obtenu. (Afnore, 1982).

Les résultats sont exprimés selon la formule suivante : (Desai et al, 2023)

$$H\% = \frac{M1 - M2}{P} \times 100$$

5. Détermination de taux de cendres :

La détermination se fait en plaçant l'échantillon dans un four à moufle à 550°C jusqu'à ce qu'une cendre blanchâtre de poids constant soit obtenue. (Wahua et al, 2023).

La procédure commence par peser 1 g d'épinard ou de betterave broyée en poudre dans des capsules en porcelaine. Ensuite, ces capsules sont placées dans un four à moufle préchauffé à 550 ± 15 °C pendant une période de 5 heures, jusqu'à ce qu'elles atteignent une teinte grise, claire ou blanchâtre. Après refroidissement, les capsules sont à nouveau pesées.

(NF V 05-113, (AFNOR 1982))

La teneur en matière organique est exprimée par la formule suivante :

$$MO = \frac{M1 - M2}{P} \times 100$$

MO %: Matière organique.

M1: Masse des capsules + prise d'essai.

M2: Masse des capsules + cendres.

P: Masse de la prise d'essai.

La teneur en cendres (Cd) est calculée comme suit :

$$CD = 100 - MO\%$$

6. Dosage des protéines :

Le dosage des protéines des extraits d'épinard et de betterave est réalisé selon la méthode de Bradford. Cette dernière est une méthode basée sur une réaction colorimétrique entre mes protéines et le réactif colorant de bleu de Coomassie. Une courbe d'étalonnage est tracée, on utilisant la BSA. (Bovin Sérum Albumine)(annexe 03).(BRADFORD, 1976).

L'absorbance est mesuré à 595 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. (Zafar et al, 2022).

6.1. Préparation d'extrait protéique :

Un échantillon d'un gramme est plongé dans 20 ml d'eau distillée, le mélange est mis sous agitation pendant 5 heures à 4°C. Les suspensions sont ensuite centrifugées à une vitesse de 0 9000 G pendant 40 minutes, et les surnageant sont récupérés.(Rezanejad, 2007).

La méthode adoptée et celle de(BRADFORD, 1976), avec quelques modifications :

50µl d'extrait protéique

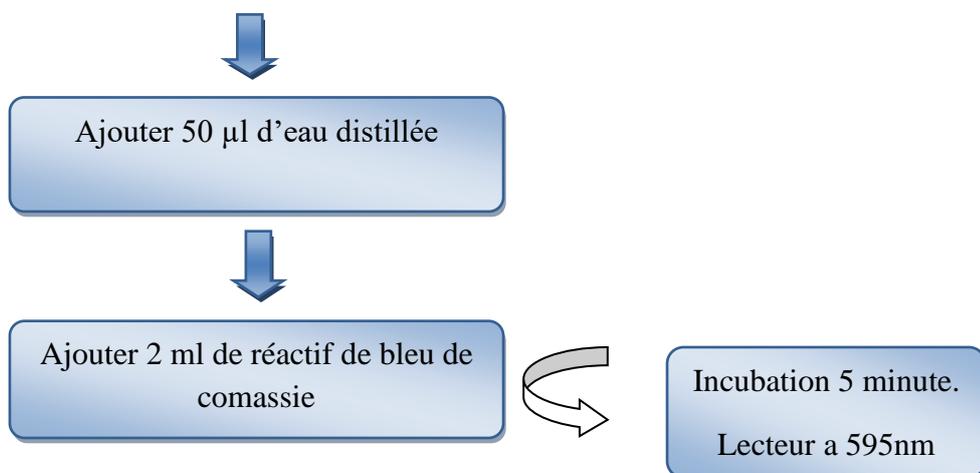


Figure 02 : Protocole détaillé de dosage des protéines

7. Dosage des glucides totaux :

Les sucres totaux sont dosés au moyen de l'anthrone (Yemm & Willis, 1954).

7.1. Préparation de l'extrait glucidique :

L'extraction de l'extrait glucidique a été réalisée selon la méthode de (Duboi et al, 1956) avec quelque modification .en plaçant 1 gramme de poudre végétale dans 16 ml d'éthanol. Ce mélange a été chauffé dans un bain-marie à 50°C pendant 2 heures. Par la suite, le mélange a été centrifugé à 3000 tours par minute pendant 10 minutes, puis le surnageant a été récupéré.

La quantité de sucres totaux a été évaluée au spectrophotomètre à 620 nm. Elle est estimée à l'aide d'une courbe étalon réalisée avec une solution de glucose(annexe 03), et exprimée en microgramme de glucose par gramme de matière sèche (μg Glucose gMS).

La méthode adoptée pour le dosage des sucres totaux et celle de (Gogbeu et al, 2019), avec quelques modifications.

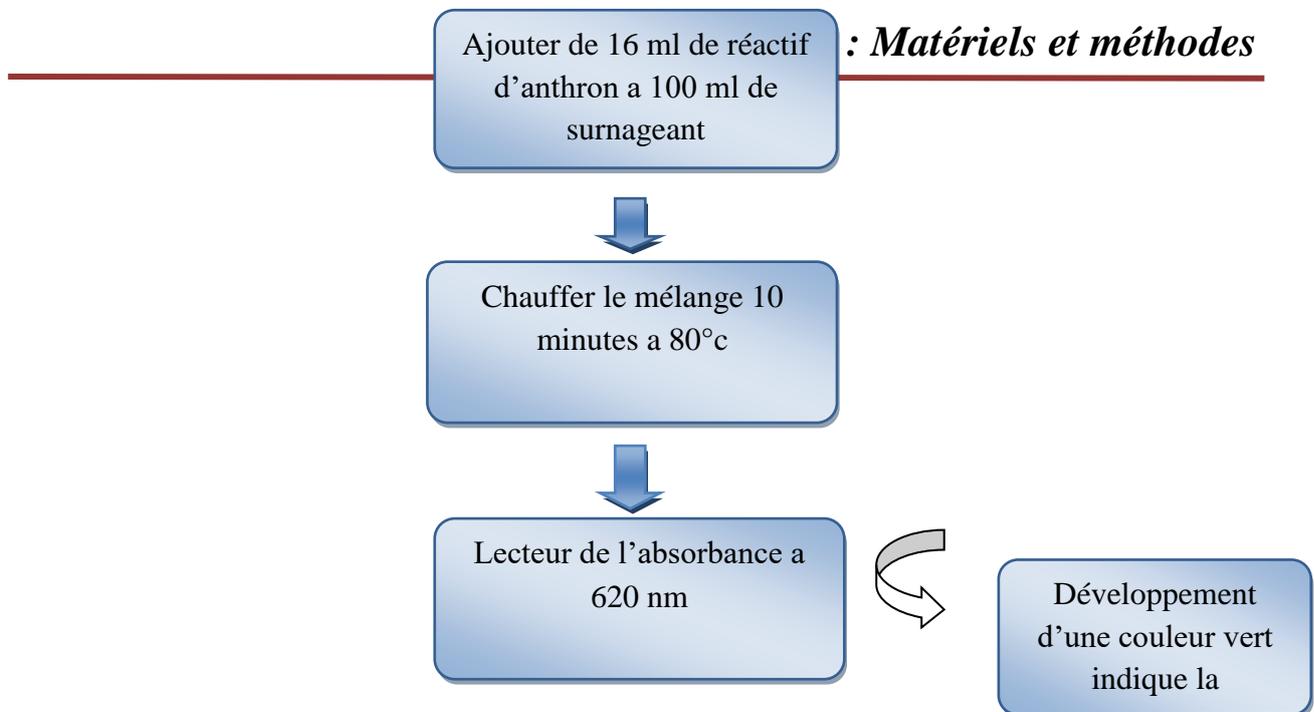


Figure03: Protocole de dosage des sucres totaux

8. Screening phytochimique :

Le screening phytochimique est une méthode utilisée pour détecter les différentes familles de composés chimiques présentes dans une substance végétale donnée .

8.1. Préparation des extraits végétaux :

8.1.1 Extrait aqueux : Consiste à introduire 1g de matériel végétal dans 20 ml de l'eau distillée puis on le laisse macérer pendant 24h.

8.1.2 Extrait éthanolique : Consiste à introduire 1g de matériel végétal dans 20 ml de l'éthanol puis on le laisse macérer pendant 24h.

- **Détermination des flavonoïdes :**

Dix gouttes d'acide chlorhydrique concentré et quelques milligrammes de tournures de magnésium sont ajoutés 0,5 ml de chaque extrait. La coloration rose-rouge ou jaune, après trois minutes d'incubation à température ambiante, indique la présence de flavonoïdes. (Haddouch et al, 2016).

- **Détermination de quinine :**

1 ml d'extrait et 1 ml d'acide sulfurique concentré ont été ajoutée. La formation d'une couleur rouge indique la présence de Quinines. (Sowparthani K et al, 2020).

- **Détermination des terpénoïdes :**

0,5 ml d'extrait, 2 ml de chloroforme ont été ajoutés et de l'acide sulfurique concentré a été ajouté avec précaution. Formation de la couleur brun rouge à l'interface indique la présence de terpénoïdes.(Saeed et al, 2012).

- **Détermination des coumarines :**

1 ml d'extrait, 1 ml de NaOH à 10% ont été ajoutés. Formation de la couleur jaune indique la présence de coumarines.(Sowparthani K et al, 2020).

- **Détermination de saponines :**

2 ml d'extrait de plante, 2 ml d'eau distillée ont été ajoutés et agité dans une éprouvette graduée pendant 15 minutes dans le sens de la longueur.La formation d'une couche de mousse de 1 cm indiquent la présence de saponines.(EL-Haoud et al, 2018).

- **Détermination des tannins :**

Pour détecter la présence de tannins, on peut réaliser un test en ajoutant 1 ml d'eau et 1 à 2 gouttes d'une solution de $FeCl_3$ diluée à 1% à 1 ml de chaque extrait. Une coloration verte foncée ou bleu-vert indique la présence de tannins. Une coloration verte foncée spécifique indique la présence de tannins catéchiques, tandis qu'une coloration bleu-vert spécifique indique la présence de tannins galliques. (Benyahia et al, 2016).

- **Détermination des glycosides cardiaques :**

Pour détecter la présence de glycosides cardiaques, 2 ml de chloroforme sont ajouté à 1 ml de l'extrait, et l'apparition d'une coloration brun-rougeâtre après l'ajout de H_2SO_4 indique la présence de ces composés. (Yam M.F et al ,2009).

- **Détermination des composés réducteurs :**

2 ml de l'extrait aqueux sont ajoutés à un tube à essai, puis 2 ml de la liqueur de Fehling sont incorporés. Ensuite, le mélange est chauffé au bain-marie pendant 8 minutes. La formation d'un précipité rouge brique confirme la présence de ces composés réducteurs.(Bentabet et al, 2017).

9.Détermination de l'activité antioxydant :

9.1.Dosage des polyphénols totaux :

La détermination des phénols totaux a été réalisée en utilisant la technique de Folin-Ciocalteu (Zakia G et al, 2022). Ce dernier est un mélange d'acide phosphotungstène (H₃PW₁₂O₄₀) et de phosphomolybdène (H₃PMo₁₂O₄₀) de couleur jaune. La méthode repose sur l'oxydation des composés phénoliques par ce réactif. (Zbadi et al, 2018).

Cette oxydation entraîne la formation d'un nouveau complexe molybdène-tungstène de couleur bleue qui absorbe à 760 nm. L'évaluation de l'expérience se fait par comparaison de la densité optique (DO) observée à celle obtenue à partir d'une solution de concentration d'acide gallique connue. (Boizot et al, 2006).

La quantification des polyphénols totaux dans les extraits est réalisée en utilisant une courbe d'étalonnage ($y=ax+b$) établie avec de l'acide gallique comme standard de référence, dont l'absorbance est mesurée dans les mêmes conditions que les extraits (annexe 03). (Aktumsek et al, 2011).

Les résultats ont été exprimés en milligrammes d'équivalents acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/gMS). (Barhi et al, 2021).

❖ Mode opératoire :

La méthode de dosage des polyphénols totaux qui a été adoptée est celle décrite par l'équipe de recherche (Khaya Asta Camara et al, 2023), avec quelques ajustements apportés.

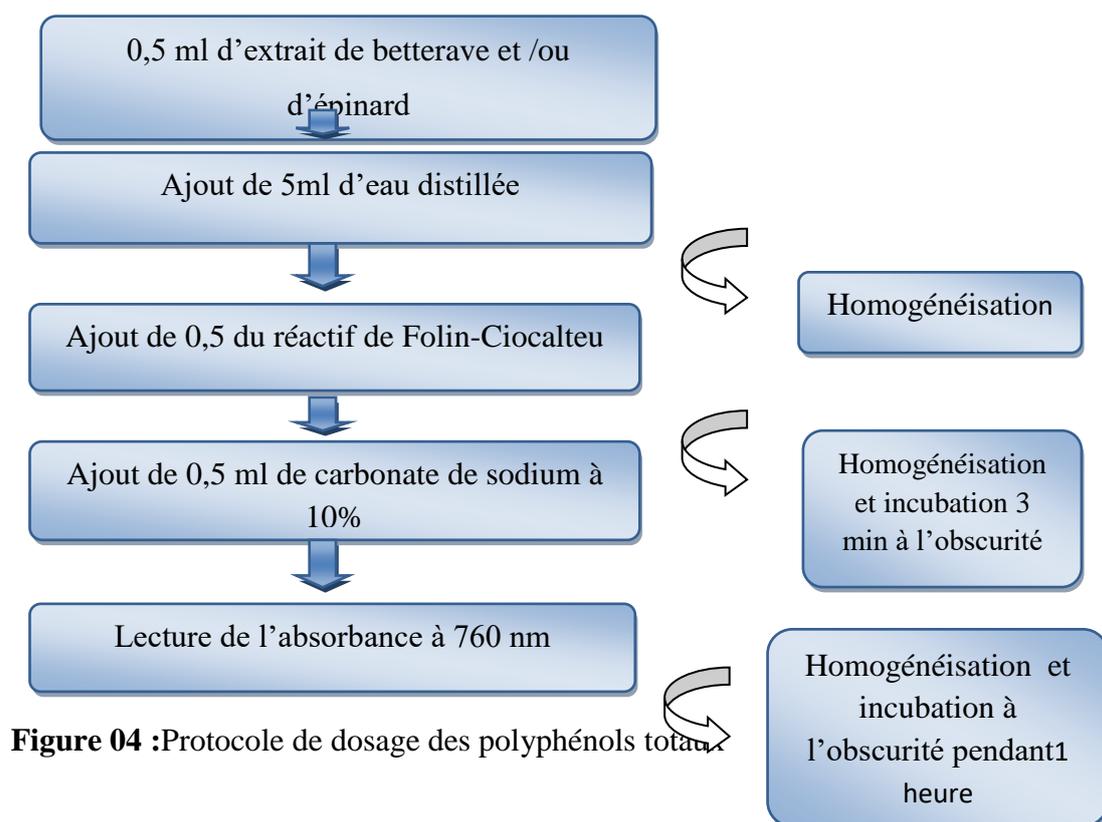


Figure 04 : Protocole de dosage des polyphénols totaux

9. 2. Dosage des flavonoïdes :

La détermination de la teneur en flavonoïdes totaux est effectuée en utilisant la méthode du trichlorure d'aluminium. (Mouhoubi et al, 2016).

Les flavonoïdes sont caractérisés par la présence d'un groupe hydroxyle (OH) libre en position 5, qui peut former un complexe coloré avec le chlorure d'aluminium en raison de sa liaison avec le groupement CO. Ce complexe est jaune en raison de la formation de liaisons entre le métal (Al) et deux atomes d'oxygène de la molécule phénolique, qui agit comme donneur d'électrons. Cette réaction implique la perte de deux électrons par le métal pour se lier aux atomes d'oxygène de la molécule phénolique.(Bouyahya et al, 2017).

Une courbe de standardisation est élaborée avec des solutions étalons de quercétine préparées à différentes concentrations(annexe 03). Les résultats sont exprimés en mg équivalent quercétine par gramme de matière sèche (mg EQ/gMS). (Grigoras et al, 2012).

❖ Mode opératoire:

Le contenu en flavonoïdes dans les extraits végétaux a été déterminé en utilisant une méthode spectrophotométrique selon (A.L.Dirar et al, 2018), avec de légères modifications.

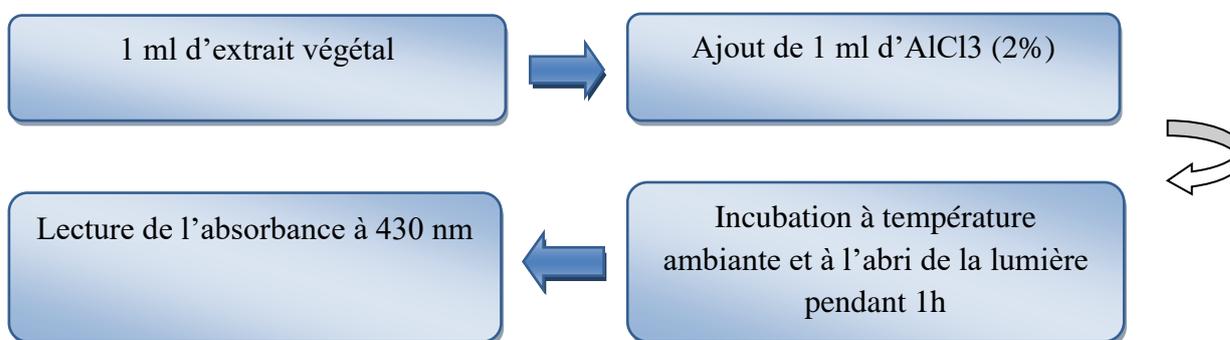


Figure 05 :Protocole de dosage des flavonoïdes

10.Détermination de l'activitéanti radicalaire :

Le test antioxydant a été réalisé avec la méthode du DPPH. (Diallo *et al*, 2022).cette dernière consiste à évaluer l'activité antioxydant en utilisant la méthode de piégeage des radicaux libres.

Le DPPH (C₁₈H₁₂N₅O₆ ; PM = 394,33) est un radical libre stable soluble dans le méthanol (ou l'éthanol). D'une couleur violette intense, il présente un pic d'absorbance à 517 nm. Lorsqu'une molécule antioxydante réduit le radical DPPH, la couleur violette disparaît rapidement pour donner une couleur jaune pâle. (Gouegoui *et al*, 2018).



L'activité antioxydant est calculée selon l'équation suivante : (El-Shora *et al*, 2024)

$$(\text{AA}) \% = [(\text{Abscontrôle} - \text{Abs échantillon}) / \text{Abscontrôle}] \times 100$$

La concentration inhibitrice à 50 % (IC₅₀) pour les agents de capture (concentration de capture des radicaux à 50 % ou RSa₅₀) est la quantité d'antioxydant nécessaire pour réduire la concentration initiale de DPPH de 50 %.(Dif *et al*, 2016).

L'activité antioxydant est mesurée selon la méthode illustrée par (Rehman *et al*, 2021), avec quelques modifications.

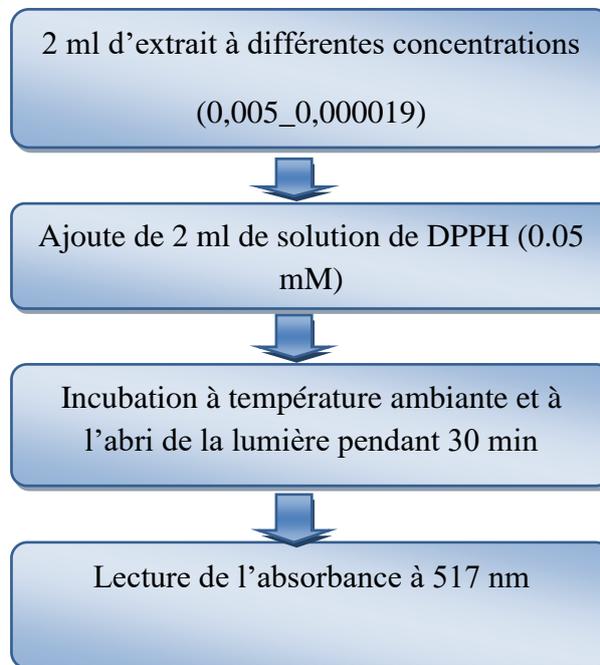


Figure 06 : Protocol détaillé de détermination de l'activité anti radicalaire

L'acide ascorbique est utilisé comme antioxydant de référence à différentes concentrations dont l'absorbance est mesuré dans les mêmes conditions que les extraits. (Sadeer et al, 2020).

11. Pouvoir réducteur ferrique :

Le pouvoir réducteur des extraits d'épinard et de betterave est déterminé selon la méthode d'oyaizu (1986). Elle repose sur la réduction du fer ferrique Fe^{+3} en fer ferreux Fe^{+2} en présence d'antioxydants réducteurs, dont la couleur est verte qui est proportionnelle au pouvoir réducteur de l'extrait (Gülçin et al, 2003; Bijoy et al, 2008).

❖ Mode opératoire :

La méthode adoptée est celle de (oyaizu ,1986)

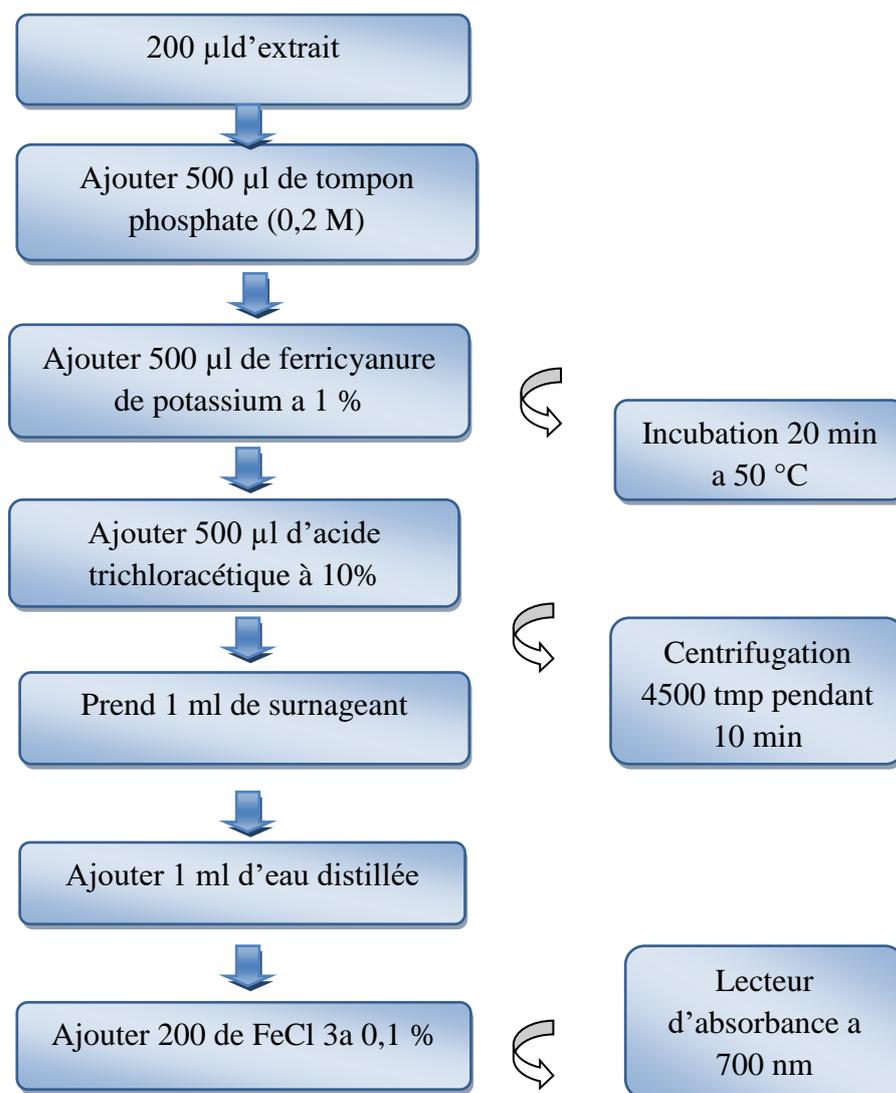


Figure07 : Protocole détaillé de pouvoir réducteur de fer

Le pouvoir réducteur de fer est exprimé en mg équivalent d'acide ascorbique par référence à une courbe d'étalonnage.

Note : les méthodes de préparation des solutions utilisées dans les dosages et dans la mesure de pouvoir antioxydant sont illustrés dans l'Annexe 02.

12. Processus de fabrication des pâtes :

Les principales étapes de fabrication des pâtes alimentaires enrichies en poudre d'épinard et de betterave, avec des concentrations différentes allant de 5% à 15% pour chacun de ces types, sont présentées dans la figure 08.

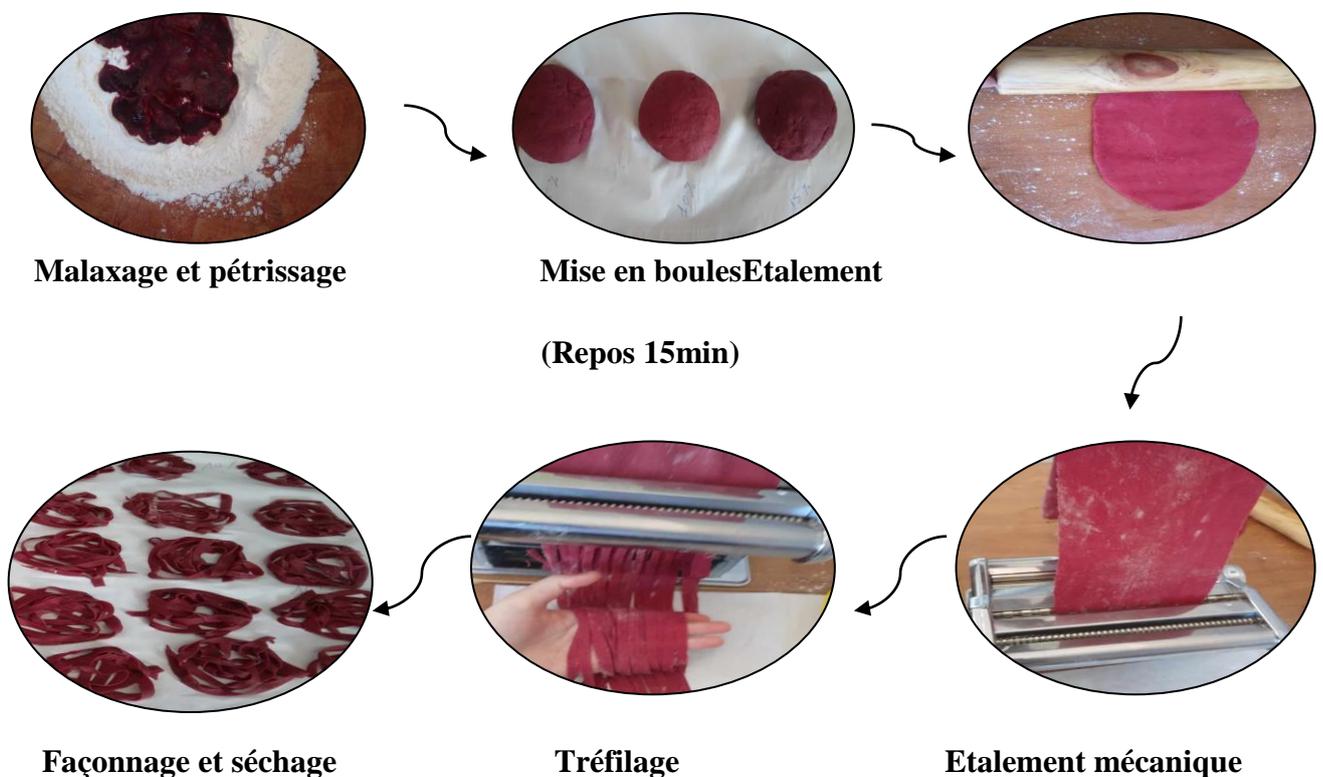


Figure 08: Étapes de fabrication des pâtes alimentaires enrichies à la poudre de betterave.

Note : Ce sont les mêmes étapes suivies pour la fabrication des pâtes enrichies à la poudre d'épinard.

13. La qualité culinaire des pâtes :

13.1. Temps de cuisson optimal :

Le temps de cuisson est le temps nécessaire pour réaliser une gélatinisation complète de l'amidon. (Elsorady et al, 2022). Lorsque les pâtes sont cuites, deux zones peuvent être facilement distinguées : une région gonflée en surface et le noyau central non pénétré, cette discontinuité se déplace vers le centre de l'échantillon et disparaît une fois qu'elle a atteint le Temps de Cuisson Optimal (TCO). (Heneen et al, 2003).

❖ Mode opératoire :

Le temps de cuisson a été déterminé en cuisant 10 g d'échantillon dans 140 ml d'eau distillée ; une petite quantité de masse était pressée entre des deux lames de verre toutes les 30 secondes jusqu'à ce que le centre blanc disparaisse (gélatinisation de l'amidon). Ce paramètre a été exprimé en minutes de cuisson (Braga-Souto et al, 2021)

13.2. Pertes à la cuisson :

Une perte de matière sèche, définissant la quantité de produit perdue au cours du traitement hydrothermal. (Krzysztof et al, 2022).

❖ Mode opératoire :

Les pertes solides ont été déterminées selon les normes de l'AACC. L'eau de cuisson a été collectée dans des boîtes pétris et séchée dans un four à air à 105 °C jusqu'à obtention d'un poids constant. Le résidu a été pesé et rapporté en gramme de résidu pour 100 g de matière première. (Wang et al, 2021).

Les pertes sont calculées selon l'équation : (Brochard et al, 2021).

$$P = \frac{\text{Poids des résidus des eaux de cuisson sèches}}{\text{Poids des pâtes crues}} \times 100$$

13.3. Absorption d'eau et indice de gonflement :

L'indice de gonflement est le rapport du poids du produit cuit par rapport au poids du produit cru. La quantité d'eau absorbée par les pâtes cuites à TCO est associée au gonflement et à la gélatinisation de l'amidon, constituant un bon indicateur de l'intégrité de la matrice protéique qui limite la pénétration de l'eau. (Krzysztof et al, 2022).

❖ Mode opératoire :

La détermination de cet indice est effectuée par la pesée des pâtes cuites séchées à poids constant et en utilisant l'équation : (Espinosa-Solis et al, 2019).

$$IG = \frac{\text{(poids des pâtes cuites - poids des pâtes sèches)}}{\text{Poids des pâtes sèches}}$$

14. Analyse sensoriel :

L'évaluation sensorielle des pâtes alimentaire, avant et après incorporation d'épinard, est faite par des observations visuelles et des dégustations. L'objectif de cette analyse est la caractérisation des sept échantillons des deux pâtes fabriquée (témoin, 5% ,10% et 15% de poudre de betterave et des épinards).

Le panel est constitué de plus de 50 sujets de sexes masculins et féminins à différentes âges.

Les échantillons de pâtes ont été présentés dans des assiettes codées (Figure 09) par PE et PB, sachant que PE1 représente les pâtes enrichies à 5% de poudre d'épinard et PE2 représente les pâtes enrichies à 10%, et enfin PE3 représente les pâtes enrichies à 15% de poudre d'épinard. Cependant PB1 représente les pâtes enrichies à la poudre de betterave 5%, et PB2 représente les pâtes enrichies à 10%, et enfin PB3 représente les pâtes enrichies à 15%.

Un formulaire de réponses a été distribué au jury accompagné d'un guide de notation. (annexe 12) Une note sur une échelle de 1 à 10 est attribuée pour chaque caractère. Le 1 représente une intensité faible et le 10 une intensité élevée.

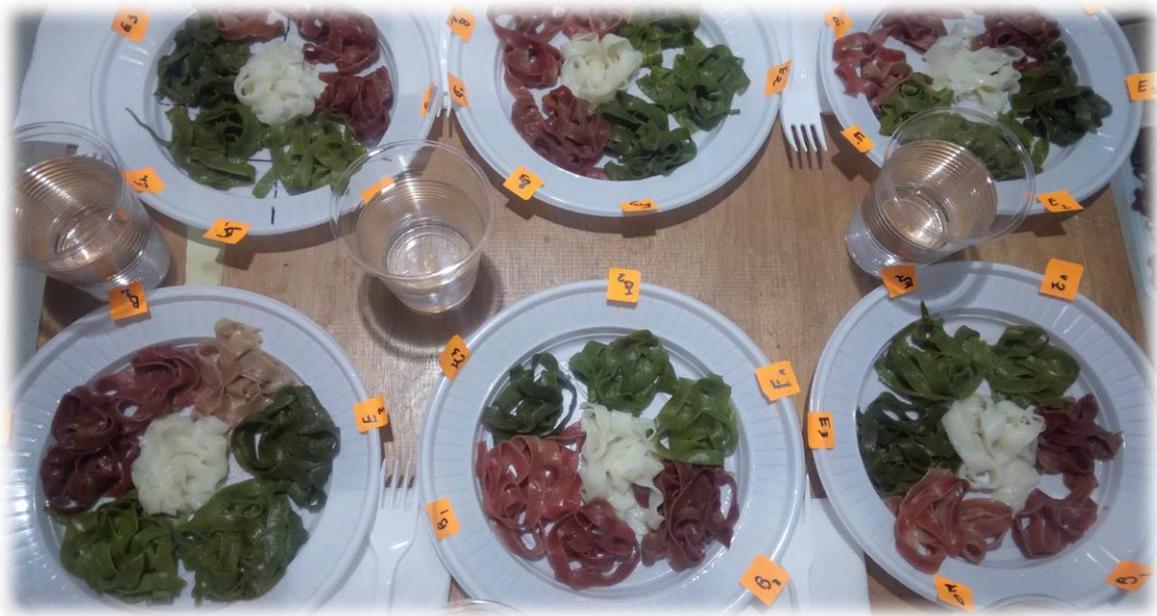


Figure 09 : test de dégustation des pâtes (standard, pâtes enrichie aux épinards et à la betterave).

15. Analyse statistique :

Tous les tests ont été réalisés en triplicata et les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart type. Les différences ont été évaluées par un test ANOVA à un facteur (5%) à l'aide d'Excel. Le niveau de signification utilisé était ($p < 0,05$).

Chapitre 05 : Résultats et discussion

1. Caractérisation de matière première :

1.1. Détermination des paramètres physicochimique

• Résultats des analyses physicochimiques des poudres d'épinard et de betterave

Le tableau 05 représente les résultats des analyses physicochimique effectuée sur la poudres d'épinard et celle de betterave :

Tableau 05 : Résultats des analyses physicochimique des poudres d'épinard et de betterave

Paramètres	Betterave	Epinard
Ph	6,7±0,1	6,2±0,1
Humidité %	7,22%	7,80%
Acidité titrable(%)	0,77%	1,64%
Cendres (%)	4,01%	13,7%
Sucres totaux (g /100g)	5,139±0,102	0,216±0,007
Protéines (g/100g)	2,78±0,119	3,683±0,318

1.1.1. Teneur de PH :

Les résultats de notre analyse montrent que le pH de la poudre de betterave est de 6,7, tandis que celui des épinards est de 6,2. Cela indique que la poudre de betterave est moins acide que les épinards.

En ce qui concerne le pH de la poudre d'épinards, il est similaire aux valeurs rapportées par Prabawa et al(2022), qui se situent entre 5,5 et 6,7.

Par rapport à la poudre de betterave, notre résultat se rapproche de ceux rapportés pour le jus de betterave par Kale et al (2018), qui est également de 6,7 et avec ceux de Bunkar et al(2020), qui ont trouvé des valeurs de pH de 5,9 à 6,8 pour la poudre de betterave.

1.1.2 Teneur en acidité titrable :

D'après les résultats de tableau05, le pourcentage en acidité titrable pour la betterave est 0,77%, tandis que celui d'épinard est de 1,64%.En remarquant que l'acidité titrable d'épinard

est deux fois plus grande à celle de betterave .cela probablement lié à la concentration en acides dans les échantillons.

Dans notre étude, l'acidité titrable de la betterave est notablement supérieure à celle rapportée par **Kruszewski et al(2023)** dans leur étude sur les caractéristiques physico-chimiques du jus de betterave sous traitement HPH, où l'acidité était comprise entre 0,11% et 0,12%. Cette valeur est supérieure à celle trouvée par **Kale et al (2018)**, dans leur étude sur la composition physicochimique de betterave, qui est 0,014%. Cette différence peut être due au traitement auquel la betterave est soumise, la variété et au degré de maturité.

Dans une autre étude réalisée par **Simran et al(2019)**, sur le jus de betterave, ils ont trouvé une acidité d'ordre de 0,05%. cette valeur est identique à celle trouvée par **Pérez et al (2009)**.

D'après l'étude menée par **Naseem et al(2023)** sur l'effet de la fermentation à différents stades de croissance des épinards, une fourchette de 0,1 % à 0,9 % a été mentionnée. Cette valeur est inférieure à celle que nous avons obtenue dans notre étude.

D'autre part, l'étude menée par **Sokolova et al(2023)** sur les différentes variétés d'épinards a mentionné une fourchette de 14,6 % à 15,5 % comme teneur en acidité titrable. Cette valeur est largement supérieure à celle trouvée dans le présent travail. Cela est probablement dû à la différence entre les variétés d'épinard.

1.1.3 Teneur en humidité :

Les résultats relatifs à l'humidité sont exprimés en pourcentage par rapport à la matière sèche. Cela signifie qu'il indique la proportion d'eau dans la matière une fois que toute l'eau a été éliminée.

La teneur en humidité de la poudre de betterave est 7,22%, cette valeur inférieure à celle obtenue par séchage sur plateau à la même température par **Preethi et al(2020)**, qui était de $11 \pm 0,80\%$. Cette différence pourrait être due à une durée de séchage différente entre les deux méthodes, une durée de séchage plus longue permettant une évaporation plus complète de l'humidité, conduisant ainsi à une teneur en humidité plus faible. En revanche, elle était supérieure à celle obtenue par **Liu et al (2024)** qui est de 7,00%, après 1340 minutes de lyophilisation. Cette différence peut être due à la différence de méthode de séchage utilisé.

Nos résultats sont presque similaires à ceux de **Lucky et al (2020)**, qui ont obtenu une teneur en humidité de 7,20%.

Nos résultats d'humidité de la poudre d'épinard sont de l'ordre de 7,80 %, inférieure à celle rapportée par **Waseem et al (2021)** qui était de 8,26 %. En revanche, cette valeur était supérieure à celle obtenue par **Shonte et al (2020)** qui est 4,5 %. En outre, elle était presque similaire à celle de l'étude de **Kumar et al(2023)** qui est $7,54 \pm 0,16$ %.

1.1.4 Teneur en cendres :

D'après les résultats de tableau 05, le pourcentage de cendres pour la betterave est de 4,01 % tandis que celui pour les épinards est de 13,7%. Il est à noter que les épinards sont trois fois plus riches en matières minérales que la betterave.

La teneur en cendre des épinards trouvée dans notre étude est très proche de celle trouvée par **Junejo et al(2021)** 14,66% cette valeur est nettement supérieure à celle trouvée par **Waseem et al(2024)** dans leur étude sur la composition nutritionnelle de la poudre d'épinard soumise à divers traitements, qui se situait entre 2,99 % et 3,85%. Cette dernière est plus élevée que celle trouvée par **Wahua et al(2023)**, qui est de 1,18 %.

Par contre, dans une autre étude menée par **Pereira et al (2019)** sur la composition des épinards en relation avec le traitement d'irrigation, ils ont trouvé une valeur de 18.55%, cette valeur est supérieure à celle trouvée dans le présent travail. Cette différence pourrait être due à la diversité des variétés, aux propriétés spécifiques du sol, à l'exposition aux rayons solaires et aux méthodes d'irrigation.

D'après une étude menée par **Kale et al (2018)** sur la composition minérale des betteraves, la teneur en cendres était de 1,4%, ce qui est inférieur à ce que nous avons trouvé dans notre étude.

Dans une autre étude réalisée par **Vaitkevičienė et al (2022)**, les teneurs en cendre varient entre 7.65 % et 11.4%, ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus dans le présent travail.

1.1.5. Teneur en protéines :

La teneur en protéines a été estimée par la méthode de Bradford, qui est basée sur la réaction du Blue Coomassie avec des résidus d'acides aminés basiques dans les protéines. (**Bradford**

et al, 1976). Cette méthode est populaire en raison de sa facilité d'utilisation, de sa rapidité, de sa relative sensibilité et faible interférence par d'autres substances. (*Ku et al, 2013*).

Selon les résultats du tableau 05, il est remarquable que la teneur en protéines dans les deux échantillons soit très proche. Cependant, les épinards présentent une quantité de protéines légèrement supérieure par rapport à la betterave. et cette différence peut être attribuée à plusieurs facteurs tels que : la composition nutritionnelle de la plante et les facteurs environnementaux.

La concentration en protéines totale extraite de la poudre d'épinard était respectivement $3,683 \pm 0,318$ g /100g supérieure à la concentration trouvée par *Sargar et al(2023)* qui était de 2,9 g /100g. En revanche, elle est inférieure par rapport aux résultats trouvés par *Waseem et al(2021)*, qui étaient de $8,03 \pm 0,02$ g/100g. Cette différence peut être due à plusieurs facteurs, notamment les méthodes de collecte et d'analyse des échantillons, les conditions de croissance des plantes, les techniques de traitement de la poudre, ou encore les variations naturelles dans la composition des échantillons.

Dans notre étude, la concentration totale en protéines dans la poudre de betterave était de $2,78 \pm 0,119$ g /100g, dépassant ainsi celle trouvée par *Chhikara et al(2019)* et par *Mudgal et al(2022)*, qui était de 1,68 g/100 g. Ces différences peuvent résulter de la diversité des variétés, de la génétique, des conditions écologiques et des pratiques de récolte. (*USDA-ARS, 2014*). Comparativement à l'étude de *Bunkar et al(2020)*, où un séchage à 60°C a été effectué, ils ont trouvés une valeur de $1,12 \pm 0,23$ g/100 g, inférieure à celle obtenue pour notre poudre séchée à 40°C. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que le séchage à une température plus basse (40°C) aurait préservé davantage les composants nutritifs, y compris les protéines, par rapport au séchage à une température plus élevée (60°C).

1.1.6. Teneur des sucres totaux :

La quantité en sucres totaux est estimée à l'aide d'une courbe étalon réalisée avec une solution de glucose, et exprimée en milligramme de glucose par gramme de matière sèche (mg Glucose /g Ms). (*Gogbeu et al ,2019*).

Les résultats des dosages des sucres totaux pour les deux échantillons (betterave et épinard) sont présentés dans le tableau 05.

Les résultats observés indiquent que la teneur totale en sucre de l'extrait de betterave est plus élevée que celle de l'extrait d'épinard. Cette différence est attribuable aux caractéristiques distinctes des deux plantes et à leurs compositions respectives.

Comme il est bien connu, la betterave est classée parmi les légumes les plus riches en sucres (**Dambalka et al, 2015**), par rapport aux épinards.

La teneur en sucres totaux obtenus par **Kazimierczak et al(2016)** dans leurs étude sur le jus de betterave est de 3.33 ± 0.34 g /100 g, cette valeur est inférieure à celle obtenus dans notre étude. Cette différence est probablement due à la variation entre les variétés de betterave, et au degré de maturité.

D'autre part, l'étude menée par **Kadam et al (2018)** sur l'effet des engrais sur les paramètres de qualité de la betterave, a montré une teneur en sucres totaux de 8,08 g / 100 g, ce qui est supérieur à celle observée dans la présente étude. Cette différence pourrait être attribuée aux conditions de culture de la betterave.

Dans une autre étude menée par **Arora et al(2019)** portant sur la composition chimique du jus de betterave, ont montré que la teneur en sucres totaux est de $6,67 \pm 0,57$ g/100 g. Cette valeur est supérieure à celle que nous avons trouvée. Cette différence peut être attribuée à la méthode de dosage utilisée ainsi qu'au type et à l'état des échantillons utilisés.

Dans une autre étude menée par **Sokolova et al (2023)** sur la composition de différentes variétés d'épinard, la teneur en sucres totaux est trouvée dans une fourchette de 0.46 g/100 g, et 0,83g/100 g, cette valeur est supérieure à celle trouvée dans notre étude. Cela est peut être due à la variété d'épinard.

Selon l'étude réalisée par **Yoon et al (2017)**, ils ont trouvé une teneur en sucre de 0,26 g /100 g, cette valeur est très proche à celle que nous avons trouvée dans notre étude.

D'autre part, l'étude menée par **El-Yazal (2019)** sur l'effet d'extrait de propolis sur les feuilles d'épinards a montré une teneur en sucres située dans une fourchette 0,82 g/100g et 0,93 g/100 g. Cette valeur est supérieure à celle trouvée dans le présent travail.

1.2. Screening phytochimique :

Les résultats des tests phytochimiques effectués sur les deux espèces sont présentés dans le tableau ci-dessous :

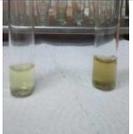
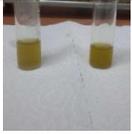
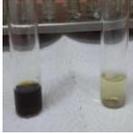
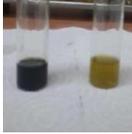
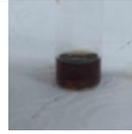
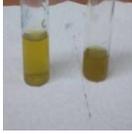
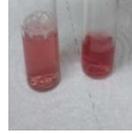
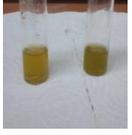
Dans cette analyse, nous avons observé différentes couleurs dans les tubes à essai, ce qui indique que les épinards contiennent des substances naturelles telles que les composés flavonoïdes. (**Aggarwa et al,2023**). Ces substances pourraient être responsables de l'activité antioxydante des épinards. (**Djouadi et al, 2021**).Les résultats sont présentés dans le tableau.

Le screening phytochimique a révélé la présence de glycosides cardiaques, de saponines, de terpénoïdes et de tanins, ainsi que de coumarines dans l'extrait aqueux, tandis qu'ils étaient absents dans l'extrait éthanolique (**Olagoke et al, 2018**). Les glycosides cardiaques ont montré une positivité moyenne dans l'extrait aqueux, alors qu'ils étaient absents dans l'extrait éthanolique.Les tests de saponines ont indiqué une forte positivité dans l'extrait aqueux, confirmée par la formation d'une mousse stable, mais ils étaient négatifs dans l'extrait éthanolique. Les terpénoïdes étaient moyennement positifs dans l'extrait aqueux mais totalement absents dans l'extrait éthanolique.(**Okwuet al, 2001**).De même, les tannins étaient faiblement positifs dans l'extrait aqueux mais absents dans l'extrait éthanolique. (**Shittu et al, 2022**).

Chapitre 05 : Résultats et discussion

Tableau 06: Screening phytochimique des plantes (Betterave, Epinard).

(++++): Fortement positif(+++): Moyennement positif (+): faiblement positif (-): négatif

Les composés	Ex Aq Epin	Figure	Ex Eth Epin	Figure	Ex Aq Bet	Figure	Ex Eth Bet	Figure
Glycoside cardiaque	+++		--		+		--	
Tannins	+ +		--		+		+	
Quinines	--		--		++++		++	
Terpenoides	+++		--		+		+	
Saponines	++++		--		+		--	
Flavonoïdes	++		++		++		+	
Coumarines	++++		+++		+		++	
Sucre réducteur	++		++		++++		++++	

Les coumarines étaient beaucoup plus abondantes dans l'extrait aqueux (fortement positif) que dans l'extrait éthanolique (moyennement positif), tandis que les flavonoïdes étaient présents en quantités équivalentes dans les deux extraits avec des concentrations similaires (faiblement positif). (Fatima et al, 2024). Cependant, les quinones étaient absentes dans les deux types d'extraits, indiquant leur absence dans les échantillons testés.

Les composés réducteurs sont présents à une concentration similaire dans les deux extraits d'épinard, à faible teneur.

Les tests des composés phytochimiques dans l'extrait de betterave rouge visent à déterminer le contenu des composés bioactifs présents dans l'extrait. (Sari et al, 2021). Les tests réalisés consistaient en des tests qualitatifs pour déterminer la présence d'un composé dans les extraits. (Marianne et al, 2024). Les résultats du dépistage phytochimique de l'extrait de betteraves (*Beta. vulgaris L.*) sont présentés dans le tableau 06.

Le screening phytochimique de betterave a révélé la présence des flavonoïdes, tannins, quinines, composés reducteurs, glycosides cardiaques, coumarines, terpenoïdes et saponines dans l'extrait aqueux (Ahmad et al, 2019), avec l'absence des terpenoïdes. Tandis que dans l'extrait éthanolique les résultats montrent la présence des coumarines, flavonoïdes, tannins, coumarins, quinines avec l'absence des autres composés.

Les flavonoïdes sont présents à une concentration similaire dans les deux extraits, comme indiqué par le changement de couleur du rose au jaune. (Setyowati et al, 2014).

Les tests de saponines ont révélé des résultats faiblement positifs dans l'extrait aqueux, observés par la formation d'une mousse stable (Ekwueme et al, 2015), contrairement à l'extrait éthanolique qui a donné des résultats négatifs.

Les tests de quinines ont montré des résultats fortement positifs dans l'extrait aqueux et des résultats moyens dans l'extrait éthanolique.

Les résultats des tests des extraits de betterave pour les tanins ont montré un résultat faiblement positif dans les deux extraits, marqué par des changements de couleur de l'extrait, passant du rose au vert. (Lembong et al, 2019)

Les tests des terpenoïdes ont montré des résultats faiblement positifs dans les deux extraits. (Oghogho et al, 2022).

Les coumarins ont marqué leurs présences dans l'extrait éthanolique plus que l'extrait aqueux.

Les glycosides cardiaques ont été détectés en faible quantité dans l'extrait aqueux (Mariane et al, 2024), tandis qu'ils sont absents dans l'extrait éthanolique.

Les composés réducteurs sont présents à une concentration similaire dans les deux extraits de betterave. Ils sont indiqués par le changement de couleur du bleu au rouge brique.(EL-Haoud et al, 2018).

Enfin, notons que les deux espèces (betterave et épinard) sont riches en composés phytochimiques, bien que des petites différences et des variations de teneur soient observées. On remarque l'absence totale de quinine dans les deux extraits d'épinard, tandis que ce composé est présent dans les deux extraits de betterave. En général, les épinards sont quantitativement plus riches en la plupart des composés par rapport à la betterave.

1.3. Teneur en composé bioactifs et activité antioxydante :

Le tableau représente la teneur en composé bioactifs et activité antioxydante des poudres d'épinard et de betterave :

Tableau 07 :Teneur en composés bioactifs et activité antioxydante des poudres d'épinard et de betterave

Echantillons	Polyphénols*	Flavonoïdes**	AAR IC50***	Pouvoir réducteur de fer (%)
Poudre de betterave	454 ,21±67,07	1,16 ± 0 ,7	4,8.10 ⁻⁵	64,3%
Poudre d'épinard	1240 ±312,4	7,6 ±2	3,8.10 ⁻⁵	84,5%

*:(mg EAG /100g ms)** :(mg EQ/g) *** :(g/ml)

1.3.1. Composés phénolique :

La teneur en polyphénols a été estimée par la méthode colorimétrique de FolinCiocalteu(El-Shora et al, 2024),elle a été choisie pour doser les polyphénols pour plusieurs raisons : c'est une méthode qui satisfait aux critères de faisabilité et de reproductibilité, la disponibilité du réactif de Folin et la méthode est bien standardisée, la grande longueur d'onde d'absorption du chromophore qui permet de minimiser les interférences avec la matrice d'échantillon qui est souvent coloré, c'est un test largement pratiqué dans les laboratoires de recherche d'antioxydants alimentaires à travers le monde. (Huang, et al, 2005).

Les teneurs en polyphénols totaux des extraits éthanoliques d'épinard et de betterave sont exprimées en milligrammes équivalents d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g ms) (**Syahputra et al, 2021**), et sont déterminées à partir de l'équation de régression linéaire ($y = 4.836 x + 0.032$ avec le coefficient de détermination $R^2 = 0.995$) de la courbe d'étalonnage tracée en utilisant l'acide gallique comme standard de référence. (**Moyo et al, 2018**).

Les résultats obtenus (tableau 07) montrent que les deux extraits éthanoliques (betterave, épinard) sont riches en composés phénoliques, mais avec des quantités variables.

Selon les résultats de tableau, en remarquant que l'extrait éthanolique d'épinards est deux fois plus riche que celui de betteraves en termes de composés phénoliques.

La teneur totale en polyphénols de la betterave obtenue à partir de l'extrait d'éthanol était respectivement de $4,5421 \pm 0,6707$ mg EAG/g d'échantillon. Ce résultat est inférieure à celui rapporté par (**Marianne et al, 2024**), qui est $34,96 \pm 3,97$ mg EAG/g. La variation observée dans la teneur en polyphénols est probablement due à l'influence de plusieurs facteurs tels que : la variété, le climat, la localisation géographique, les différentes maladies qui peuvent affecter la plante, la maturité de la plante ainsi que la température d'extraction. (**Ryan et al, 1999**).

Le travail mené par **Abdel-Shafi et al. (2019)**, montre que la teneur en polyphénols d'extrait éthanolique de betterave est de 400 mg EAG/100g, ces résultats sont proches de nos résultats (454,21 mg EAG/100g).

D'autre part, l'étude menée par **Edziri et al. (2019)** sur l'extrait aqueux de betterave a montré des teneurs en polyphénols de l'ordre de $0,978 \pm 0,35$ mg EAG/g, ce qui est inférieur aux résultats obtenus dans le présent travail. Cela pourrait s'expliquer par le type du solvant utilisé dans l'extraction. La solubilité élevée des polyphénols dans les solvants polaires donne la concentration élevée de ces composés dans les extraits obtenus en utilisant les solvants polaires pour l'extraction. (**Bouguerne et al, 2019**).

En outre, l'étude réalisée par **El-Beltagi et al. (2022)** à présentée une teneur en polyphénols d'extrait aqueux de betterave rouge de l'ordre de 832 mg EAG/100 g, ce résultat est supérieur en comparant avec notre résultat $454,21 \pm 67,07$ mg EAG/100g d'extrait. Cette différence est probablement due à la capacité du méthanol à dissoudre les composés phénolique de *Beta vulgaris*, plus que l'éthanol.

Dans une autre étude menée par **Zin et al. (2022)** sur l'extrait aqueux de betterave obtenu par macération, il est démontré que la teneur en composés phénoliques est de $4,22 \pm 0,28$ mg EAG/g. cette valeur est très proche avec la valeur qu'on a trouvé $4,54 \pm 0,67$ mg EAG/g.

D'après les résultats obtenus, on remarquant que l'extrait éthanolique des épinards est très riche en polyphénols avec une valeur de $1240 \pm 312,4$ mg EAG/100 g. cette valeur est nettement supérieurs a celle trouver par **Sokolova et al. (2023)** avec une teneur de 750,0 mg GAE/100 g. La variation des résultats est vraisemblablement attribuable aux différences entre les types, les variétés et les conditions climatiques.

D'autre part, **Kaliyaperumal et al. (2020)** dans leur étude portant sur l'extrait méthanolique d'épinard, ont démontré que la teneur en polyphénols est 4.33 mg EAG/g .cette teneurs est inferieure a celle obtenus dans le présent travail.

La teneur en polyphénols totaux de notre extrait éthanolique d'épinard est inferieur aux résultats trouvés par **Hussain et al. (2022)** sur l'extrait méthanolique d'épinard, qui est dans une fourchette allant de 32.09 ± 0.99 à 78.38 ± 1.1 g EAG/100 g.

1.3.2. Teneur en flavonoïdes :

La concentration totale en flavonoïdes a été mesurée en utilisant la quercétine comme standard et en évaluant l'absorbance à 430 nm. (**Howard et al, 2002**). Les valeurs ont été déterminées à partir de l'équation de régression linéaire ($y = 13,83 x + 0,093$). La concentration de flavonoïdes dans l'extrait éthanolique d'épinard et de betterave a été déterminée en effectuant trois essais pour chaque échantillon, et les résultats sont exprimés en milligrammes d'équivalents de quercétine par gramme d'extrait (mg EQ/100g d'extrait).(**Lin et al, 2007**).

En utilisant l'éthanol comme solvant d'extraction, nous avons obtenu une concentration de flavonoïdes de $1,16 \pm 7,019$ mg EQ/g dans la betterave et de $7,6 \pm 20$ mg EQ/g dans les épinards. Selon les résultats obtenus, les épinards se distinguent par une concentration en flavonoïdes près de sept fois plus élevée que celle des betteraves. Cette variation significative peut être attribuée aux différences dans la composition de ces légumes, les conditions environnementales de croissance, le stade de croissance et à leurs capacités respectives à stocker les flavonoïdes. (**DuPont et al, 2000**).

La valeur trouvée ($1,16 \pm 7,019$ mg EQ/g) est nettement inférieure à celle obtenue par (Edziri et al, 2019), qui a utilisé une extraction méthanolique pour obtenir une concentration de $20,73 \pm 1,25$ mg EQ/g. Cette différence est probablement due à la capacité du méthanol à dissoudre les composants flavonoïdes des substances de la betterave plus efficacement que l'éthanol (Shivaranjani et al, 2014).

En comparant avec l'étude menée par (Kaliyaperumal et al, 2020), nous constatons que notre extrait éthanolique d'épinard est moins riche en flavonoïdes que leur extrait méthanolique, qui affichait une teneur de 11,41 mg EQ/g.

1.3.3. Activité antiradicalaire :

Le test du radical DPPH (2,2-diphényl-2-picrylhydrazyle) est largement utilisé pour déterminer l'activité de piégeage des radicaux libres de diverses plantes. Le DPPH est un radical libre stable qui se dissout dans le méthanol ou l'éthanol. (Brahmi et al, 2012).

L'absorbance est mesurée à 517nm à l'aide d'un spectrophotomètre. (dif et al ,2016).L'acide ascorbique a été utilisé comme antioxydant de référence. (Moyo et al, 2018).

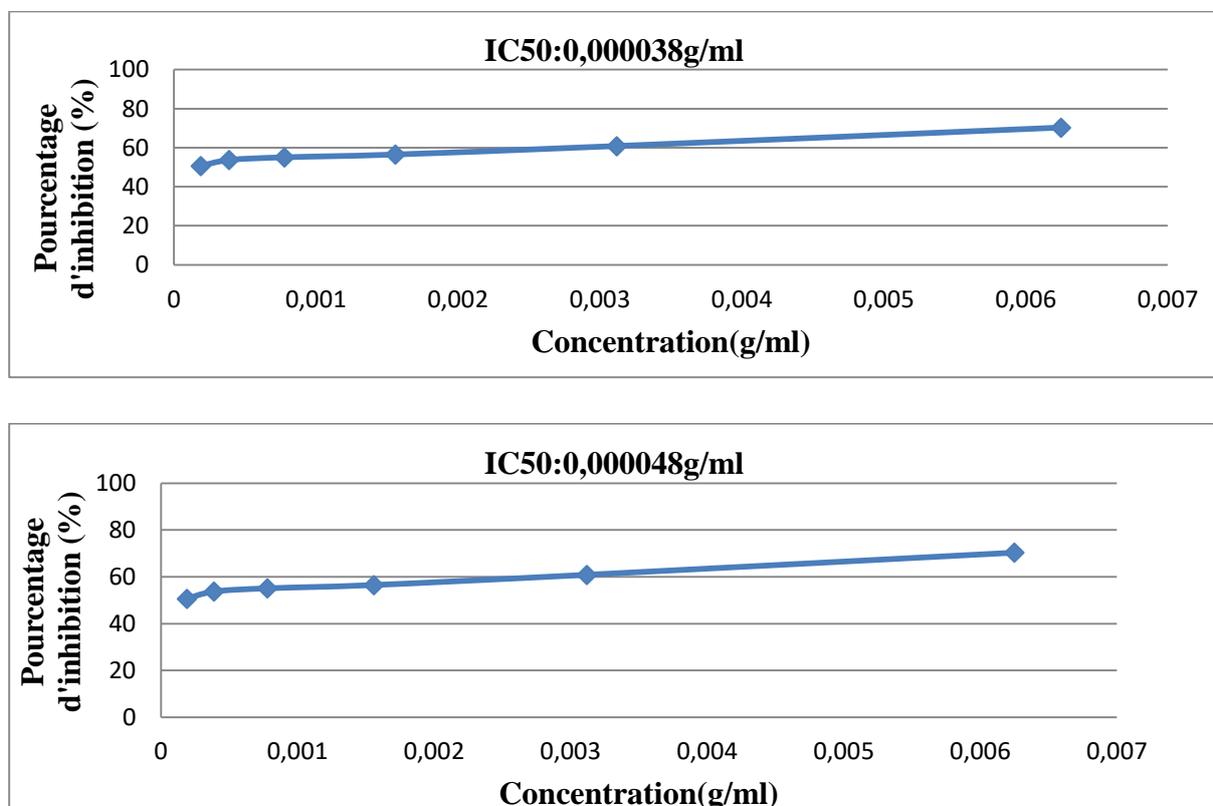


Figure 10 :Pourcentage d'inhibition du radical DPPH des extraits d'épinard et de betterave.

La valeur IC50 est une mesure utilisée pour interpréter les résultats de la technique DPPH. (**Hidayahet al, 2023**). Plus la valeur d'IC50 est faible plus l'extrait est considéré comme un antioxydant puissant. (**Habibou et al, 2019**). Les résultats sont exprimés en g/ml, et représentés dans le tableau 07.

Selon les résultats de l'IC50 obtenus pour les deux extraits éthanoliques (épinard, betterave), nous constatons que les deux extraits présentent une activité antiradicalaire envers le radical libre (DPPH), bien que les résultats varient. L'extrait d'épinard a montré l'activité antiradicalaire la plus forte avec une valeur d'IC50 de 0,000038g/ml, puis celle d'extrait de betterave avec une IC50 de 0,000048 g/ml.

L'étude faite par **Marianne et al(2024)** sur l'activité antioxydante d'extrait méthanolique de betterave, a révélé une valeur d'IC50 de 0,000097 g/ml. Cette dernière est supérieure à celle trouvée dans le présent travail. Ce qui prouve que notre échantillon a une activité antioxydante plus importante.

Dans une autre étude réalisée par **Edziri et al (2019)** sur deux extraits de betterave (méthanolique et aqueux), des valeurs d'IC50 respectives de 0,00025 g/ml et 0,00031 g/ml ont été observées. Ces valeurs sont nettement supérieures à celles que nous avons trouvées dans notre étude.

Selon l'étude menée par **Alsabeelah (2024)** sur l'extrait éthanolique de betterave, une valeur d'IC50 de 0,0007 g/ml a été trouvée, cette valeur est supérieure à celle obtenue dans notre propre étude.

De plus, l'étude menée par **Nikan et al (2019)** sur l'extrait éthanolique de betterave a révélé une valeur d'IC50 de 0,0005 g/ml, laquelle est supérieure à celle que nous avons trouvée.

D'autre part, l'étude menée par **Kaliyaperumal et al(2020)** sur l'extrait méthanolique d'épinard, a révélé une valeur d'IC50 de 0,00001 g/ml, qui est inférieure à celle trouvée dans notre étude. Cela peut être expliqué par le type de solvant utilisé dans l'extraction.

En outre, l'étude faite par **El-Shora et al (2024)** sur l'effet des extraits d'algues sur l'activité antiradicalaire des épinards a montré des valeurs d'IC50 comprises entre 0,00001 g/ml et 0,000016 g/ml. Ces valeurs sont inférieures à celles obtenues dans le présent travail.

D'après l'étude menée par **Karimi et al (2012)**, il a été démontré qu'il existe une relation positive entre la quantité de composés phénoliques et l'activité antioxydante.

L'activité antioxydant de la betterave est attribuée principalement aux groupes amino et hydroxyle et aux composés phénoliques. (Orhan et al ,2007).Selon les résultats obtenus, les activités biologiques observées étaient dues à la forte teneur en composés phénoliques (polyphénols et flavonoïdes) dans les extraits polaires (éthanol, méthanol) et à leur bonne activité antioxydant.(Ribarova et al ,2005).Les teneurs considérables de composés phénoliques sont le principal facteur de l'activité antiradicalaire. (Brahmi et al ,2022).

L'augmentation de l'activité antiradicalaire dans les épinards est associée à l'accumulation de composés phénoliques. (Sokolova et al, 2023).

Les variations entre les résultats de l'activité antioxydant trouvés dans les études précédentes et nos propres résultats peuvent être attribuées à plusieurs facteurs, tels que le type de solvant et les méthodes et conditions d'extraction. Ces éléments peuvent influencer le contenu et la composition des composés bioactifs, notamment les composés phénoliques, qui, à leurs tours, affectent l'activité antioxydante. (Lazăr et al, 2022).

1.3.4. Pouvoir réducteur ferrique :

L'évaluation du pouvoir réducteur repose sur la réduction du complexe ferrique (Fe^{3+}) du ferricyanure en fer ferreux (Fe^{2+}) en présence d'antioxydants réducteurs. La couleur verte résultante est proportionnelle au pouvoir réducteur de l'extrait. (Bijoy et al ,2008.,Noreen et al,2023).Plus l'absorbance est élevée, plus le pouvoir réducteur est grand. (Hussain et al, 2016).

D'après les résultats du tableau 07, nous remarquons que les deux extraits éthanoliques (betterave et épinard) possèdent un pouvoir réducteur du fer. Nous constatons que plus la concentration augmente, le pouvoir réducteur augmente.

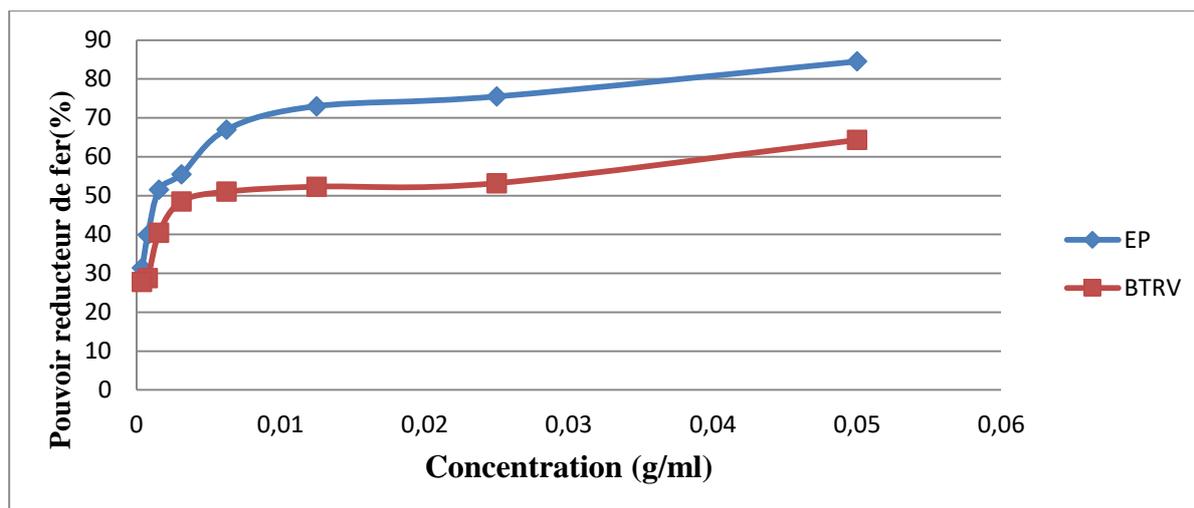


Figure11 : Pouvoir réducteur de fer des deux extraits éthanoliques (épinard et betterave).

L'extrait éthanolique d'épinard a montré un pouvoir réducteur de 84,5 %, tandis que celui de betterave a montré une teneur de 64,3 %. Nous constatons que l'extrait d'épinard a un pouvoir réducteur plus fort que celui de betterave ($p < 0,05$).

Selon l'étude menée par **Zin et al (2022)** sur le pouvoir réducteur ferrique de la betterave dans l'extrait aqueux, une teneur de 24,65 % a été trouvée. Ce résultat est inférieur à celui trouvé dans le présent travail, probablement en raison du solvant utilisé.

L'étude menée par **Naseem et al (2023)** a montré une teneur en pouvoir réducteur dans une fourchette de $34,19 \pm 13,18$ à $42,89 \pm 7,08$ % dans l'extrait éthanolique. Cette teneur est inférieure à celle que nous avons trouvée dans notre étude, ce qui peut être dû à la teneur en composés phénoliques dans les épinards, car ce sont les composés phénoliques qui ont le pouvoir antioxydant (**Quamar et al, 2022 ; Rani et al, 2022**).

2. Caractérisation de produit fini :

2.1. Détermination des paramètres physicochimique :

La composition physico-chimique des pâtes élaborées est présentée dans le tableau ci-dessous. (**Annexes 06, 07, 08, 09, 10,11**)

Tableau 08: composition physicochimique des pâtes

Type de pâtes	pH	Acidité titrable (%)	Humidité (%)	Cendres (%)	Protéines (g/100g)	Glucides (g/100g)
5%	6,6	0,010	8,1	0,97	11,89±0,22	60,15± 0,12
PB 10%	6,5	0,012	8,15	0,99	11,97±0,34	60,32± 0,08
15%	6,4	0,014	8,96	1,03	12,02±0,25	61,1± 0,15
5%	6,2	0,016	8,32	1,09	11,90±0,29	58,9 ± 0,15
PE 10%	6,1	0,023	8,39	1,33	12,10±0,36	59,8 ± 0,15
15%	6,0	0,030	9,16	2,45	12,31±0,21	60,19 ± 0,06
ST	5,8	0,018	10,07	0,62	11	58,2 ± 0,03

Pb:pâte a la betterave **PEP:** Pâtes aux épinards **ST:** standard

2.1.1. Teneur de PH :

Le tableau 08 présente les résultats obtenus concernant le pH des pâtes enrichies. On remarque que le pH des pâtes à la betterave est légèrement plus alcalin que celui des pâtes aux épinards, probablement en raison du pH initial des poudres utilisées pour l'enrichissement.

De plus, on observe que plus la concentration de poudre ajoutée augmente, plus le pH diminue, ce qui pourrait être dû aux caractéristiques des poudres ajoutées.

2.1.2. Acidité titrable :

D'après les résultats du tableau08, on constate que l'acidité des pâtes est très similaire les unes aux autres, sans grande augmentation après avoir augmenté la dose d'enrichissement.

Cela indique que l'ajout de betterave et d'épinards n'a pas un impact significatif sur l'acidité des pâtes. Selon les résultats de **Pérez et al(2009)** l'ajout de jus de betterave aux fettuccine enrichis a conduit à une acidité de 0,08 %. Cette valeur est proche de celle observée dans nos pâtes enrichies avec 5 % de jus de betterave. En comparant l'acidité titrable des pâtes enrichies avec le standard, on observe que leurs valeurs d'acidité titrable sont proches. Cela

indique que l'ajout de poudre d'épinard et de betterave n'a pas une grande influence sur l'acidité des pâtes.

2.1.3. Teneur en humidité :

D'après les résultats de tableau 08, en remarquant que la teneur en humidité des deux type de pâtes est presque dans le même intervalle (8%-9%).

Dans une étude menée par **Panditrao et al (2022)** sur la qualité nutritionnelle des pâtes enrichie à la betterave, une teneur en humidité est trouvée dans une fourchette de 8,55°C et 9,30°C. Donc, plus la température augmente plus la teneur en humidité diminue. ces résultats sont proche de ceux qu'on a trouvé dans notre étude.

Dans une autre étude faite par **Chhikara et al (2019)** sur le profile nutritionnel des nouilles enrichie a la betterave, une teneur en humidité de 6,7% a été trouvé. Cette teneur est inférieure à celle trouvé dans le présent travail. Cela peut s'expliquer par la différence de temps et de température de séchage.

En outre, le travail mené par **Perez et al(2009)** sur les caractéristiques et la composition des pâtes enrichies à la betterave a montré une teneur en humidité de 11,65 % après un séchage de 3 heures à 45°C. Cette teneur est plus élevée que celle trouvée dans notre étude. Cette différence est probablement due à la température et, surtout, à la durée de séchage.

Dans une autre étude menée par **Shere et al (2018)** sur la composition des nouilles enrichies avec de la purée d'épinards à différentes concentrations, des teneurs en humidité ont été trouvées dans une fourchette de 8,50 % à 9,50 %, ces teneur sont obtenus après un séchage de 5 heures a 50°C. Plus le taux d'incorporation de la purée dans les pâtes augmente, la teneur en humidité augmente. Cela peut être dû à la grande capacité de rétention d'eau des fibres dans la purée d'épinards pendant la formation de la pâte. Ces résultats sont proches à ceux qu'on a trouvés dans la présente étude.

La teneur en humidité obtenue après un séchage à 50°C par **Abozed et al(2021)** dans leur étude sur la composition des nouilles enrichies avec de la poudre d'épinards est de 7,97 %. Cette teneur est inférieure à celle que nous avons trouvée. Cela peut être dû aux différences dans les traitements de séchage, que ce soit en termes de température ou de durée.

2.1.4. Teneur en cendres :

Selon les résultats obtenus, nous remarquons que la teneur en cendre dans les pâtes enrichies est supérieure à celle de standard ($p < 0,05$). Cela revient à la richesse des poudres incorporé dans les pâtes (betterave, épinard) en matière minérale. Plus le pourcentage de supplémentation des poudres (betterave, épinard) augmentent, la teneur en cendres augmente. Des résultats similaires ont été rapportés par (**Adebowale et al, 2017; Arora et al, 2018**).

D'après les résultats de tableau 08, la teneur en cendres des pâtes d'épinards est supérieur a celle des pâtes de betterave ($p < 0,05$). Les deux types de pâtes présentent des variations en cendres, en fonction des concentrations de poudre incorporées.

Selon l'étude menée par **Panditrao et al (2022)** sur la composition des pâtes enrichie par la betterave, des teneurs en cendres de 0,71 % et 1,59 % ont été relevées.

Dans une autre étude faite par **Pérez et al (2009)** sur l'effet d'ajout de jus de betterave sur la qualité des fettuccine, une teneur en cendres de 1 % a été observée. Cette valeur est similaire à celle que nous avons trouvée dans notre étude pour l'essai de 15 %. Cette teneur satisfait aux exigences de la législation vénézuélienne (maximum de 1,5%) (**COVENIN, 1994**).

D'autre par, l'étude réalisé par **De Oliveira Filho et al (2021)** sur la composition chimique des pâtes fraîches incorporées avec la poudre de betterave, a révélé une teneur en cendres de 1,65 %. Cette valeur est supérieure à celle obtenue pour les trois essais dans notre étude.

En outre, l'étude menée par **Chhikara et al (2021)** sur l'effet d'incorporation de pulpe de betterave sur la qualité nutritionnelle des pâtes, a montré une teneur en cendres de 3,67%. Cette teneur est supérieure à celle trouvé dans le présent travail.

Ces différences notables entre les résultats de la teneur en cendres trouvés par les études précédentes et nos résultats pourraient être dues à :

- La composition des légumes utilisés. (**Abozed et al, 2021**)
- la forme des légumes incorporé (poudre, jus, purée). Par exemple, la poudre de betterave conserve une grande partie des nutriments présents dans la betterave fraîche, y compris les fibres, les vitamines et les minéraux.
- Le taux d'incorporation des poudres. (**Prabhasankar et al, 2009**).

2.1.5. Teneur en protéines :

Les résultats de la teneur en protéines des pâtes enrichie et de standard sont montrés dans le tableau 08.

Nous remarquons que plus le pourcentage d'incorporation des poudres (betterave, épinard) augmentent, la teneur en protéines dans les pâtes augmente.

D'après les résultats de tableau 08, la teneur en protéines des pâtes d'épinard est supérieure à celle des pâtes de betterave ($p < 0,05$), cela revient à la composition initiale des légumes. Les deux types de pâtes présentent des variations dans leur teneur en protéines, en fonction des concentrations des poudres incorporées.

Selon l'étude menée par **Panditrao et al (2022)** sur la composition des pâtes à la betterave, une teneur en protéines de 11,25 g/100 g a été trouvée. Ces teneurs sont inférieures à celles observées dans le présent travail, ce qui pourrait être dû au taux de supplémentasson en poudre de betterave.

Dans une autre étude menée par **Pérez et al (2009)** comparant la composition des pâtes enrichies en betterave (80 % de semoule, 20 % de poudre de betterave) et des pâtes simples (100 % de semoule), des teneurs en protéines de 11,65 g/100 g et 12,64 g/100 g respectivement ont été trouvées. Cette différence peut s'expliquer par la réduction de la proportion de semoule, ce qui entraîne une diminution de la teneur en protéines dans les pâtes enrichies en betterave.

De plus, dans leur étude sur la composition des nouilles enrichies à la betterave, **Chhikara et al (2019)** ont rapporté une teneur en protéines de $13,17 \pm 0,10$ g/100g. Cette teneur est supérieure de celle trouvée dans notre étude.

Par ailleurs, l'étude menée par **Wang (2023)** sur l'analyse chimique des pâtes enrichies aux épinards à différentes concentrations a révélé une teneur en protéines des pâtes de 10 % de $14,13 \pm 0,03$. Cette teneur est supérieure à celle trouvée dans notre étude.

De plus, l'étude menée par **Borneo et al (2008)** sur la composition des pâtes à base de poudre d'épinards (20%) a révélé une teneur en protéines de $14,18 \pm 1,15$ g/100g. Cette valeur est supérieure à celle trouvée dans notre étude .cela peut être du au taux de supplémentasson en poudre.

Selon l'étude menée par **Trivedi et al (2018)** sur la composition des pâtes enrichies avec de la poudre d'épinard à différentes concentrations, les teneurs en protéines étaient

respectivement de 10,32 %, 10,24 % et 10,03 %. Ces valeurs sont inférieures à celles que nous avons trouvées dans notre étude. Il est à noter que plus le taux d'incorporation de la poudre d'épinard augmente, la teneur en protéines diminue. Cela est dû à la réduction de la proportion de semoule à mesure que le taux d'incorporation augmente. Des résultats similaires sont trouvés par **Shere et al(2018)** dans leurs études sur l'incorporation de purée d'épinard dans les pâtes.

Dans une autre étude sur la composition des nouilles enrichies aux épinards menée par **Abozed et al (2018)**, une teneur en protéines de $13,08 \pm 0,65$ g/100 g a été observée. Cette valeur est supérieure à celle trouvée dans notre travail.

Le taux de supplémentasson en poudre de légumes affecte la teneur en protéines des pâtes. Plus le taux de supplémentasson augmente, plus la teneur en protéines dans les pâtes augmente. (**Sharma et al, 2021 ; Ramu et al, 2016**).

2.1.6. Teneur en sucre totaux :

D'après les résultats obtenus, on observe qu'il n'y a pas une grande augmentation des glucides après l'enrichissement des pâtes, et la différence entre les glucides dans les pâtes enrichies avec de la betterave et celles enrichies avec des épinards est non significative. Cela s'explique par la quantité de poudre ajoutée. Les pâtes enrichies à la betterave montrent une augmentation plus marquée de la teneur en glucides par rapport aux pâtes enrichies aux épinards. Cette différence est due à la teneur en glucides naturellement plus élevée de la betterave par rapport aux épinards. (**Thomas, 2016**).

L'étude menée par **Abozed et al(2021)** a enrichi des pâtes avec 5% de poudre de betterave et d'épinard. Pour les pâtes enrichies en épinard, ils ont obtenu 70,38 g de glucides, et 67,84 g pour les pâtes enrichies à la poudre de betterave. Ces valeurs sont supérieures à nos propres résultats, où les pâtes enrichies de betterave contenaient jusqu'à 61,1 g de glucides et celles enrichies avec de la poudre d'épinard contenaient jusqu'à 60,1 g de glucides. Ces valeurs sont également inférieures à celles rapportées par **Shere et al(2018)**, qui ont indiqué que les pâtes enrichies avec 10% de purée d'épinards contenaient 67,62 g de glucides. De même, les résultats de **Chhikara et al (2019)** montrent que la teneur en glucides des nouilles enrichies avec de la betterave était de 72,66%, ce qui est également supérieur à nos résultats. Bien que nos pâtes aient montré une légère augmentation de la teneur en glucides après enrichissement, cela reste inférieur aux résultats de ces études.

2.2. Teneur en composés bioactifs et activité antioxydante :

Le tableau 0 représente la teneur en composé bioactifs et activité antioxydante des pâtes enrichies à l'épinard et à la betterave :

Tableau 09:Teneur en composés bioactifs et activité antioxydante des pâtes enrichies

Type depâtes	Composés phénolique*	Flavonoïdes**	AAR (IC50)***	Pouvoir réducteurde fer	
	5%	36,49±3,21	15,61 ±0,58	0,0123	20,3%
PB	10%	74,71±2,68	23,75± 1,25	0,00037	33%
	15%	149,70±4,76	49,96 ± 1,06	0,00018	43,3%
PEP	5%	120,75±5,43	47,38 ± 1,30	0,0012	23,5%
	10%	227,23±6,25	72,3 ± 2 ,22	0 ,00062	38,8%
	15%	316,51±5,64	106 ,86 ± 2,90	0,00015	51,6%

PB :pâte à la betterave **PEP** : pâtes aux épinards* : (mg EAG /100g ms) ** : (mg EQ/g)*** : (g/ml)

2.2.1. Polyphénols :

La méthode de quantification des polyphénols totaux à l'aide du réactif de Folin-Ciocalteu est la plus fiable et la plus reproductible. **(Ben moussa et al, 2022).**

Les résultats de dosage des polyphénols dans les pâtes à la betterave et aux épinards à différentes concentrations sont mentionnés dans le tableau 09.

D'après les résultats du tableau 09,nous observons que les taux de composés phénoliques dans les pâtes aux épinards sont plus élevés que ceux des pâtes à la betterave(p<0,05). Les teneurs en polyphénols varient dans les deux pâtes en fonction des concentrations de poudre ajoutée.

D'après l'étude réalisé par **De Oliveira Filho et al (2021)**, sur les propriétés bioactive des pâtes frais enrichie par la poudre de betterave la teneur en polyphénols trouvée est

d'environ 88,34 mg EAG/100 g. Cette valeur est assez proche de celle obtenue dans notre étude pour l'essai à 10 %.

Selon l'étude menée par **Chhikara et al (2019)** sur l'analyse phytochimique des nouilles enrichies à la betterave, une teneur en polyphénols de $117,02 \pm 1,0$ à $152,20 \pm 1,0$ mg EAG/100 g a été montrée. Cette valeur est assez similaire à celle trouvée dans notre étude pour l'essai à 15%.

Dans une autre étude menée par **Sipos et al (2017)** sur l'enrichissement des pâtes avec du jus de betterave à différentes concentrations, les résultats obtenus en termes de composés phénoliques pour l'essai à 16% sont respectivement de l'ordre de 56,8 mg EAG/100 g et 52 mg EAG/100 g. Ces résultats sont inférieurs à ceux de notre essai à 15%. Cette différence est probablement due à la nature et à la forme d'utilisation de la betterave pour l'enrichissement (jus).

La variation des concentrations en composés phénoliques est probablement attribuable à la forme de betterave utilisée, que ce soit sous forme de poudre, de jus ou de pulpe. L'augmentation des composés bioactifs est le résultat de l'augmentation de la concentration en pulpe de betterave, riche en phytochimie (**Chhikara et al, 2019**). Il est connu que la pulpe contient une quantité significative de phénols totaux et de bétalaïnes (**Guldiken et al, 2016**).

En outre, l'étude réalisée par **Wang et al (2022)** sur les contenus phénoliques totaux des pâtes enrichies en épinards (sous forme de purée) a révélé une teneur de 490 ± 8 mg EAG/100 g. Cette valeur est supérieure à celle trouvée dans notre étude. Cette différence pourrait être attribuée à la forme d'utilisation des épinards, ce qui influence à son tour la teneur en composés phénoliques.

Le travail mené par **Abozed et al(2021)** montre que la teneur en composés phénoliques dans les nouilles enrichies de purée d'épinards est de 381.66 ± 4.45 mg EAG/100g. Cette valeur est un peu proche de celle que nous avons trouvée dans notre étude.

Dans une autre étude menée par **Vimercati et al (2020)** sur les composés bioactifs des pâtes enrichies aux épinards, une quantité de polyphénols de $29,66 \pm 1,83$ mg EAG/100 g a été mise en évidence.

La différence des teneurs en polyphénols dans notre étude et les études précédentes peut être due à plusieurs facteurs :

- La durée de séchage et les conditions de stockage, ont une forte influence sur teneur en polyphénols. (**Bamba et al, 2021**).
- Les conditions expérimentaux : (quantité et nature de solvant utilisé, la température et le temps d'extraction, pH, la taille des particules après broyage ...etc.) (**Angela et Meireles, 2009**) ; (**Bouyahya et al, 2017**).
- Les composés phénoliques peuvent être affectés par plusieurs facteurs liés à la transformation des aliments, tels que la température. (**Bunea et al, 2008**).

2.2.2. Flavonoïdes :

Les résultats du tableau 09 montrent une différence significative ($P < 0,05$) entre la teneur en flavonoïdes des pâtes enrichies en épinard et celles enrichies en betterave. La valeur maximale de flavonoïdes dans les pâtes enrichies à 15 % de betterave est de 49,96 mg, ce qui est proche de la teneur en flavonoïdes des pâtes enrichies à 5 % d'épinard. En revanche, la teneur maximale en flavonoïdes des pâtes enrichies en épinard est de 106,86 mg /100g. Cette différence s'explique par la teneur intrinsèquement plus élevée en flavonoïdes des épinards par rapport aux betteraves.

En comparant les résultats de notre étude avec ceux de l'étude menée par **Abozed et al(2021)** sur l'amélioration des caractéristiques nutritionnelles et fonctionnelles des nouilles formulées à base de feuilles d'épinards et de betterave sucrière avec un enrichissement de 5 %. Ont trouvé une teneur en flavonoïdes de 46,19 mg/100g pour les pâtes enrichies à 5 % de betterave, tandis que nos résultats montrent une teneur de 15,61 mg/100g pour les mêmes pâtes. De plus, ils ont observé une teneur de 40,77 mg/100g pour les pâtes enrichies à 5 % d'épinard, ce qui est inférieur à nos résultats de 47,38 mg/100g. Les variations dans la teneur en flavonoïdes peuvent être attribuées aux différences dans les variétés de légumes utilisées, ainsi qu'aux conditions de culture qui peuvent influencer les niveaux de flavonoïdes.

2.2.3. Activité antiradicalaire :

Dans cette étude, le potentiel des échantillons testés à éliminer les radicaux libres a été déterminé en mesurant leur capacité à réduire les radicaux 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH).

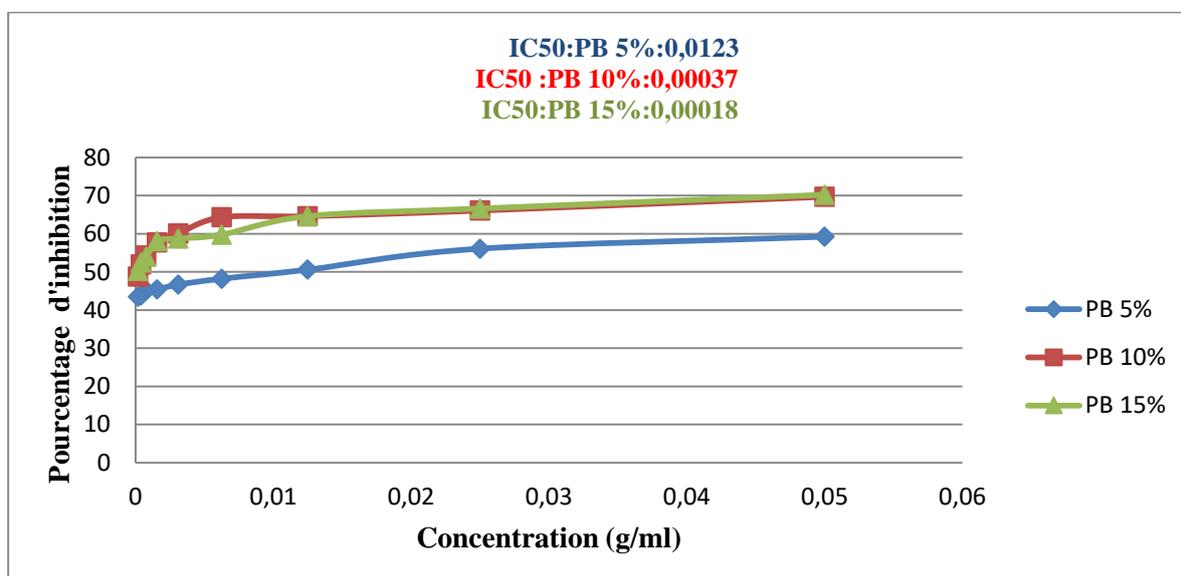
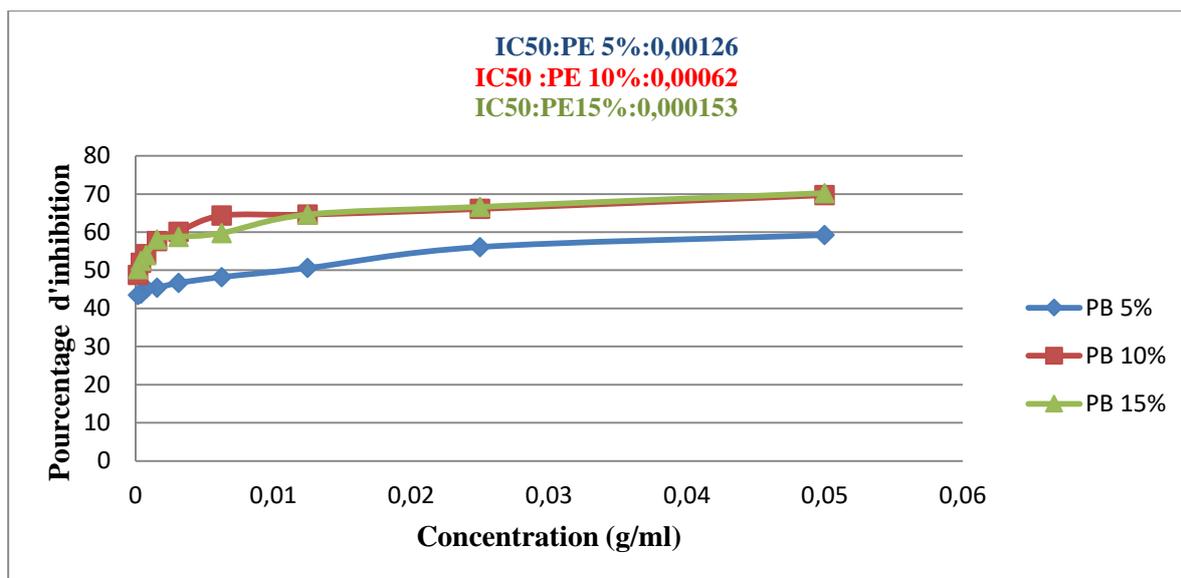


Figure 12 : Pourcentage d'inhibition du radical DPPH des extraits des pâtes aux épinards et à la betterave à différentes concentrations.

D'après les résultats du tableau 09 et des Figure 10, les deux types de pâtes enrichies avec la betterave et l'épinard présentent une activité antioxydante contre le radical libre (DPPH), avec des variations selon les concentrations de poudres ajoutées.

Les pâtes aux épinards montrent une activité antioxydante plus élevée par rapport à celles aux betteraves, ce qui peut être dû à la composition initiale des légumes en composés phénoliques.

De plus, il est constaté que les deux variétés de pâtes diffèrent entre elles selon le pourcentage de supplémentasson en poudres ($p < 0,05$) : plus la concentration de poudres ajoutées augmente, plus l'activité antioxydante contre le radical libre (DPPH) augmente.

Selon une étude menée par **Susanti et al(2021)** sur l'activité antioxydante des nouilles fraîches enrichies avec la poudre d'épinard, une valeur d'IC50 de 0,000156 g/ml a été observée. La valeur trouvée dans leur étude est supérieure à celles trouvées dans la nôtre, ce qui pourrait être dû à la teneur en polyphénols dans la poudre utilisée. (**Duthieet al, 2013**).

Dans une autre étude menée par **Chhikara et al (2019)** sur l'activité antioxydante des pâtes enrichies à la betterave, un pourcentage d'inhibition de 50,30 % a été observé. Cette valeur est inférieure à celle trouvée dans le présent travail, qui est respectivement de 59,23 %, 69,70 % et 70,23 % dans les pâtes contenant 5 %, 10 % et 15 % de betterave.

2.2.4. Pouvoir réducteur de fer :

Les résultats de l'activité antioxydant (pouvoir réducteur de fer) sont présentés dans le tableau 09.

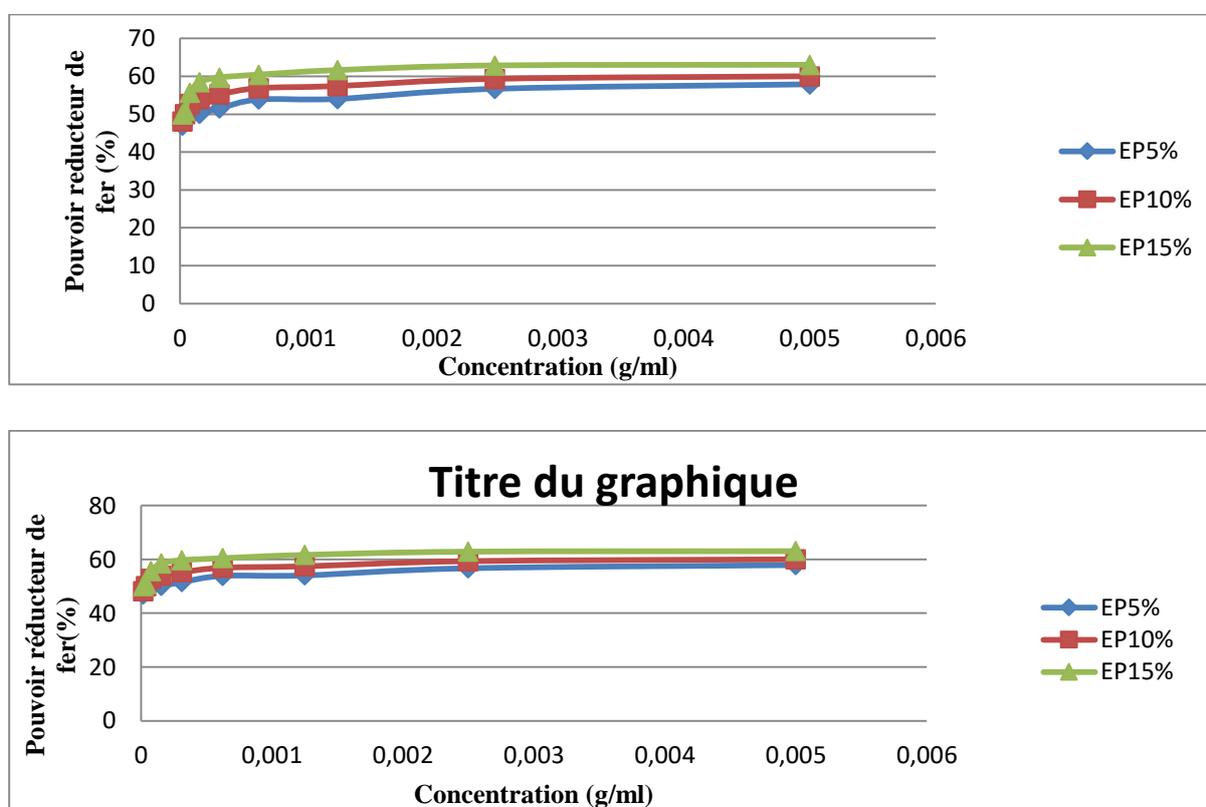


Figure 13 : Pouvoir réducteur de fer des pâtes enrichies à la betterave et aux épinards à différentes concentrations.

D'après ces résultats nous constatons que plus le taux d'incorporation des poudres de légumes dans les pâtes augmente, le pouvoir réducteur de fer augmente ($P < 0,05$).

Dans une étude menée par **Wang et al (2022)** sur le pouvoir réducteur de fer des pâtes enrichie aux épinards, une valeur de 44,68% a été trouvée. Cette teneur est inférieure à celle trouvée dans le présent travail pour les pâtes enrichies à 15%.

Dans une autre étude menée par **Kiss et al (2013)** sur les capacités antioxydantes des différents types de pâtes alimentaires, une teneur de 10% a été notée pour les pâtes aux épinards. Cette valeur est inférieure à celle trouvée dans le présent travail.

Pour les pâtes enrichies à la betterave, elles ont présenté un pouvoir réducteur de fer, avec des variations selon le taux de supplément. Nous constatons que plus le taux de supplément augmente, plus le pouvoir réducteur de fer augmente ($P < 0,05$).

2.3. Qualité culinaire :

Le tableau ci-dessous présente l'ensemble de caractéristiques culinaires obtenues pour les pâtes alimentaires élaborées.

Tableau 10 : caractéristiques culinaires des pâtes enrichies.

Type des pâtes	Temps de cuisson (min)	Indice de gonflement	Les pertes à la cuisson (%)
St	5 min	0,88	5,2±0,84
PE 5%	3min	1,03±0,15	6,9±0,98
PE 10%	3min	1,23±0,32	7 ± 0,72
PE%	3min	1,86±0,05	11,6 ± 1,06
PB5%	3min	1,1±0,17	6,03 ± 0,15
PB 10%	3min	1,46±0,30	6,5±0,2
PB 15%	3min	1,56±0,20	9,9 ± 0,95

On a constaté qu'il y a des différences significatives ($p < 0,05$): le fait d'enrichir les pâtes alimentaires provoque une variation des caractéristiques culinaires.

Les pâtes enrichies en poudre d'épinards et de betteraves ont atteint leur temps de cuisson optimal en 3 minutes, où ce temps était inférieur à celui du standard de 5 minutes. Ces résultats sont identiques par rapport à l'étude menée par **Borneo et al(2008)**. Cette réduction importante du temps de cuisson pourrait être due à une plus grande quantité de composants

de légumes. Cette tendance pourrait résulter de la désintégration et de l'affaiblissement de la matrice de gluten des pâtes (**Laleg et al, 2017**).

L'indice de gonflement des pâtes présente une augmentation significative par rapport au standard, surtout dans les pâtes enrichies avec 15% d'épinards, qui ont présenté une valeur de 1,86, similaire aux résultats de **Wang et al(2021)**. Cette tendance est également observée dans les pâtes enrichies avec de la poudre de betterave, avec un indice de gonflement allant jusqu'à 1,56, ce qui correspond également aux résultats de **Kultys et al(2022)**.

À mesure que la proportion de poudre dans les pâtes augmentait, la teneur en fibres alimentaires, qui contient des groupes hydrophiles, augmentait également. Cette augmentation de la teneur en fibres alimentaires favorise la liaison de l'eau et contribue ainsi au gonflement des pâtes (**Piwińska et al, 2016**). Par conséquent, l'indice de gonflement des pâtes aux légumes dépend de l'intégrité ou de la force du réseau de gluten et de la capacité de liaison à l'eau des composants végétaux, comme l'a également souligné **Tazart et al (2016)**. Avec l'augmentation du niveau d'incorporation de la poudre de betterave et d'épinard dans les pâtes, la perte de cuisson des échantillons a augmenté jusqu'à 11,6 % dans les pâtes aux épinards et 9,9 % dans les pâtes enrichies en poudre de betterave. Cette augmentation pourrait être due à l'affaiblissement ou à la rupture de la matrice protéine-amidon et à une répartition inégale de l'eau à l'intérieur de la matrice due à la présence de poudre de betterave. Cela peut permettre à plus de solides de se lixivier des pâtes dans l'eau de cuisson (**Chhikara et al, 2019 ;Carini et al, 2012**).

2.4. Interprétation de l'analyse sensorielle :

Après dégustation par un panel non expérimenté, les résultats de leurs préférences sont exprimés sous forme d'étoiles d'alignement, où PB1, PB2 et PB3 représentent les pâtes enrichies à la poudre de betterave, et PE1, PE2 et PE3 celles enrichies à la poudre d'épinard. Les concentrations de poudre de betterave et d'épinard incorporées varient de 5% à 15%, représentées respectivement par les indices de 1 à 3 (PB1, PB2, PB3, PE1, PE2, PE3).

Il est important de souligner que les membres du panel de dégustation ont pu percevoir les paramètres sensoriels sélectionnés décrivant le goût, l'odeur, la texture et la couleur des pâtes cuites. Ils ont noté que les pâtes standard montrent une couleur jaune pâle, un goût légèrement salé, et une odeur neutre avec une subtile note de blé tendre, probablement due à l'utilisation de farine de blé tendre. La texture des pâtes standard a été décrite comme étant

trop lisse et collante .En revanche, les pâtes enrichies à la poudre de betterave présentent des caractéristiques différentes. Les pâtes enrichies à 5% de poudre de betterave (PB1) ont une couleur rose, tandis que celles enrichies à 10% (PB2) et 15% (PB3) ont une couleur grenat et PB3 étant la plus foncée. Concernant le goût, les trois variantes enrichies ont une saveur légèrement salée et sucrée en raison de la poudre de betterave ajoutée, avec un goût sucré plus prononcé dans PB3. Pour l'odeur, les pâtes enrichies à 5% (PB1) de poudre de betterave ont une odeur presque neutre, tandis que celles enrichies à 10%(PB2) commencent à avoir une odeur de betterave perceptible, devenant plus forte dans (PB3) à 15%. La texture des pâtes enrichies est moins lisse et moins collante que les pâtes standard, et cette caractéristique semble diminuer au fur et à mesure qu'on augmente les taux d'incorporation de la poudre de betterave.

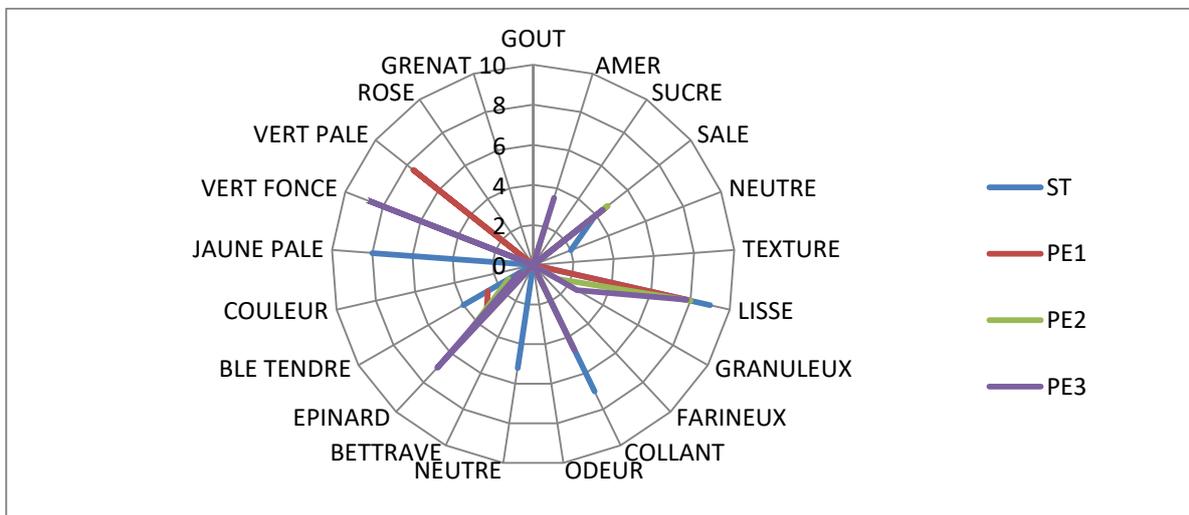


Figure 12 : Profil sensoriel des pâtes enrichies à la poudre d'épinard et des pâtes témoins cuites.

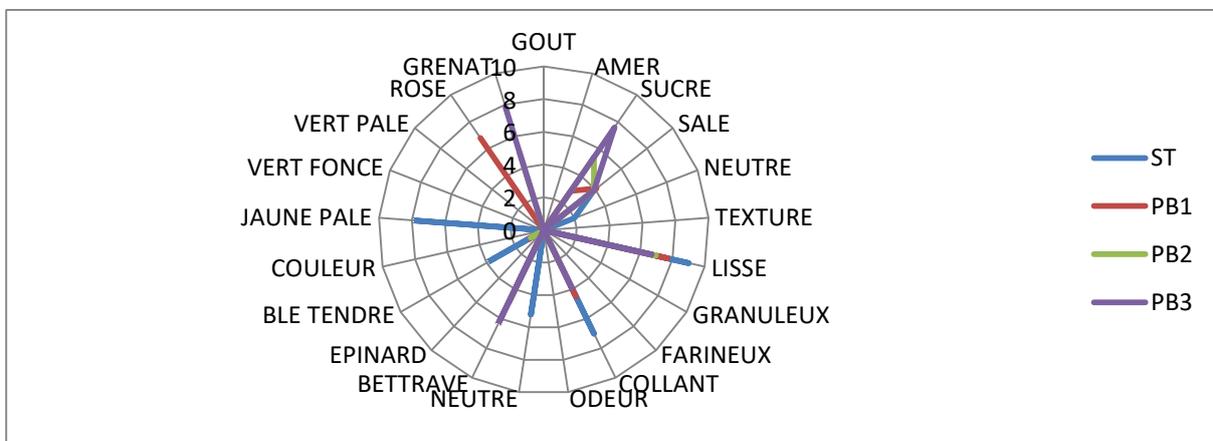


Figure 13 : Profil sensoriel des pâtes enrichies à la poudre de betterave et des pâtes témoins cuites.

Quant aux pâtes à l'épinard, elles présentent également des variations en fonction de la concentration de poudre. Les pâtes enrichies à 5% de poudre d'épinard (PE1) ont une couleur vert pâle, tandis que celles contenant 10% (PE2) et 15% (PE3) de poudre sont de plus en plus foncées. En ce qui concerne le goût, ces pâtes sont légèrement salées avec une note d'amertume plus prononcée dans l'échantillon PB3. Pour l'odeur, une plus grande incorporation de poudre entraîne une odeur plus marquée d'épinard. En termes de texture, ces pâtes sont moins lisses et moins collantes que les pâtes standards ou témoins.

En résumé, les pâtes enrichies à la poudre de betterave et d'épinard se démarquent clairement des pâtes standards par leurs différences en couleur, goût, odeur et texture. Plus spécifiquement, la texture initialement lisse et collante des pâtes standards semble diminuer progressivement à mesure que la concentration de poudre de betterave et d'épinard augmente.

2.5. Interprétation de la valeur nutritionnelle globale des pâtes élaborées :

Les résultats des valeurs nutritionnelles des pâtes élaborées sont représentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 11 : Valeurs nutritionnelles des pâtes élaborées et des pâtes commercialisées.

Nutriments	Nos pâtes	Pâtes commercialisées
Glucides	59,8 g	72 g
Protéines	12 ,92 g	11 g
Lipides	1,2 g	2 g
Sel	0 ,51 g	0,01 g
Valeur énergétique	297,9 Kcal/100 g	354Kcal
	1244 Kjoules /100 g	1502 Kjoules/100 g

Selon les résultats présentés dans le tableau 11, nous observons que les valeurs nutritionnelles des pâtes élaborées et celles des pâtes commercialisées sont relativement proches.

Nous remarquons que les pâtes commercialisées contiennent une quantité nettement plus élevée de glucides par rapport aux pâtes élaborées, avec moins de protéines et plus de lipides. En outre, elles contiennent moins de sel que les pâtes élaborées.

Après l'analyse, il est évident que les pâtes élaborées sont préférées en raison de leur contenu protéique plus élevé et de leur faible teneur en glucides. Cette composition nutritionnelle les rend particulièrement attractives pour les personnes soucieuses de limiter leur consommation de sucres. En effet, les protéines fournissent une sensation de satiété plus durable. Cette caractéristique en fait un choix privilégié pour ceux qui cherchent à maintenir un mode de vie équilibré et à contrôler leur apport en glucides.

Conclusion :

Dans cette étude, nous avons exploré l'enrichissement des pâtes dans le but d'améliorer leur qualité nutritionnelle et technologique en utilisant deux légumes en poudre : la betterave et les épinards. Ces légumes ont été choisis pour leur richesse en composés bioactifs, leur activité antioxydante.

L'analyse des caractéristiques nutritionnelles et phytochimiques de la poudre de betterave et de la poudre d'épinards met en évidence des profils distincts pour chacune. La poudre d'épinards présente une teneur élevée en cendres ($13,7 \pm 0,23\%$) et en protéines ($3,683 \pm 0,318$ g/100g), ainsi que des concentrations significatives de polyphénols ($1240 \pm 312,4$ mg EAG/100g de matière sèche) et de flavonoïdes (760 ± 200 mg EQ/100 g ms). En revanche, la poudre de betterave se caractérise par des niveaux de cendres ($4,01 \pm 0,12\%$) et de protéines ($2,78 \pm 0,119$ g/100g), avec des polyphénols ($454,21 \pm 67,07$ mg EAG/100g de ms) et de flavonoïdes ($116 \pm 70,01$ mg EQ/100 g ms).

Les deux extraits de poudre d'épinards et de betterave présentent une activité antiradicalaire contre le radical libre DPPH. L'extrait d'épinards a une IC₅₀ de 0,000038 g/ml, tandis que celui de betterave a une IC₅₀ de 0,000048 g/ml. De plus, les extraits montrent un pouvoir ferrique important, avec l'extrait de betterave affichant un pouvoir réducteur de 64,3 % et celui d'épinards une teneur de 84,5 %.

Pour tirer profit de la richesse de ses légumes, l'enrichissement des pâtes a été réalisé avec des taux d'incorporation de poudre de légumes allant de 5 % à 15 %. Il y a eu une amélioration significative ($p < 0,05$) en matière minérale, en protéines et en activité antioxydante, indiquant la présence de composés bioactifs. Cette amélioration a été observée de manière progressive avec l'augmentation du taux d'incorporation des poudres d'épinard et de betterave.

Concernant les cendres et les protéines, les résultats montrent une amélioration par rapport aux pâtes témoins. Les pâtes enrichies en poudre de betterave présentent jusqu'à 1,03 % de matière minérale et 14,02 % de protéines. Pour les pâtes enrichies en poudre d'épinard, les valeurs atteignent 2,45 % de matière minérale et 14,31 % de protéines.

La teneur en composés bioactifs des pâtes enrichies augmente progressivement. Les pâtes enrichies en betterave atteignent jusqu'à 149,70 mg EAG/100 g de polyphénols et 49,96 mg EQ/100 g ms de flavonoïdes, tandis que celles enrichies en épinards atteignent jusqu'à 316,51 mg EAG/100 g et 106,86 mg EQ/100 g ms respectivement.

L'évaluation de l'activité antioxydante par le test de DPPH montre que les deux types de pâtes possèdent un pouvoir antiradicalaire notable. Cette activité est particulièrement élevée dans les pâtes enrichies à 15% de poudre d'épinard, avec un IC50 de 0,00015, contre un IC50 de 0,00018 pour celles enrichies en betterave, indiquant une activité antiradicalaire accrue avec l'augmentation de la supplémentation en poudre.

En ce qui concerne le pouvoir réducteur du fer, les pâtes enrichies en betterave montrent une capacité réductrice allant jusqu'à 43,3%, tandis que celles enrichies en épinards atteignent 51,6%.

L'incorporation de poudre de betterave et d'épinards n'a pas beaucoup influencé le pH, l'humidité et l'acidité titrable des pâtes. Les valeurs de ces paramètres sont restées similaires à celles des pâtes témoins, indiquant que l'ajout de ces poudres n'altère pas les propriétés physico-chimiques de base des pâtes.

L'enrichissement des pâtes a un impact notable sur leur qualité culinaire. Il se traduit par un bon indice de gonflement et une réduction du temps de cuisson optimal par rapport aux pâtes témoins. Concernant les pertes pendant la cuisson, une augmentation est observée due à l'enrichissement, mais cette augmentation reste modérée. Par ailleurs, la couleur des pâtes enrichies ne subit pas de pertes importantes durant la cuisson, ce qui préserve leur attrait visuel.

D'après le panel de dégustation, les résultats ont montré que les pâtes préférées sont celles enrichies à 10%, que ce soit avec de la poudre d'épinards ou de betterave. L'évaluation de la valeur nutritionnelle globale des pâtes enrichies à 10% de poudre d'épinard a révélé qu'elles contiennent une teneur plus élevée en protéines et une teneur plus faible en lipides et en glucides par rapport aux pâtes commercialisées. De plus, ces pâtes enrichies présentent une valeur énergétique inférieure. Ainsi, les pâtes enrichies en poudre d'épinard et de betterave sont non seulement une source plus riche en protéines, mais elles offrent également une alternative plus légère en termes de calories.

En fin, les pâtes enrichies offrent une alternative plus saine et nutritive par rapport aux pâtes traditionnelles, tout en offrant des avantages technologiques qui répondent aux attentes des consommateurs en matière de qualité et de bien-être. Ces innovations dans le domaine de l'alimentation démontrent l'importance croissante de l'optimisation des aliments pour répondre aux besoins nutritionnels et aux préférences des consommateurs conscients de leurs santés.

Comme perspectives : nous pouvons dire que ce travail méritera d'être complété par :

- La détermination de la teneur en fer des plantes et des pâtes enrichies.
- La détermination des autres paramètres telle que l'indice de couleur.
- L'étude de la valeur optimale de supplémentation en poudre qui n'affecte pas la qualité des pâtes.
- Elargir cette incorporation à divers produits alimentaires (pain, yaourt ...).
- Etude comparative de différentes méthodes de séchage.
- La détermination de la teneur en chlorophylle d'épinard et en caroténoïde de betterave.
- La détermination des minéraux par une analyse minérale.

References bibliographiques

AACC. Approved Methods of the AACC, 10th ed.; Cereals & Grains Association: Saint Paul, MN, USA, 2000.

Abdel-Shafi, S., Al-Mohammadi, A. R., Sitohy, M., Mosa, B., Ismaiel, A., Enan, G., & Osman, A. (2019). Antimicrobial activity and chemical constitution of the crude, phenolic-rich extracts of *Hibiscus sabdariffa*, *Brassica oleracea* and *Beta vulgaris*. *Molecules*, 24(23), 4280.

Abozed, S. S., & AHMED, Z. S. (2021). Enhancement of nutritional and functional characteristics of noodles formulated with spinach leaves and sugar beet. *Egyptian Journal of Chemistry*, 64(12), 7475-7480.

Adebowale, O. J., Salaam, H. A., Komolafe, O. M., Adebisi, T. A., & Ilesanmi, I. O. (2017). Quality characteristics of noodles produced from wheat flour and modified starch of African breadfruit (*Artocarpus altilis*) blends. *Journal of Culinary Science & Technology*, 15(1), 75-88.

AFNOR, 1982. Recueil de norme Française des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. Ed. AFNOR, p325.

Agarwal, K., & Varma, R. (2014). Biochemical screening of beetroot leaves. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 1, 127-134.

Aggarwal, A., Agrawal, M., Sirohi, S., & DV, S. P. (2023). Studies on Qualitative and Quantitative analysis of Phytochemicals from *Spinacia oleracea* leaves.

Aktumsek, A., Zengin, G., Guler, G. O., Cakmak, Y. S., & Duran, A. (2011). Screening for in vitro antioxidant properties and fatty acid profiles of five *Centaurea L.* species from Turkey flora. *Food and chemical toxicology*, 49(11), 2914-2920.

Al-Hachami, W. A., Albakaa, A. R., Abed, N. K., Ahmed, A. M., Abdulredha, N. A., & Hameed, A. M. (2022). Comparative Evaluation of Nutritional Values in Different Food Prepared Traditional Methods from Iraqi Cuisine of *Beta Vulgaris* Roots. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, 49(1).

Alsabeelah, N. (2024). Beta Vulgaris L. Roots: A Review of its Phytochemistry, Nutritional Potential and Pharmacology. *Latin American Journal of Pharmacy: A Life Science Journal*, 43(1), 204-224.

Angela, A., Meireles, A. (2009). Extracting bioactive compounds for food products: theory and applications. CRC press.

Armellini, R., Peinado, I., Pittia, P., Scampicchio, M., Heredia, A., & Andres, A. (2018). Effect of saffron (*Crocus sativus* L.) enrichment on antioxidant and sensorial properties of wheat flour pasta. *Food chemistry*, 254, 55-63.

Arora, B., Kamal, S., & Sharma, V. P. (2018). Nutritional and quality characteristics of instant noodles supplemented with oyster mushroom (*P. ostreatus*). *Journal of food processing and preservation*, 42(2), e13521.

Arora, S., Siddiqui, S., & Gehlot, R. (2019). Physicochemical and bioactive compounds in carrot and beetroot juice. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 38(3), 252-256.

Ashor, A. W., Siervo, M., & Mathers, J. C. (2016). Vitamin C, antioxidant status, and cardiovascular aging. In *Molecular basis of nutrition and aging* (pp. 609-619). Academic Press.

Ašimović, Z., Čengić, L., Hodzbrevević, J., & Murtić, S. (2016). Spectrophotometry determination of total chlorophyll content in fresh vegetables.

Atti, A. R., Palmer, K., Volpato, S., Zuliani, G., Winblad, B., & Fratiglioni, L. (2006). Anaemia increases the risk of dementia in cognitively intact elderly. *Neurobiology of aging*, 27(2), 278-284.

Baião, D. D. S., da Silva, D. V., Del Aguila, E. M., & Paschoalin, V. M. F. (2017). Nutritional, bioactive and physicochemical characteristics of different beetroot formulations. *Food additives*, 6(6), 21-43.

Bamba, B., Benie, C.K.D., Ouattara, A., Doukourou, D.N., Kamou, R.K., & Ouattara, K. (2021). Teneurs en phénols totaux, activités antioxydantes des macérés et décocté des feuilles de *Uvaria chamae* P. Beauv. (Annonaceae). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol.15 (1), pp. 54-67.

- Barhé, T. A., Ntontele, G. C. M., Boukongo, A. B., Ngoualali, P., & Ongoka, P. R. (2021).** Phytochemical constituents, total phenolics and flavonoids contents and vermifugal activity of the hydroethanolic extract of the bark of *Bridelia ferruginea* Benth.(Euphorbiaceae).
- Barker, A. V., Maynard, D. N., & Mills, H. A. (1974).** Variations in Nitrate Accumulation Among Spinach Cultivars¹. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 99(2), 132-134.
- Batista, M. A., Bezerra Neto, F., Silva, M. L., Ambrósio, M. M., & Cunha, J. L. (2016).** Soil-plant attributes and beet production influenced by fertilization with species of Brazilian Caatinga. *Horticultura Brasileira*, 34, 31-38.
- Beleggia, R., Platani, C., Papa, R., Di Chio, A., Barros, E., Mashaba, C., ... & Cattivelli, L. (2011).** Metabolomics and food processing: from semolina to pasta. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(17), 9366-9377.
- Ben Moussa, M.T., Cherif, R.A., Lekhal, S., Bounab, A., & Hadeif, Y. (2022).** Dosage des
- Bentabet Lasгаа N. (2017).** Étude phytochimique et évaluation des activités biologiques de deux plantes *Fredoliaa*retioides et *echiumvulgare* de l'ouest algérien. Thèse de doctorat 2015, P 20-21. Available on : www.phytojournal.com/archives/2017/vol6issue2/.../6-1-53-637.pdf
- Betoret, E., Betoret, N., Vidal, D., & Fito, P. (2011).** Functional foods development: Trends and technologies. *Trends in Food Science & Technology*, 22(9), 498-508.
- Bijoy Moktan, B. M., Jayati Saha, J. S., & Sarkar, P. K. (2008).** Antioxidant activities of soybean as affected by *Bacillus*-fermentation to kinema.
- Bijoy Moktan, B. M., Jayati Saha, J. S., & Sarkar, P. K. (2008).** Antioxidant activities of soybean as affected by *Bacillus*-fermentation to kinema.
- Bohui, P. S. G., Adima, A. A., Niamké, F. B., & N'Guessan, J. D. (2018).** Etude comparative de trois méthodes d'extraction des flavonoïdes totaux à partir des feuilles de plantes médicinales: *Azadirachta indica* et *Psidium guajava*. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 46, 50-58.

Boizot, N., & Charpentier, J. P. (2006). Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Le Cahier des Techniques de l'INRA, In: Numéro spécial, 79-82.

Borneo, R., & Aguirre, A. (2008). Chemical composition, cooking quality, and consumer acceptance of pasta made with dried amaranth leaves flour. *LWT-Food Science and Technology*, 41(10), 1748-1751.

Bouguerne, B. (2012). Conception et synthèse de dérivés phénoliques hautement fonctionnalisés et études de leurs propriétés biologiques vis-à-vis des maladies cardiovasculaires (athérosclérose) (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).

Bouyahya, A., Abrini, J., Bakri, Y., & Dakka, N. (2017). Screening phytochimique et évaluation de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits d'*Origanum compactum*. *Phytothérapie*, 15(6), 379.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72(1-2), 248-254.

Braga-Souto, R. N., Santos, T. C., Pereira, G. S. L., Oliveira, M. L. P., Vieira, C. R., & LIMA, J. P. D. (2021). Pequi flour applied in the preparation of food pasta. *Revista Caatinga*, 34, 460-470.

Brahmi, F., Mateos-Aparicio, I., Garcia-Alonso, A., Abaci, N., Saoudi, S., Smail-Benazzouz, L., Guemghar-Haddadi, H., Madani, K.; Boulekbache-Makhlouf, L. (2022). Optimization of Conventional Extraction Parameters for Recovering Phenolic Compounds from Potato (*Solanum tuberosum* L.) Peels and Their Application as an Antioxidant in Yogurt Formulation. *Antioxidants*, 11, 1401.

Brahmi, F., Mechri, B., Dabbou, S., Dhibi, M., & Hammami, M. (2012). The efficacy of phenolics compounds with different polarities as antioxidants from olive leaves depending on seasonal variations. *Industrial Crops and Products*, 38, 146-152.

Brochard, M., Correia, P., Barroca, M. J., & Guiné, R. P. (2021). Development of a new pasta product by the incorporation of chestnut flour and bee pollen. *Applied Sciences*, 11(14), 6617.

- Bunea, A., Andjelkovic, M., Socaciu, C., Bobis, O., Neacsu, M., Verhé, R., & Van Camp, J. (2008).** Total and individual carotenoids and phenolic acids content in fresh, refrigerated and processed spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Food Chemistry*, 108(2), 649-656.
- Bunkar, D. S., Anand, A., Kumar, K., Meena, M., Goyal, S. K., & Paswan, V. K. (2020).** Development of production technology for preparation of beetroot powder using different drying methods. *Annals of Phytomedicine*, 9(2), 293-301.
- Bunkar, D. S., Anand, A., Kumar, K., Meena, M., Goyal, S. K., & Paswan, V. K. (2020).** Development of production technology for preparation of beetroot powder using different drying methods. *Annals of Phytomedicine*, 9(2), 293-301.
- Bustos, M. C., Perez, G. T., & Leon, A. E. (2015).** Structure and quality of pasta enriched with functional ingredients. *RSC Advances*, 5(39), 30780–30792.
- Bustos, M. C., Vignola, M. B., Paesani, C., & León, A. E. (2020).** Berry fruits-enriched pasta: effect of processing and in vitro digestion on phenolics and its antioxidant activity, bioaccessibility and potential bioavailability. *International journal of food science & technology*, 55(5), 2104-2112.
- Camara, K. A., khadre DIOUF, A., GAYE, A. A., DIALLO, I., Birane, D. I. O. P., FOFANA, M., ... & Issa, S. A. M. B. (2023).** Phytochemical study and dosage of polyphenols and flavonoids of the methanolic extract of the leaves and stem bark of *Gardenia ternifolia*. *International Journal of Science and Research Archive*, 9(2), 291-296.
- Cappa, C., & Alamprese, C. (2017).** Brewer's spent grain valorization in fiber-enriched fresh egg pasta production: Modelling and optimization study. *LWT-Food Science and Technology*, 82, 464-470.
- Carini, E., Curti, E., Spotti, E., & Vittadini, E. (2012).** Effect of formulation on physicochemical properties and water status of nutritionally enriched fresh pasta. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 1642-1652.
- Carini, E., Vittadini, E., Curti, E., Antoniazzi, F., & Viazzani, P. (2010).** Effect of different mixers on physicochemical properties and water status of extruded and laminated fresh pasta. *Food Chemistry*, 122(2), 462-469.

Ceclu, L., & Nistor, O. V. (2020). Red beetroot: Composition and health effects—A review. *J. Nutr. Med. Diet Care*, 6(1), 1-9.

Chawla, H., Parle, M., Sharma, K., & Yadav, M. (2016). Beetroot: A health promoting functional food. *Inventi Rapid: Nutraceuticals*, 1(1), 0976-3872.doi: 10.1002/fsn3.2577

Chhikara, N., Kushwaha, K., Jaglan, S., Sharma, P., & Panghal, A. (2019). Nutritional, physicochemical, and functional quality of beetroot (*Beta vulgaris* L.) incorporated Asian noodles. *Cereal Chemistry*, 96(1), 154-161.

Chung C.E., Lee, K.W. and Cho, M.S. (2010). Effect of Ramyen and Noodles Intake in Diet and Health Status of Koreans. *Journal of the Korean Society of Food Culture*, 25(2), 109-116.

Coussot, G., Nicol, E., Commeyras, A., Desvignes, I., Pascal, R., & Vandenabeele-Trambouze, O. (2009).Colorimetric quantification of amino groups in linear and dendritic structures. *Polymer international*, 58(5), 511-518.

COVENIN (1981, 1982, 1994, 2001). Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. Normas: N° 1031 (Acidez titulable y pH); 1946 y 217 (Sémola y Harina de Trigo); 283 (Pastas Alimenticias), Caracas. Venezuela. FONDONORMA.

Cristina, V., Suzane, M., Ferreira, M. and Silva, V. (2018).Measuring dry extract in dairy products: optimizing the methodology. *Ciencia Rural*, 48(7), e20170883.

Cunin C., Handschin S., Walther P., Escher F., 1995. Structural-changes of starch during cooking of durum-wheat pasta. *Lebensmittel-Wissenschaft und- Technologie-Food Science and Technology*, 28(3), 323-328.

Dambalkar, V. S., Rudrawar, B. D., & Poojari, V. R. (2015). Study of physico-chemical properties and sensory attributes of beetroot-orange RTS drink. *Int. J. Sci. Res*, 4, 549-589.

De Carvalho, T. C. L., & Nunes, C. A. (2021).Smartphone-based method for the determination of chlorophyll and carotenoid contents in olive and avocado oils: An approach with calibration transfer. *Journal of Food Composition and Analysis*, 104, 104164.

De Noni, I., & Pagani, M. A. (2010). Cooking properties and heat damage of dried pasta as influenced by raw material characteristics and processing conditions. *Critical reviews in food science and nutrition*, 50(5), 465-472.

de Oliveira Filho, J. G., Lemes, A. C., Cruz Filho, R. P., Guimarães, R. M., Oliveira, K. L., Santana, G. S., ... & Egea, M. B. (2021). Red pasta: What is the technological impact of the enrichment of beet ingredient in fresh pasta?. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 13(2), 46-55

de Oliveira, S. P. A., do Nascimento, H. M. A., Sampaio, K. B., & de Souza, E. L. (2021). A review on bioactive compounds of beet (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*) with special emphasis on their beneficial effects on gut microbiota and gastrointestinal health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(12), 2022-2033.

De Pilli, T., Giuliani, R., Derossi, A., & Severini, C. (2014). Development of Maillard reaction in pasta dried by microwaves. *Italian Journal of Food Safety*, 26(2), 183-189.

De Santis, D., Moresi, M., & Cimini, A. (2020). Effect of β -glucan enrichment on the sensory properties of fresh egg white pasta. *LWT*, 130, 109654.

Debbouz, A., & Doetkott, C. (1996). Effect of process variables on spaghetti quality. *Cereal chemistry*, 73(6), 672-676.

Degli Agosti, R. (1985). Etude du contenu en sucres de l'épinard (*Spinacia oleracea* L. cv. Nobel) et d'autres plantes, pendant la variation de photopériode (Doctoral dissertation, éditeur non identifié)

Del Nobile, M. A., Baiano, A., Conte, A., & Mocci, G. (2005). Influence of protein content on spaghetti cooking quality. *Journal of Cereal Science*, 41(3), 347-356.

Delcros, J. F., Rakotozafy, L., Boussard, A., Davidou, S., Porte, C., Potus, J., & Nicolas, J. (1998). Effect of mixing conditions on the behavior of lipoxygenase, peroxidase, and catalase in wheat flour doughs. *Cereal Chemistry*, 75(1), 85-93.

Desai, A., Brennan, M. A., & Brennan, C. S. (2018). The effect of semolina replacement with protein powder from fish (*Pseudophycis bachus*) on the physicochemical characteristics of pasta. *LWT*, 89, 52-57.

- Dexter, J. E., & Matsuo, R. R. (1977).** Changes in semolina proteins during spaghetti processing [Wheats]. *Cereal chemistry*, 54.
- Dexter, J. E., Dronzek, B. L., & Matsuo, R. R. (1978).** Scanning electron microscopy of cooked spaghetti. *Cereal Chem*, 55(1), 23-30.
- Dexter, J. E., Matsuo, R. R., & Morgan, B. C. (1981).** High temperature drying: Effect on spaghetti properties. *Journal of Food Science*, 46(6), 1741-1746.
- Diallo, I., Mbow, B., Diop, B., Gaye, A. A., Ndoye, S. F., Fofana, M., & Gaye, M. (2022).** Phytochemical screening; determination of total polyphenol and flavonoid contents, and antioxidant activity of different parts of *Datura metel* L. *IOSR Journal Of Pharmacy And Biological Sciences (IOSR-JPBS)*, 24-31.
- Dif, M. M., Benyahia, M., Toumi Benali, F., Rahmani, M., & Bouazza, S. (2016).** Phenolic content and antioxidant activity of three algerian species of lavenders. *Phytothérapie*, 15(6), 367–372.
- Dif, M. M., Benyahia, M., Toumi Benali, F., Rahmani, M., & Bouazza, S. (2017).** Phenolic content and antioxidant activity of three algerian species of lavenders. *Phytothérapie*, 15(6), 367-372.
- Dif, M. M., Toumi, F. B., Boukaaza, H., Mokaddem, F., Benyahia, M., & Bouazza, S. (2018).** Phenolic content and antioxidant activity of *Artemisa herba-alba*, A medicinal plant from Algerian arid zone. *Phytothérapie*, 16(2), 91.
- Dirar, A. I., Alsaadi, D. H. M., Wada, M., Mohamed, M. A., Watanabe, T., & Devkota, H. P. (2019).** Effects of extraction solvents on total phenolic and flavonoid contents and biological activities of extracts from Sudanese medicinal plants. *South African Journal of Botany*, 120, 261-267.
- Djouadi, A., & Derouiche, S. (2021).** Spinach mediated synthesis of zinc oxide nanoparticles: characterization, in vitro biological activities study and in vivo acute toxicity evaluation. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 4, 100214.
- Dong, Y.C. and Liu, X. (2008).** Crops and their wild relatives in China (Vol. Vegetable crops Part 2). China Agriculture Press, Beijing, China. pp. 967–983.

- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. T., & Smith, F. (1956).** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28(3), 350-356.
- DuPont, M. S., Mondin, Z., Williamson, G., & Price, K. R. (2000).** Effect of variety, processing, and storage on the flavonoid glycoside content and composition of lettuce and endive. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(9), 3957-3964.
- Duthie, G., Campbell, F., Bestwick, C., Stephen, S., & Russell, W. (2013).** Antioxidant effectiveness of vegetable powders on the lipid and protein oxidative stability of cooked turkey meat patties: Implications for health. *Nutrients*, 5(4), 1241-1252.
- Edelman, M., & Colt, M. (2016).** Nutrient value of leaf vs. seed. *Frontiers in chemistry*, 4, 32.
- Edziri, H., Jaziri, R., Haddad, O., Anthonissen, R., Aouni, M., Mastouri, M., & Verschaeve, L. (2019).** Phytochemical analysis, antioxidant, anticoagulant and in vitro toxicity and genotoxicity testing of methanolic and juice extracts of *Beta vulgaris* L. *South African Journal of Botany*, 126, 170-175.
- Ekwueme, F. N., Nwodo, O. F. C., Joshua, P. E., Nkwocha, C., & Eluka, P. E. (2015).** Qualitative and quantitative phytochemical screening of the aqueous leaf extract of *Senna mimosoides*: its effect in in vivo leukocyte mobilization induced by inflammatory stimulus.
- Elattar, K. M., Al-Otibi, F. O., El-Hersh, M. S., Attia, A. A., Eldadamony, N. M., Elsayed, A., ... & Saber, W. I. (2024).** Multifaceted chemical and bioactive features of Ag@TiO₂ and Ag@SeO₂ core/shell nanoparticles biosynthesized using *Beta vulgaris* L. extract. *Heliyon*, 10(7).
- El-Beltagi, H. S., El-Mogy, M. M., Parmar, A., Mansour, A. T., Shalaby, T. A., & Ali, M. R. (2022).** Phytochemical characterization and utilization of dried red beetroot (*Beta vulgaris*) peel extract in maintaining the quality of Nile Tilapia Fish Fillet. *Antioxidants*, 11(5), 906.
- EL-Haoud, H., boufellous, M., Berrani, A., Tazougart, H., Bengueddour, R. (2018).** Screening phytochimique d'une plante médicinale : *Mentha spicata* L.

El-Shora, H. M., & Soror, A. F. S. (2024). Influence of Seaweed Extracts on The Antioxidant System and Activity in *Spinacia oleracea* as Edible leafy Vegetable Plant. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, H. Botany*, 15(1), 1-15.

Elsorady, M. E. I., El-Borhamy, A. M. A., & Barakat, E. H. A. (2022). Evaluation of new Egyptian flaxseed genotypes and pasta fortified with flaxseeds. *Acta Scientiarum. Technology*, 44, 11-11.

El-Yazal, M. A. S. (2019). Impact of propolis extract as foliar spray on growth, yield and some chemical composition of spinach (*Spinacia Oleracea* L.) plants grown under calcareous saline soil. *Int. J. Empir. Educ. Res*, 3, 1-14.

Espinosa-Solis, V., Zamudio-Flores, P. B., Tirado-Gallegos, J. M., Ramírez- Mancinas, S., Olivas-Orozco, G. I., Espino-Díaz, M., ... & Baeza-Jiménez, R. (2019). Evaluation of cooking quality, nutritional and texture characteristics of pasta added with oat bran and apple flour. *Foods*, 8(8), 299.

Estrada, J. F., Martínez, A. C., Loza, S. M., González, A. V., Serrano, Z. R., Gutiérrez, R. P., & Rodas, O. G. (2022).Antioxidant effect of spinach extract in liver fibrogenesis associated to activation of nrf2/ho-1 in hyperglycemic rats. *Annals of Hepatology*, 27, 100629.

F Ahmad, A., & O Ali, A. (2019). Effect of *Beta vulgaris* root extracts in Rayeb milk on its microbiological, chemical and nutritional composition. *Novel Research in Microbiology Journal*, 3(2), 286-296.

Fatima, B., Faisal, M. N., Aslam, B., & Muhammad, F. (2024). Phyto-profiling and therapeutic intervention of *Helianthus annuus* seeds and *Spinacia oleracea* leaves extracts against Dextran sodium sulphate induced colitis in Wistar rats. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 61(1).

Fayyaz, B., Zahra, M. B., & Haider, M. S. (2022). Screening of Phenolic Compounds from Spinach (*Spinacia oleracea*), Green Synthesis of Iron-Nanoparticles and Determination of its Anti-Microbial Effect on *Escherichia coli*.

Feillet, P. (2000). Le grain de blé: composition et utilisation. *Quae*.

Feillet, P., Fevre, E., & Kobrehel, K. (1977). Modifications in durum wheat protein properties during pasta dough sheeting. *Cereal Chemistry*, 54.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT.2019). FAOSTAT statistical database. [Rome]. Accessed October 17, 2019.

Foster-Powell K., Holt S.H.A., Brand-Miller J.C., 2002. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76(1), 5-56.

Fradinho, P., Niccolai, A., Soares, R., Rodolfi, L., Biondi, N., Tredici, M. R., ... & Raymundo, A. (2020). Effect of *Arthrospira platensis* (spirulina) incorporation on the rheological and bioactive properties of gluten-free fresh pasta. *Algal Research*, 45, 101743.

Fu, B. X. (2008). Asian noodles: History, classification, raw materials, and processing. *Food research international*, 41(9), 888-902.

Gao, S. (2013). Computable Analysis, Hybrid Automata, and Decision Procedures (Extended Thesis Abstract). *Sci. J*, 2013, 1-20.

Geşiński, K., & Ruszkowska, M. (2022). Comparative analysis quality of innovative pasta from quinoa. *Scientific Journal of Gdynia Maritime University*.

Giacco, R., Vitale, M., & Riccardi, G. (2015). Pasta: Role in diet. In *Encyclopedia of food and health* (Vol. 4, pp. 242-245). Elsevier Inc..

Gogbeu, S. J., Yapo, S. E. S., Gore, B. B. N., Ayolie, K., Nacanabo, R., Dogbo, D. O., & Kouadio, Y. J. (2019). Effets du traitement des plants de riz (*Oryza sativa* L.) au chlorure de sodium sur la synthèse et accumulation des sucres totaux et des composés phénoliques ethanosolubles dans les feuilles et racines. *Journal of Applied Biosciences*, 135, 13775-13787.

Gogbeu, S. J., Yapo, S. E. S., Gore, B. B. N., Ayolie, K., Nacanabo, R., Dogbo, D. O., & Kouadio, Y. J. (2019). Effets du traitement des plants de riz (*Oryza sativa* L.) au chlorure de sodium sur la synthèse et accumulation des sucres totaux et des composés phénoliques ethanosolubles dans les feuilles et racines. *Journal of Applied Biosciences*, 135, 13775-13787.

Grigoraş, C. G. (2012). Valorisation des fruits et des sous-produits de l'industrie de transformation des fruits par extraction des composés bioactifs (Doctoral dissertation, Université d'Orléans; Universitatea Vasile Alecsandri din Bacău (România)).

Gueboudji, Z., Kadi, K., & Nagaz, K. (2022). Anti-Inflammatory Activity Of Polyphenols From Olive Oil Mill Wastewaters. *Jordanian Journal of Engineering & Chemical Industries*, 5(1).

Gülçin, İ., Oktay, M., Kireççi, E., & Küfrevioğlu, Ö. İ. (2003). Screening of antioxidant and antimicrobial activities of anise (*Pimpinella anisum* L.) seed extracts. *Food chemistry*, 83(3), 371-382.

Guldiken, B., Toydemir, G., Nur Memis, K., Okur, S., Boyacioglu, D., & Capanoglu, E. (2016). Home-processed red beetroot (*Beta vulgaris* L.) Products: Changes in antioxidant properties and bioaccessibility. *International Journal of Molecular Sciences*, 17, 858.

Guldiken, B., Toydemir, G., Nur Memis, K., Okur, S., Boyacioglu, D., & Capanoglu, E. (2016). Home-processed red beetroot (*Beta vulgaris* L.) products: Changes in antioxidant properties and bioaccessibility. *International journal of molecular sciences*, 17(6), 858.

Habibou, H. H., Idrissa, M., Ikhiri Khalid, P., & Benjamin, O. (2019). Activité Antioxydante des extraits méthanoliques de différents organes de *Detarium microcarpum* Guill. & Perr. *Eur Sci J*, 15(12), 1857-7881.

Haddouchi, F., Chaouche, T. M., & Halla, N. (2016). Screening phytochimique, activités antioxydantes et pouvoir hémolytique de quatre plantes sahariennes d'Algérie. *Phytothérapie*. doi:10.1007/s10298-016-1086-8.

Hamid EL-Haoud ,Moncef Boufellous , Assia Berrani ,HindTazougart , et Rachid Bengueddour (2018). PHYTOCHMICAL SCREENING OF A MEDICINAL PLANT: *Mentha Spicata* L. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*. ISSN 2429-5396.

Hareland, G. A., Puhr, D., Wear, J. G., & Skunberg, M. (1995). Color score: United States department of agriculture. *Agricultural Research Service in cooperation with the ND state agricultural experiment stations, quality evaluation of durum wheat cultivars*. <http://wheat.pw.usda.gov/ggpages/gopher/Quality/Durum/1995/95durum.txt.html> (accessed May 4, 2006).

Hedges, L. J., & Lister, C. E. (2007). Nutritional attributes of spinach, silver beet and eggplant. *Crop Food Res Confidential Rep*, 1928.

Heneen, W. K., & Brismar, K. (2003). Structure of cooked spaghetti of durum and bread wheats. *Starch-Stärke*, 55(12), 546-557.

Hidayah, S. N., & Hastuti, A. A. M. B. (2023). Comprehensive estimation of measurement uncertainty in determination of antioxidant activity in natural product by 2, 2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging assay. *Chemical Papers*, 77(8), 4579-4587.

Hobbs, D. A., George, T. W., & Lovegrove, J. A. (2013). The effects of dietary nitrate on bloodpressure and endothelial function: A review of human intervention studies. *Nutrition Research reviews*, 26, 210–222.

Howard, L. R., Pandjaitan, N., Morelock, T., & Gil, M. I. (2002). Antioxidant capacity and phenolic content of spinach as affected by genetics and growing season. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(21), 5891-5896.

Hu, J., Mou, B., & Vick, B. A. (2007). Genetic diversity of 38 spinach (*Spinacia oleracea* L.) germplasm accessions and 10 commercial hybrids assessed by TRAP markers. *Genetic resources and crop evolution*, 54, 1667-1674.

Huang, D., Ou, B., & Prior, R. L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(6), 1841-1856.

Hussain, F., & Bashir, S. (2022). Antioxidant, antidiabetic and structural analysis of *Spinacia oleracea* leaf. *Pakistan Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 3(1), 1-11.

Hussain, F., & Bashir, S. (2022). Antioxidant, antidiabetic and structural analysis of *Spinacia oleracea* leaf. *Pakistan Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 3(1), 1-11.

Hussain, P. R., Suradkar, P., Javaid, S., Akram, H., & Parvez, S. (2016). Influence of postharvest gamma irradiation treatment on the content of bioactive compounds and antioxidant activity of fenugreek (*Trigonella foenum-graceum* L.) and spinach (*Spinacia oleracea* L.) leaves. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33, 268-281.

Icard-Vernière, C., & Feillet, P. (1999). Effects of mixing conditions on pasta dough development and biochemical changes. *Cereal Chemistry*, 76(4), 558-565.

Iftikhar, M., Rashid, M., Yousaf, Z., Tufail, A., Noreen, Z., Ahmad, H. U., & Hannan, A. (2023). Taxonomic Evaluation of *Spinacia oleracea* L. Accessions by Morphological and Anatomical Markers. *Journal of Plant and Environment*, 5(2), 135-150.

Iglesias, R., Citores, L., Di Maro, A., & Ferreras, J. M. (2015). Biological activities of the antiviral protein BE27 from sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Planta*, 241, 421-433.

IPO. The World Pasta Industry Status Report—International Pasta Organization. 2014. Available online: <http://www.internationalpasta.org> (accessed on 5 May 2021).

ITIS [Integrated Taxonomic Information System]. Integrated Taxonomic Information System database. [2021]. <https://www.itis.gov/>

Jardiland .com . (2023). Betterave :variétés , semis et culture . <https://www.jardiland.com/conseils-idees/betterave-varietes-semis-culture#principales-varietes-de-betterave-et-caracteristiques>.

Junejo, S. A., Rashid, A., Yang, L., Xu, Y., Kraithong, S., & Zhou, Y. (2021). Effects of spinach powder on the physicochemical and antioxidant properties of durum wheat bread. *Lwt*, 150, 112058.

Junejo, S. A., Rashid, A., Yang, L., Xu, Y., Kraithong, S., & Zhou, Y. (2021). Effects of spinach powder on the physicochemical and antioxidant properties of durum wheat bread. *Lwt*, 150, 112058.

Kadam, V. D., Shinde, S. J., & Syed, S. J. (2018). Effect of different spacing and fertilizer levels on growth parameter and quality parameters of beetroot (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(5), 2845-2848.

Kale, R. G., Sawate, A. R., Kshirsagar, R. B., Patil, B. M., & Mane, R. (2018). Studies on evaluation of physical and chemical composition of beetroot (*Beta vulgaris* L.). *International journal of chemical studies*, 6(2), 2977-2979.

Kaliyaperumal, S., & Radhika, M. (2020). Study of phytochemical analysis and antioxidant activity of Spinach oleracea L plant leaves. *Pharma Innov J*, 9(7), 01-04.

Karimi, E., Oskoueian, E., Hendra, R., Oskoueian, A., & Jaafar, H. Z. (2012). Phenolic compounds characterization and biological activities of *Citrus aurantium* bloom. *Molecules*, 17(2), 1203-1218.

Kazmierczak, R., Silakiewicz, A., Hallmann, E., Srednicka-Tober, D., & Rembalkowska, E. (2016). Chemical composition of selected beetroot juices in relation to beetroot production system and processing technology. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(2), 491-498.

Kim, E. H. J., Petrie, J. R., Motoi, L., Morgenstern, M. P., Sutton, K. H., Mishra, S., & Simmons, L. D. (2008). Effect of structural and physicochemical characteristics of the protein matrix in pasta on in vitro starch digestibility. *Food Biophysics*, 3(2), 229-234.

Kirtikar KR, Basu BD. (2005). Indian Medicinal plants. Vol.8. Deharadun: International Book Distributors; pp 2078-2079.

Kiss, Z., Kerti, A., Szabó, C., Karchesz, K., & Bárdos, L. (2013). Pasta preparation by coloured natural antioxidants.

Kowalczewski, P. L., Pauter, P., Smarzyński, K., Róžańska, M. B., Jeżowski, P., Dwiecki, K., & Mildner-Szkodlarz, S. (2019). Thermal processing of pasta enriched with black locust flowers affect quality, phenolics, and antioxidant activity. *Journal of food processing and preservation*, 43(10), e14106.

Kruszewski, B., Domian, E., & Nowacka, M. (2023). Influence of high-pressure homogenization on the physicochemical properties and betalain pigments of red beetroot (*Beta vulgaris* L.) juice. *Molecules*, 28(5), 2018.

Ku, H. K., Lim, H. M., Oh, K. H., Yang, H. J., Jeong, J. S., & Kim, S. K. (2013). Interpretation of protein quantitation using the Bradford assay: comparison with two calculation models. *Analytical biochemistry*, 434(1), 178-180.

Kultys, E., & Moczowska-Wyrwisz, M. (2022). Effect of using carrot pomace and beetroot-apple pomace on physicochemical and sensory properties of pasta. *Lwt*, 168, 113858.

Kumar, G., Joshi, J., Rao, P. S., & Manchikanti, P. (2023). Effect of thin layer drying conditions on the retention of bioactive components in Malabar spinach (*Basella alba*) leaves. *Food Chemistry Advances*, 3, 100419

Kumar, P. S., & Bhaumik, A. (2016). Evaluation of anti diabetic activity of ethanolic extract of beet root (*eebt-beta vulgaris*) against streptozocin induced diabetic rats.

Laleg, K., Barron, C., Cordelle, S., Schlich, P., Walrand, S. & Micard, V. (2017). How the structure, nutritional and sensory attributes of pasta made from legume flour is affected by the proportion of legume protein. *LWT - Food Science and Technology*, 79, 471–478.

- Laleg, K., Cassan, D., Barron, C., Cordelle, S., Schlich, P., Walrand, S., & Micard, V. (2017).**Qualités culinaires, sensorielles et nutritionnelles de pâtes alimentaires sans gluten à base de légumineuses. *Innovations Agronomiques*, 60, 145-156.
- Lange, W., Brandenburg, W. A., & De Bock, T. S. (1999).**Taxonomy and cultonomy of beet (*Beta vulgaris* L.). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 130(1), 81-96.
- Lazăr, S., Constantin, O. E., Horincar, G., Andronoiu, D. G., Stănciuc, N., Muresan, C., & Râpeanu, G. (2022).** Beetroot by-product as a functional ingredient for obtaining value-added mayonnaise. *Processes*, 10(2), 227.
- Le Roux, D., Vergnes, B., Chaurand, M., & Abecassis, J. (1995).**A thermomechanical approach to pasta extrusion. *Journal of Food Engineering*, 26(3), 351-368.
- Lembong, E., Utama, G. L., & Saputra, R. A. (2019, July).** Phytochemical test, vitamin C content and antioxidant activities beet root (*Beta vulgaris* Linn.) extracts as food coloring agent from some areas in Java Island. In IOP conference series: Earth and environmental science (Vol. 306, No. 1, p. 012010). IOP Publishing.
- Lin, J. Y., & Tang, C. Y. (2007).**Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. *Food chemistry*, 101(1), 140-147.
- Lintas, C., & Fabriani, G. (Eds.). (1988).** Durum wheat: chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists.
- Littardi, P., Paciulli, M., Carini, E., Rinaldi, M., Rodolfi, M., & Chiavaro, E. (2020).**Quality evaluation of chestnut flour addition on fresh pasta. *Lwt*, 126, 109303.
- Liu, Y., Helikh, A. O., Filon, A. M., Tang, X. X., Duan, Z. H., & Ren, A. Q. (2024).** Beetroot (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva* Alef.) pretreated by freeze-thaw: influence of drying methods on the quality characteristics. *CyTA-Journal of Food*, 22(1), 1-12
- Lucky, A. R., Al-Mamun, A., Hosen, A., Toma, M. A., & Mazumder, M. A. R. (2020).** Nutritional and sensory quality assessment of plain cake enriched with beetroot powder. *Food Research*, 4(6), 2049-2053.
- Machha, A., & Schechter, A.N. (2011).** Dietary nitrite and nitrate: A review of potential mechanisms of cardiovascular benefits. *European Journal of Nutrition*, 50, 293–303.

- Maeda, N., Matsubara, K., Yoshida, H., & Mizushina, Y. (2011).** Anti-cancer effect of spinach glycoylcerolipids as angiogenesis inhibitors based on the selective inhibition of DNA polymerase activity. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 11(1), 32-38.
- Manzoor, M. F., Ahmed, Z., Ahmad, N., Aadil, R. M., Rahaman, A., Roobab, U., ... & Siddeeg, A. (2020).** Novel processing techniques and spinach juice: Quality and safety improvements. *Journal of Food Science*, 85(4), 1018-1026.
- Marianne, M., Nugraha, S. E., Amelia, R. Y., & Laia, P. S. E. (2024).** Assessing the toxicity and anti-anemia of *Beta Vulgaris L.*: in silico, phytochemical and antioxidant analysis.
- Marianne, M., Nugraha, S. E., Amelia, R. Y., & Laia, P. S. E. (2024).** Assessing the toxicity and anti-anemia of *Beta Vulgaris L.*: in silico, phytochemical and antioxidant analysis.
- Martini, D., Brusamolino, A., Del Bo, C., Laureati, M., Porrini, M., & Riso, P. (2018).** Effect of fiber and protein-enriched pasta formulations on satiety-related sensations and afternoon snacking in Italian healthy female subjects. *Physiology & behavior*, 185, 61-69.
- Ménard, F. (2015).** Semence et plantes, histoire de betterave. https://www.lesjardinslaurentiens.com/betteraves_histoire.html.
- Meng, S., Liu, C., Xu, X., Song, S., Song, S., Zhang, Z., & Liu, L. (2017).** Comparison of morphological features of fruits and seeds for identifying two taxonomic varieties of *Spinacia oleracea L.* *Canadian journal of plant science*, 98(2), 318-331
- Metha, D., & Belemkar, S. (2014).** Pharmacological activity of *spinacia oleracea linn.*-a complete overview. *Asian Journal of Pharmaceutical Research and Development*, 83-93.
- Mikulic-Petkovsek, M., Schmitzer, V., Slatnar, A., Stampar, F., & Veberic, R. (2015).** A comparison of fruit quality parameters of wild bilberry (*Vaccinium myrtillus L.*) growing at different locations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(4), 776-785.
- Mirmiran, P., Houshialsadat, Z., Gaeini, Z., Bahadoran, Z., & Azizi, F. (2020).** Functional properties of beetroot (*Beta vulgaris*) in management of cardio-metabolic diseases. *Nutrition & metabolism*, 17, 1-15.

Monge L, Cortassa G, Fiocchi F, Mussino G, Carta Q (1990) .Glycoinsulinaemic response, digestion and intestinal absorption of the starch contained in two types of spaghetti. *Diabetes Nutr Metab* 3: 239–246.

Montenegro-Landívar, M. F., Tapia-Quirós, P., Vecino, X., Reig, M., Granados, M., Farran, A., ... & Valderrama, C. (2022). Recovery of natural polyphenols from spinach and orange by-products by pressure-driven membrane processes. *Membranes*, 12(7), 669.

Morelock, T. E., & Correll, J. C. (2008). Spinach. In *Vegetables I: Asteraceae, brassicaceae, chenopodiaceae, and cucurbitaceae* (pp. 189-218). New York, NY: Springer New York.

Mouhoubi-Tafinine, Z., Ouchemoukh, S., & Tamendjari, A. (2016). Antioxydant activity of some algerian honey and propolis. *Industrial Crops and Products*, 88, 85-90.

Moyo, M., Amoo, S. O., Aremu, A. O., Gruz, J., Šubrtová, M., Jarošová, M., ... & Doležal, K. (2018). Determination of mineral constituents, phytochemicals and antioxidant qualities of *Cleome gynandra*, compared to *Brassica oleracea* and *Beta vulgaris*. *Frontiers in Chemistry*, 5, 128.

Mridula, D., Gupta, R. K., Bhadwal, S., Khaira, H., & Tyagi, S. K. (2016). Optimization of food materials for development of nutritious pasta utilizing groundnut meal and beetroot. *Journal of food science and technology*, 53, 1834-1844.

Mudgal, D., Singh, S., & Singh, B. R. (2022). Nutritional composition and value added products of beetroot: A review. *Journal of Current Research in Food Science*, 3(1), 01-09.

Naima Saeed , Muhammad R Khan and Maria Shabbi.(2012). Antioxidant activity, total phenolic and total flavonoid contents of whole plant extracts *Torilis leptophylla* L. *Complementary and Alternative Medicine* 2012, 12:221.

Naseem, A., Akhtar, S., Ismail, T., Qamar, M., Sattar, D. E. S., Saeed, W., ... & Rocha, J. M. (2023). Effect of Growth Stages and Lactic Acid Fermentation on Anti-Nutrients and Nutritional Attributes of Spinach (*Spinacia oleracea*). *Microorganisms*, 11(9), 2343.

Naseem, A., Akhtar, S., Ismail, T., Qamar, M., Sattar, D. E. S., Saeed, W., ... & Rocha, J. M. (2023). Effect of Growth Stages and Lactic Acid Fermentation on Anti-Nutrients and Nutritional Attributes of Spinach (*Spinacia oleracea*). *Microorganisms*, 11(9), 2343.

Naseem, A., Akhtar, S., Ismail, T., Qamar, M., Sattar, D. E. S., Saeed, W., ... & Rocha, J. M. (2023). Effect of Growth Stages and Lactic Acid Fermentation on Anti-Nutrients and Nutritional Attributes of Spinach (*Spinacia oleracea*). *Microorganisms*, 11(9), 2343.

Neha, P., Jain, S. K., Jain, N. K., Jain, H. K., & Mittal, H. K. (2018). Chemical and functional properties of Beetroot (*Beta vulgaris* L.) for product development: A review. *Int. J. Chem. Stud.*, 6, 3190-3194.

Nikan, M., & Manayi, A. (2019). *Beta vulgaris* L. In *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements* (pp. 153-158). Academic Press.

Ninfali, P., & Angelino, D. (2013). Nutritional and functional potential of *Beta vulgaris* *cicla* and *rubra*. *Fitoterapia*, 89, 188–199.

Noreen, S., Tufail, T., Bader Ul Ain, H., Ali, A., Aadil, R. M., Nemat, A., & Manzoor, M. F. (2023). Antioxidant activity and phytochemical analysis of fennel seeds and flaxseed. *Food science & nutrition*, 11(3), 1309-1317.

Nurtjahyani & Iskandar, P. (2016). Peningkatan kadar protein dan hasil horensa melalui aplikasi pupuk kascing dan pupuk organik cair. *Prosiding FKPTPI 2016: Bidang Sosial Ekonomi*, 207–213.

O'dea, J. A. (2003). Why do kids eat healthful food? Perceived benefits of and barriers to healthful eating and physical activity among children and adolescents. *Journal of the American Dietetic Association*, 103(4), 497-501.

Oghogho, U. I., Ekugum, E., Ogbeide, O. K., Idagan, M., Uadia, J. O., & Falodun, A. (2022). Phytochemical Assessment, Anti-inflammatory and Antimalarial Activities of *Beta vulgaris* (*Chenopodiaceae*) Root Extract: [http://www. doi. org/10.26538/tjpps/v1i1. 3](http://www.doi.org/10.26538/tjpps/v1i1.3). *Tropical Journal of Phytochemistry and Pharmaceutical Sciences*, 1(1), 3-8.

Okwu, D. E. (2001). Evaluation of chemical composition of medicinal plants belonging to *Euphorbiaceae*. *Pak Vet J*, 14, 160-162.

Olagoke, O. (2018). Phytochemical analysis and antibacterial activities of spinach leaf. *Am. J. Phytomed. Clin. Ther.*, 6, 8. Lant dges les saponines .

Olasupo AD, Aborisade AB, Olagoke OV. (2018) .Phytochemical analysis and antibacterial activities of spinach leaf. *Am J Phytomedic Clin Therap* 2:1–4.

- Orhan, D. D., Hartevioğlu, A., Küpeli, E., & Yesilada, E. (2007).** In vivo anti-inflammatory and antinociceptive activity of the crude extract and fractions from *Rosa canina* L. fruits. *Journal of ethnopharmacology*, 112(2), 394-400.
- Oyaizu, M. (1986).** Studies on products of browning reaction antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *The Japanese journal of nutrition and dietetics*, 44(6), 307-315.
- Panditrao, M. P., & Yadav, K. C. (2022).** Development and quality evaluation of pasta incorporated with beetroot powder. *The Pharma Innovation Journal*, 11(2), 1676-1681.
- Panghal, A., Janghu, S., Virkar, K., Gat, Y., Kumar, V., & Chhikara, N. (2018).** Potential NonDairy Probiotic Products—A Healthy Approach. *Food Bioscience*, 21, 80-89.
- Patil, U. K., Dave, S., Bhaiji, A., Baghel, U. S., Yadav, S. K., & Sharma, V. K. (2009).** In-vitro anthelmintic activity of leaves of *Spinacia oleracea* Linn. *Int J Toxicol Pharmacol Res*, 1(1), 21-23.
- Pereira, C., Dias, M. I., Petropoulos, S. A., Plexida, S., Chrysargyris, A., Tzortzakis, N., ... & CFR Ferreira, I. (2019).** The effects of biostimulants, biofertilizers and water-stress on nutritional value and chemical composition of two spinach genotypes (*Spinacia oleracea* L.). *Molecules*, 24(24), 4494.
- Pérez, E., & Pérez, L. (2009).** Effect of the addition of cassava flour and beetroot juice on the quality of fettuccine. *African Journal of Food Science*, 3(11), 352-360.
- Petitot M., Abecassis J., Micard V.(2009).** Structuring of pasta components during processing: impact on starch and protein digestibility and allergenicity. *Trends in Food Science & Technology*, 20(11-12), 521-532.
- Petitot, M., Brossard, C., Barron, C., Larré, C., Morel, M. H., & Micard, V. (2009).** Modification of pasta structure induced by high drying temperatures. Effects on the in vitro digestibility of protein and starch fractions and the potential allergenicity of protein hydrolysates. *Food Chemistry*, 116(2), 401-412.
- Piwińska, M., Wyrwisz, J., Kurek, M., & Wierzbicka, A. (2016).** Effect of oat β -glucan fiber powder and vacuum-drying on cooking quality and physical properties of pasta. *CyTA-Journal of Food*, 14(1), 101-108.

- Pop, F. (2017).** Improvement of the nutritional value of pasta by the addition of wheat bran. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 23(4), 245-249. Simran, A.,
- Prabawa, S., Safitri, D. I., Hartanto, R., Amanto, B. S., & Yudhistira, B. (2022).** The effect of differences in ozonation time and storage temperature on physical, chemical, and sensory characteristics of Japanese spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Food Research*, 6(3), 203-214.
- Prabhasankar, P., Ganesan, P., Bhaskar, N., Hirose, A., Stephen, N., Gowda, L. R., ... & Miyashita, K. J. F. C. (2009).** Edible Japanese seaweed, wakame (*Undaria pinnatifida*) as an ingredient in pasta: Chemical, functional and structural evaluation. *Food Chemistry*, 115(2), 501-508.
- Preethi, R., Deotale, S. M., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2020).** Conductive hydro drying of beetroot (*Beta vulgaris* L) pulp: Insights for natural food colorant applications. *Journal of Food Process Engineering*, 43(12), e13557.
- Qamar, M., Akhtar, S., Ismail, T., Wahid, M., Abbas, M. W., Mubarak, M. S., ... & Esatbeyoglu, T. (2022).** Phytochemical profile, biological properties, and food applications of the medicinal plant *Syzygium cumini*. *Foods*, 11(3), 378.
- Ramu, L., & Maloo, S. R. I. N. I. V. A. S. (2016).** Physical, Chemical and Sensory Properties Of Spinach Paste Fortified Instant Noodles. *International Journal of Innovative Technology and Research*, 4, 5318-5322.
- Rani, A., Uzair, M., Ali, S., Qamar, M., Ahmad, N., Abbas, M. W., & Esatbeyoglu, T. (2022).** *Dryopteris juxtapostia* root and shoot: Determination of phytochemicals; antioxidant, anti-inflammatory, and hepatoprotective effects; and toxicity assessment. *Antioxidants*, 11(9), 1670.
- Rashid, M., Yousaf, Z., Haider, M. S., Khalid, S., Rehman, H. A., Younas, A., & Arif, A. (2014).** Genetic diversity of functional food species *Spinacia oleracea* L. by protein markers. *Natural Product Research*, 28(11), 782-787.
- Rehman, S., Shah, S., Butt, A. M., Shah, S. M., Jabeen, Z., & Nadeem, A. (2021).** Biochemical profiling and elucidation of biological activities of *Beta vulgaris* L. leaves and roots extracts. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(1), 592-602.

Rezanejad, F. (2007). The effect of air pollution on microsporogenesis, pollen development and soluble pollen proteins in *Spartium junceum* L.(Fabaceae). *Turkish Journal of Botany*, 31(3), 183-191.

Ribarova, F., Atanassova, M., Marinova, D., Ribarova, F., & Atanassova, M. (2005).Total phenolics and flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *JU Chem. Metal*, 40(3), 255-60.

Roberts, J. L., & Moreau, R. (2016). Functional properties of spinach (*Spinacia oleracea* L.) phytochemicals and bioactives. *Food & function*, 7(8), 3337-3353.

Roughani, A., & Miri, S. M. (2019). Spinach: An important green leafy and medicinal herb. *Proceedings of the 2nd International Conference on Medicinal Plants, Organic Farming, Natural, and Pharmaceutical Ingredients*. Mashhad, February 2019, 1–6.

Ryan, M. T., Müller, H., & Pfanner, N. (1999).Functional staging of ADP/ATP carrier translocation across the outer mitochondrial membrane. *Journal of Biological Chemistry*, 274(29), 20619-20627.

Sadeer, N.B., Montesano, D., Albrizio, S., Zengin, G., Mahomoodally, M.F. (2020).The Versatility of Antioxidant Assays in Food Science and Safety_Chemistry, Applications, Strengths and Limitations , Vol. 9 (8), 709.

Saleem, S., & Rakesh, G. (2019). Physicochemical and bioactive compounds in carrot and beetroot juice. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 38(3), 252-256.

Sargar, Y. A., & Swami, S. B. (2023). Development of Powder from Spinach by Convective Hot Air Drying at Varied Temperature and its Quality Evaluation. *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 13(1), 13-25.

Sari, S. W., Djamil, R., & Faizatun, F. (2021).Formulation of Blush Preparations by Using Natural Coloring from Red Beetroot Extract (*Beta vulgaris* L.). *Indonesian Journal of Chemistry*, 21(4), 860-870.

Setyowati, W. A. E., & Ariani, S. R. D. (2014). Ashadi., Mulyani, B dan Rahmawati, CP 2014. Skrining Fitokimia dan Identifikasi Komponen Utama Ekstrak Metanol Kulit Durian (*Durio zibethinus* Murr.) Varietas Petruk. In *Seminar Nasional Kimia Universitas Sebelas Maret Surakarta*.

Shaheen, S. M., Ohidul, I., & Azad, K. (2018). Phytochemical profiling and evaluation of antioxidant and antidiabetic activity of methanol extract of spinach (*Spinacia oleracea* L.) leaves. *Int J Pharm Sci Scient Res*, 3, 8-24.

Sharma, R., Dar, B. N., Sharma, S., & Singh, B. (2021). In vitro digestibility, cooking quality, bio-functional composition, and sensory properties of pasta incorporated with potato and pigeonpea flour. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 23, 100300.

Sharma, S., Sharma, N., Singh, A., & Singh, B. (2021). Stability of iron and vitamin A in pasta enriched with variable plant sources during processing and storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(5), e15422.

Shere, P. D., Devkate, A. N., & Pawar, V. N. (2018). Studies on production of functional noodles with incorporation of spinach puree. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(6), 1618-1628.

Shin, H. Y., & Kang, H. T. (2017). Recent trends in the prevalence of underweight, overweight, and obesity in Korean adults: the Korean National Health and Nutrition Examination Survey from 1998 to 2014. *Journal of epidemiology*, 27(9), 413-419.

Shittu, A. M., Ansar, B. A., Ushie, O. A., Ahmad, K. B., Abdullahi, J. A., & Nasir, A. M. (2022). Phytochemical Screening of Lettuce, Spring onion and Spinach cultivated at Farin Gada Farm Land. *TROPICAL JOURNAL OF ENGINEERING, SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 2(1), 45-48.

Shivaranjani, V. L., Poornima, H., Umamaheswari, J., & Devi, K. L. (2014). Preliminary phytochemical screening and quantification of bioactive compounds in the leaves of spinach (*Spinaceae oleraceae* L). *J Pharm Res*, 8(8), 1113-1119.

Shonte, T. T., Duodu, K. G., & de Kock, H. L. (2020). Effect of drying methods on chemical composition and antioxidant activity of underutilized stinging nettle leaves. *Heliyon*, 6(5).

Shovo, M. A. R. B., Tona, M. R., Mouah, J., Islam, F., Chowdhury, M. H. U., Das, T., ... & Simal-Gandara, J. (2021). Computational and pharmacological studies on the antioxidant, thrombolytic, anti-inflammatory, and analgesic activity of *molinaria capitulata*. *Current Issues in Molecular Biology*, 43(2), 434-456.

Silva, A. S., & Nabavi, S. M. (2019). Nonvitamin and nonmineral nutritional supplements. Academic Press.

Simran, A., Saleem, S., & Rakesh, G. (2019). Physicochemical and bioactive compounds in carrot and beetroot juice. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 38(3), 252-256.

Singh, B., & Hathan, B. S. (2014). Composição química, propriedades funcionais e processamento de beterraba-uma revisão. *Int J Sci Eng Res*, 5(1), 679-684.

Singh, N., M. Tailang and S. Mehta. (2015). An overview on phytochemical and pharmacological study of *Spinacia oleracea* Linn. *Current Research in Biological and Pharmaceutical Sciences*, 4: 63-65.

Sipos, P., Horvath, M., Adacs, C., Horvath, B., Babka, B., & Gyori, Z. (2017). Enrichment of pasta products using beetroot. *Food and Environment Safety Journal*, 16(4).

Sokolova, V. D., Solovieva, E. A. (2023). Characterization of the biochemical composition and antioxidant activity of *Spinacia oleracea* L. and *Spinacia turkestanica* Iljin.: a comparative study. *Vegetable crops of Russia №4 2023 ISSN 2072-9146*.

Sowparthani Kaliyaperumal, Radhika M (2020). Study of phytochemical analysis and antioxidant activity of Spinach *oleracea* L plant leaves. <file:///C:/Users/waqee/AppData/Roaming/Microsoft/Word/www.thepharmajournal.com>

Sujka, K., Cacak-Pietrzak, G., Sulek, A., Murgrabia, K., & Dziki, D. (2022). Buckwheat hull-enriched pasta: Physicochemical and sensory properties. *Molecules*, 27(13), 4065.

Sultana, R., Islam, S. M. N., Sriti, N., Ahmed, M., Shuvo, S. B., Rahman, M. H., & Jashim, A. I. I. (2024). *Sphingomonas panaciterrae* PB20 increases growth, photosynthetic pigments, antioxidants, and mineral nutrient contents in spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Heliyon*, 10(3).

Sumiahadi, A., Putri, D., Tanjung, D. D., Firgiyanto, R., Wisesa, A. M., & Putra, M. R. W. (2024). Seed germination and adaptation of several national and introduced varieties of spinach plants (*Spinacia oleracea* L.) in tropical lowlands. *Open Science and Technology*, 4(1), 9-18.

Syahputra, R. A., Lie, S., Theo, S., & Nugraha, S. E. (2021, July). Antioxidant, Total Phenol, Total Flavonoid, and LC-MS/MS Analysis of *Pometia Pinnata* Ethanol Extract. In

2021 IEEE International Conference on Health, Instrumentation & Measurement, and Natural Sciences (InHeNce) (pp. 1-5). IEEE.

Tazart, K., Zaidi, F., Lamacchia, C., & Haros, M. (2016). Effect of durum wheat semolina substitution with broad bean flour (*Vicia faba*) on the Maccheronccini pasta quality. *European Food Research and Technology*, 242, 477-485.

Tazart, K., Zaidi, F., Salvador, A., & Haros, C. M. (2019). Effect of broad bean (*Vicia faba*) addition on starch properties and texture of dry and fresh pasta. *Food chemistry*, 278, 476-481.

Thomas, A. (2016). Les régimes végétariens sont-ils réellement bénéfiques pour la santé?(Doctoral dissertation, Université de Lorraine).

Trivedi, P. (2018). Development of fortified rice based pasta incorporated with spinach powder. *FOOD SCIENCE*, 9(1), 85-87.

Tuli, R. T., Rahman, M. M., Abdullah, A. T., Akhtauzzaman, M., & Islam, S. N. (2016). Phytochemicals—Tannins in some Leafy Vegetables of Bangladesh. *J. Nutr*, 3, 150.

Ungureanu-Iuga, M., Dimian, M., & Mironeasa, S. (2020). Development and quality evaluation of gluten-free pasta with grape peels and whey powders. *Lwt*, 130, 109714.

Vaitkevičienė, N., Sapronaitė, A., & Kulaitienė, J. (2022). Evaluation of Proximate Composition, Mineral Elements and Bioactive Compounds in Skin and Flesh of Beetroot Grown in Lithuania. *Agriculture*, 12(11), 1833.

Vasconcellos, J., Conte-Junior, C., Silva, D., Pierucci, A. P., Paschoalin, V., & Alvares, T. S.(2016). Comparison of total antioxidant potential, and total phenolic, nitrate, sugar, and organic acid contents in beetroot juice, chips, powder, and cooked beetroot. *Food Science and Biotechnology*, 25, 79-84.

Vimercati, W. C., da Silva Araújo, C., Macedo, L. L., Maradini Filho, A. M., Saraiva, S. H., & Teixeira, L. J. Q. (2020). Influence of drying temperature on drying kinetics, energy consumption, bioactive compounds and cooking quality of pasta enriched with spinach. *Journal of Food Process Engineering*, 43(12), e13571.

Wahua, C., & Agobua, J. U. (2023). Taxonomic characteristics of *Spinacia oleracea* L. *Scientia Africana*, 22(3), 261-268.

Wang, J. (2023). Technical and nutritional properties of vegetable enriched pasta utilising juice and pomace from spinach, red cabbage, beetroot and carrot: A thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy at Lincoln University (Doctoral dissertation, Lincoln University).

Wang, J., Brennan, M. A., Brennan, C. S., & Serventi, L. (2021). Effect of vegetable juice, puree, and pomace on chemical and technological quality of fresh pasta. *Foods*, 10(8), 1931.

Wang, J., Brennan, M. A., Brennan, C. S., & Serventi, L. (2022). Predictive Glycaemic Response of Pasta Enriched with Juice, Puree, and Pomace from Red Cabbage and Spinach. *Nutrients* 2022, 14, 4575.

Waseem, M., Akhtar, S., Manzoor, M. F., Mirani, A. A., Ali, Z., Ismail, T., ... & Karrar, E. (2021). Nutritional characterization and food value addition properties of dehydrated spinach powder. *Food Science & Nutrition*, 9(2), 1213-1221.

Waseem, M., Akhtar, S., Mehmood, T., Qamar, M., Saeed, W., Younis, M., ... & Esatbeyoglu, T. (2024). Nutritional, safety and sensory quality evaluation of unleavened flatbread supplemented with thermal and non-thermal processed spinach powder. *Journal of Agriculture and Food Research*, 16, 101114.

Yadav M, Chawla H, Parle M, Sharma K.(2016). Beetroot: A Health Promoting Functional Food. *Inventi Rapid: Nutraceuticals*. (1):1-5.

Yaghoubi, M., Alirezalu, K., Mazloomi, S. M., Marcinkowska-Lesiak, M., Azadmard-Damirchi, S., Peighambardoust, S. H., ... & Khaneghah, A. M. (2024). Enhancing beef sausage packaging with calcium alginate active film infused with nisin and ϵ -polylysine nanoparticles and beetroot extract. *LWT*, 191, 115665.

Yam M.F, Ang L.F, Ameer O.Z, Salman I.M, Aziz H.A, Asmawi M.Z.(2009). Anti-inflammatory and analgesic effects of *Elephantopus scaber* ethanolic extract. *Journal of acupuncture and meridian studies*. 2009;280-287. Available on: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20633503> .

Yashwant, K. (2015). Beetroot: A super food. *International Journal of Engineering Studies and Technical Approach*, 1(3), 20-26.

Yemm, E. W., & Willis, A. (1954). The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochemical journal*, 57(3), 508.

Yoon, Y. E., Kuppusamy, S., Cho, K. M., Kim, P. J., Kwack, Y. B., & Lee, Y. B. (2017). Influence of cold stress on contents of soluble sugars, vitamin C and free amino acids including gamma-aminobutyric acid (GABA) in spinach (*Spinacia oleracea*). *Food Chemistry*, 215, 185-192.

Zafar, S., Perveen, S., Kamran Khan, M., Shaheen, M. R., Hussain, R., Sarwar, N., ... & Siddiqui, M. H. (2022). Effect of zinc nanoparticles seed priming and foliar application on the growth and physio-biochemical indices of spinach (*Spinacia oleracea* L.) under salt stress. *PLoS One*, 17(2), e0263194.

Zbadi, R., Mohti, H., & Moussaoui, F. (2018). Stress oxydatif : évaluation du pouvoir antioxydant de quelques plantes médicinales. *Médecine translationnelle*, Vol. 24 (2), pp. 134-141.

Zhang, N., & Ma, G. (2016). Noodles, traditionally and today. *Journal of Ethnic Foods*, 3(3), 209-212.

Zin, M. M., Alsobh, A., Nath, A., Csighy, A., & Bánvölgyi, S. (2022). Concentrations of beetroot (*Beta vulgaris* L.) peel and flesh extracts by reverse osmosis membrane. *Applied Sciences*, 12(13), 6360.

Zin, M. M., Nagy, K., Bánvölgyi, S., Abrankó, L., & Nath, A. (2022). Effect of microwave pretreatment on the extraction of antioxidant-rich red color betacyanin, phenolic, and flavonoid from the crown of Cylindra-type beetroot (*beta vulgaris* l.). *Journal of Food Process Engineering*, 45(12), e14175.

Annexe 01: Matériels et réactifs utilisés

Matériels utilisés :

- Etuve avec ventilation.
- Four a moufle.
- Bain marie.
- Réfrigérateur.
- Centrifugeuse.
- Spectrophotomètre.
- La haute.
- Plaque agitatrice.
- Plaque chauffante.
- Thermomètre.
- Ph mètre.
- Balance analytique.
- Micropipette.
- Broyeur.
- Verreries de laboratoire.
- Capsules en porcelaine.
- Papiers filtres.
- Baromètre.
- Cuvette.
- Papier aluminium.

Les réactifs utilisés :

- L'éthanol.
- Chloroforme.
- Acide sulfurique H_2SO_4 .
- chlorure de fer $FeCl_3$ à 1%.
- Hydroxyde de sodium Noah à 10%.
- Fehling A.
- Fehling B.
- Réactif de Folin-Ciocalteu.
- Carbonate de sodium Na_2CO_3 à 10 %.
- Acide gallique.
- Trichlorure d'aluminium $AlCl_3$ à 2%.
- La quercétine.
- DPPH.
- BSA.
- Anthrone.
- Phénolphtaléine.

Annexe 02 : Préparation des solutions

❖ **Préparation des Solutions Utilisées :**

- **Solution d'hydroxyde de sodium à (2N) :**
 - 8 g d'hydroxyde de sodium.
 - 100 ml d'eau distillée.
 - **Solution d'hydroxyde de sodium à 10% :**
 - 10 g d'hydroxyde de sodium.
 - 100 ml d'eau distillée.
 - **Solution de chlorure de fer à 1% :**
 - 1g de FeCl₃.
 - 100 ml d'eau distillée.
 - **Solution de carbonate de sodium à 10% :**
 - 10 g de carbonate de sodium.
 - 100 ml d'eau distillée.
 - **Solution de chlorure d'aluminium à 2%:**
 - 2 g de chlorure d'aluminium.
 - 100 ml d'eau distillée.
 - **Solution de DPPH :**
 - 0,02 g de DPPH.
 - 300 ml d'éthanol.
- ❖ **Préparation des réactifs :**
- **Réactif de BRADFORD:**
 - 0.010g de bleu de coomassie.
 - 10 ml de l'acide phosphorique à 85%.
 - 5 ml d'éthanol à 95%.
 - Ajuster avec de l'eau distillée jusqu'à 100ml.
 - **Réactif d'anthrone :**
 - 75 ml d'acide sulfurique concentré.
 - 25 ml d'eau distillée.
 - 150 mg d'anthrone.

Annexe 03 : courbes d'étalonnage

1. Courbe d'étalonnage des polyphénols :

La quantification des polyphénols a été faite en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire ($Y = a X + b$) réalisée par l'extrait d'étalon « acide gallique » à différentes concentrations dans les mêmes conditions que l'échantillon. Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 1 g d'extrait éthanolique de betterave ou d'épinard.

Tableau 1 : Préparation de la courbe d'étalonnage d'acide gallique

Concentration en AG (mg/ml)	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2
Densité optique DO	0	0,134	0,268	0,354	0,406	0,492	0,598	0,704	0,806	0,9	1,014

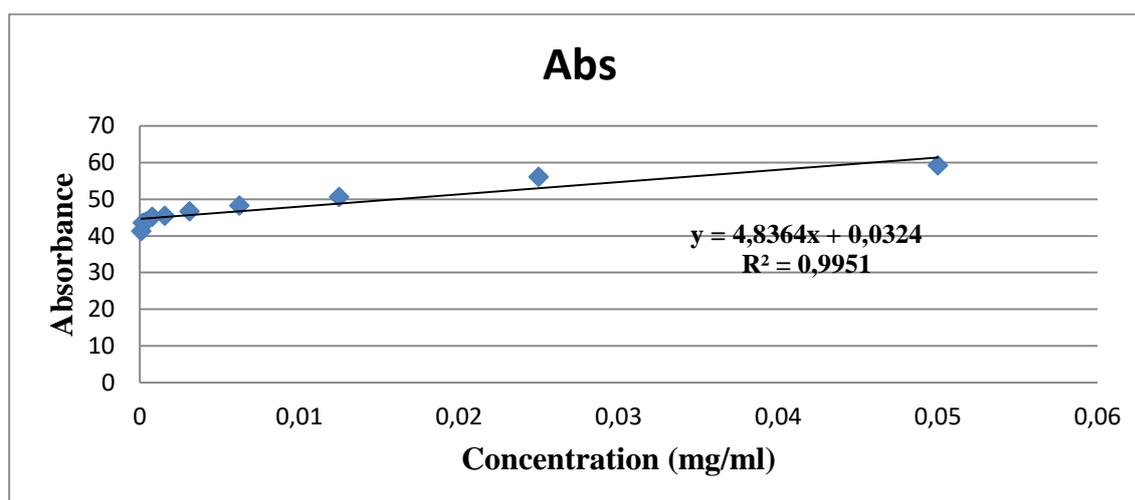


Figure 01 : courbe d'étalonnage des polyphénols.

2. Courbe d'étalonnage des flavonoïdes :

La quantification des flavonoïdes totaux a été déterminée en se basant sur une courbe d'étalonnage obtenue dans les mêmes conditions en utilisant la quercétine (0 – 0.6 mg/ml) comme référence.

Tableau.2 : préparation de la courbe d'étalonnage des flavonoïdes

C en quercitine (mg/ml)	0,00468	0,009375	0,01875	0,0375	0,075
DO	0,1755	0,222	0,332	0,6105	1,1355

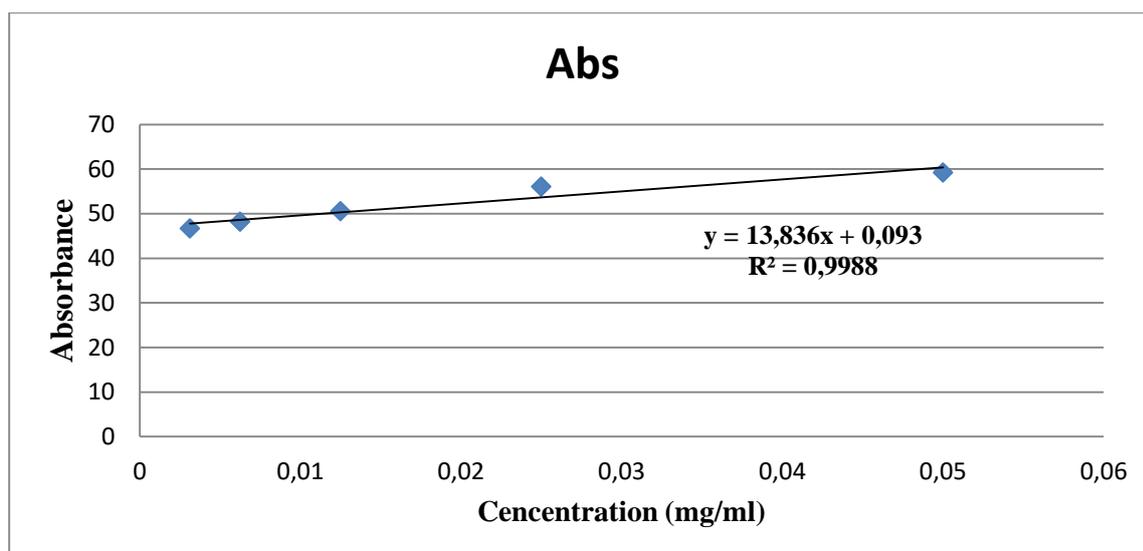


Figure 02 : courbe d'étalonnage des flavonoïdes

3. Courbe d'étalonnage des protéines par la méthode de BRADFORD :

Les différentes concentrations en protéines sont déterminées par référence à une gamme étalon à base de BSA (Bovin Sérum Albumine), dont la concentration varie de 0 à 1.5 mg de BSA par ml de solution, préparée dans les mêmes conditions opératoire que les échantillons.

Tableau3: Préparation de la courbe d'étalonnage des protéines

Concentration en BCA (mg/ml)	0	0.15	0.30	0.45	0.60	0.75
Densité optique DO	0	0.062	0.171	0.232	0.364	0.445

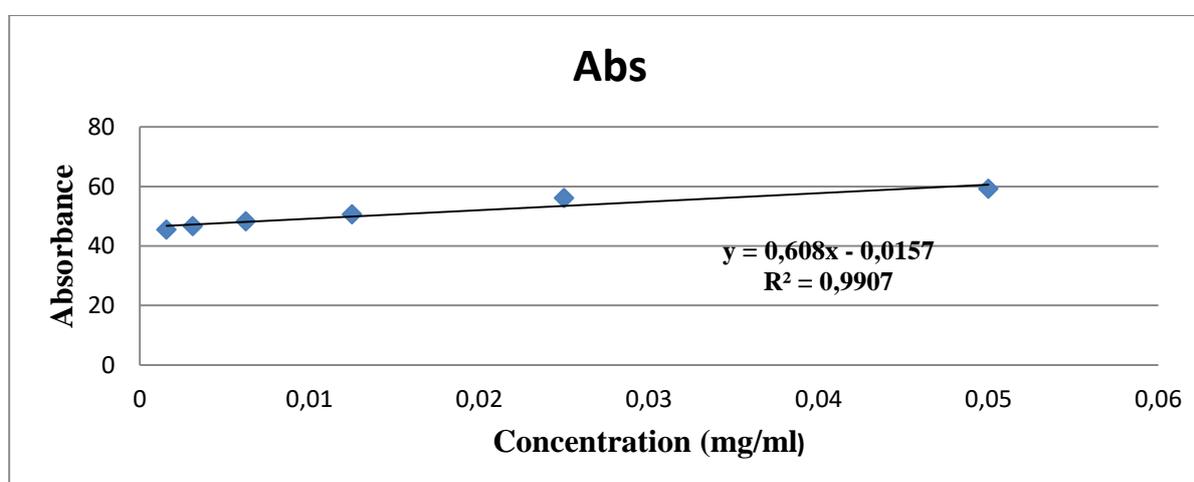
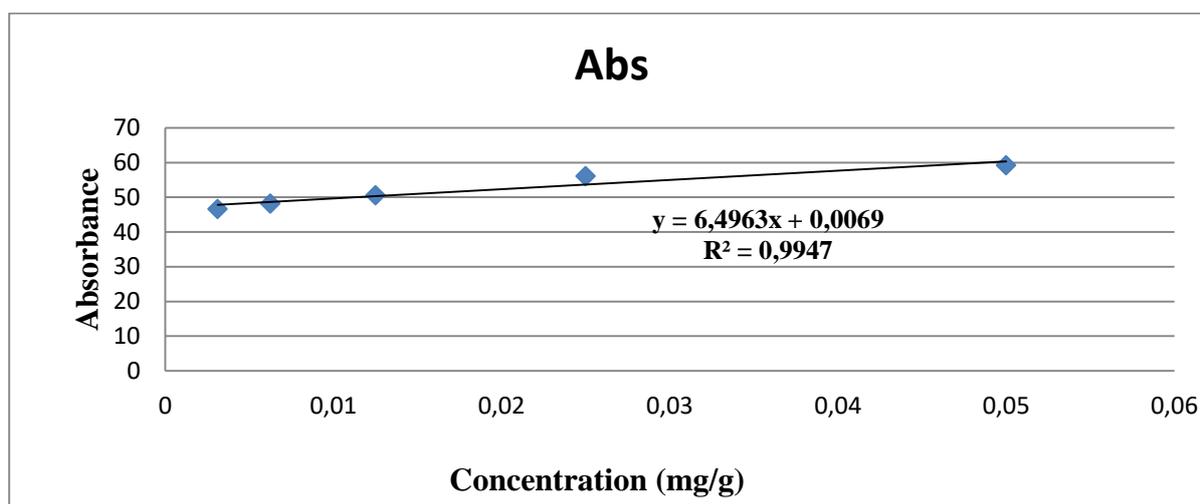


Figure 03 : courbe d'étalonnage des protéines**4. Courbe d'étalonnage des glucides :**

Les différentes concentrations en glucides sont déterminées par référence à une gamme étalon à base de glucose préparée dans les mêmes conditions opératoires que les échantillons.

Tableau 4 : Préparation de la courbe d'étalonnage des glucides

Concentration en (mg/g)	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08
Densité optique DO	0.0825	0.139	0.2505	0.385	0.5415

**Figure 04** : Courbe d'étalonnage des glucides.

Annexe 04 : Analyse de l'humidité, d'acidité titrable et des cendres de la poudre d'épinard.

N°607/24*Nom du client ou raison sociale : Yahmi Larbi.**Produit : Poudre épinard.**Date de réception : 02/04/2024.**Date d'analyse : 02/04/2024.*

Déterminations	Résultats	Méthodes
Humidité à 130 °C (m/m)	7,80%	Arrêté du 06/02/2012
Acidité (%)	1,64%	Arrêté du 06/06/2012
Teneur en matière minérale (m/m)	13,7%	Arrêté du 06/06/2012

Fait à Amizour le : 07/04/2024.

BULLETIN D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE**N°606/24***Nom du client ou raison sociale : Yahmi Larbi.**Produit : Poudre betterave.**Date de réception : 02/04/2024.**Date d'analyse : 02/04/2024.*

Déterminations	Résultats	Méthodes
Humidité à 130 °C (m/m)	7,22%	Arrêté du 06/02/2012
Acidité (%)	0,77%	Titrimétrie
Teneur en matière minérale (m/m)	4,01%	Arrêté du 06/06/2012

*Fait à Amizour le : 07/04/2024.*

Annexe 06 :Analyse de l'humidité, de l'acidité grasse et de la teneur en matière minérale des pâtes enrichies à 5% d'épinards.. .

AUTORISATION MINISTÉRIELLE N° 050 DU 27 / 06 / 20
RC N° 01A 6170390

BULLETIN D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE
N°603/24

Nom du client ou raison sociale : Yahmi Larbi.

Produit : les pâtes épinard 05%.

Date de réception : 02/04/2024.

Date d'analyse : 02/04/2024.

Déterminations	Résultats	Méthodes
Humidité à 130 °C (m/m)	8,32%	Arrêté du 06/02/2012
Acidité Grasse Exprimée en gramme d'acide sulfurique	0,016%	Arrêté du 06/06/2012
Teneur en matière minérale (m/m)	1,09%	Arrêté du 06/06/2012

Fait à Amizour le : 07 / 04 / 2024.

Directeur technique
A.DALI

Annexe 07 : Analyse de l'humidité, de l'acidité grasse et de la teneur en matière minérale des pâtes enrichies à 10% d'épinards.

 LABORATOIRE DE CONTRÔLE DE QUALITÉ ET DE CONFORMITÉ		
AUTORISATION MINISTÉRIELLE N° 050 DU 27 / 06 / 2006 RC N° 01A 6170390		
<u>BULLETIN D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE</u> <u>N°604/24</u>		
<i>Nom du client ou raison sociale : Yahmi Larbi.</i>		
<i>Produit : les pâtes épinard 10%.</i>		
<i>Date de réception : 02/04/2024.</i>		
<i>Date d'analyse : 02/04/2024.</i>		
Déterminations	Résultats	Méthodes
Humidité à 130 °C (m/m)	8,39%	Arrêté du 06/02/2012
Acidité Grasse Exprimée en gramme d'acide sulfurique	0,030%	Arrêté du 06/06/2012
Teneur en matière minérale (m/m)	1,33%	Arrêté du 06/06/2012

Fait à Amizour le : 07/04/2024.


 Directeur technique
A.DALI



Route de Boukhalfa- Amizour – W Béjaia – Tel / Fax : 034-82-81-26 0696-13-92-31
 0661-84-63-70 E-mail : labodali2001@yahoo.fr

Annexe 08 :Analyse de l'humidité, de l'acidité grasse et de la teneur en matière minérale des pâtes enrichies à 15% d'épinards.

BULLETIN D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE**N°605/24***Nom du client ou raison sociale : Yahmi Larbi.**Produit : les pâtes épinard 15%.**Date de réception : 02/04/2024.**Date d'analyse : 02/04/2024.*

Déterminations	Résultats	Méthodes
Humidité à 130 °C (m/m)	9,16%	Arrêté du 06/02/2012
Acidité Grasse Exprimée en gramme d'acide sulfurique	0,023%	Arrêté du 06/06/2012
Teneur en matière minérale (m/m)	2,45%	Arrêté du 06/06/2012

Fait à Amizour le : 07/04/2024.*Directeur technique
A.DALI*

Annexe 09 :Analyse de l'humidité, de l'acidité grasse et de la teneur en matière minérale des pâtes enrichies à 5% de betterave.

RC N° 07A 8170390

BULLETIN D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE**N°600/24***Nom du client ou raison sociale : Yahmi Larbi.**Produit : les pâtes betterave 5%.**Date de réception : 02/04/2024.**Date d'analyse : 02/04/2024.*

Déterminations	Résultats	Méthodes
Humidité à 130 °C (m/m)	8,96%	Arrêté du 06/02/2012
Acidité Grasse Exprimée en gramme d'acide sulfurique	0,010%	Arrêté du 06/06/2012
Teneur en matière minérale (m/m)	0,97%	Arrêté du 06/06/2012



Fait à Amizour le : 07 /04/2024

Annexe 10: Analyse de l'humidité, de l'acidité grasse et de la teneur en matière minérale des pâtes enrichies à 10% de betterave.

BULLETIN D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE**N°601/24***Nom du client ou raison sociale : Yahmi Larbi.**Produit: les pâtes betterave 10%.**Date de réception : 02/04/2024.**Date d'analyse : 02/04/2024.*

Déterminations	Résultats	Méthodes
Humidité à 130 °C (m/m)	8,1%	Arrêté du 06/02/2012
Acidité Grasse Exprimée en gramme d'acide sulfurique	0,012%	Arrêté du 06/06/2012
Teneur en matière minérale (m/m)	0,99%	Arrêté du 06/06/2012

*Fait à Amizour le : 07/04/2024**Directeur technique*

Annexe 11: Analyse de l'humidité, de l'acidité grasse et de la teneur en matière minérale des pâtes enrichies à 15% de betterave.

BULLETIN D'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE**N°602/24***Nom du client ou raison sociale : Yahmi Larbi.**Produit : les pâtes betterave 15%.**Date de réception : 02/04/2024.**Date d'analyse : 02/04/2024.*

Déterminations	Résultats	Méthodes
Humidité à 130 °C (m/m)	8,15%	Arrêté du 06/02/2012
Acidité Grasse Exprimée en gramme d'acide sulfurique	0,014%	Arrêté du 06/06/2012
Teneur en matière minérale (m/m)	1,03%	Arrêté du 06/06/2012


 Directeur technique
A.DALI

Fait à Amizour le : 07/04/2024

	Echant paramètre	St	Pates enrichis en poudre d'épinard			Pates enrichis avec poudre de betterave		
			PE1	PE2	PE3	PB1	PB2	PB3
GOUT	Amer	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
	Sucré	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
	Salé	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
	Neutre	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
TEXTURE	Lisse	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
	Granuleux	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
	Farineux	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
	Collant	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
ODEUR	Neutre	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
	Betterave	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
	Epinard	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
	Blé tendre	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
COULEUR	Jaune pâle	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
	Vert foncé	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
	vert pâle	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
	rose	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
	grenat	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10

➤ Fiche de dégustation :

	Echant paramètre	St	Pates enrichis en poudre d'épinard			Pates enrichis avec poudre de betterave		
			PE1	PE2	PE3	PB1	PB2	PB3
GOUT	Amer	/10	1/10	3/10	3/10	/10	/10	/10
	Sucré	/10	/10	/10	/10	2/10	2/10	3/10
	Salé	/10	2/10	3/10	3/10	5/10	4/10	4/10
	Neutre	1/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
TEXTURE	Lisse	9/10	7/10	8/10	8/10	8/10	8/10	8/10
	Granuleux	/10	/10	2/10	/10	/10	/10	/10
	Farineux	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
	Collant	7/10	7/10	6/10	7/10	6/10	7/10	7/10
ODEUR	Neutre	/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
	Betterave	/10	/10	/10	/10	3/10	6/10	7/10
	Epinard	/10	3/10	5/10	6/10	/10	/10	/10
	Blé tendre	6/10	/10	/10	/10	2/10	/10	/10
COULEUR	Jaune pâle	8/10	/10	/10	/10	/10	/10	/10
	Vert foncé	/10	/10	3/10	8/10	/10	/10	/10
	vert pâle	/10	3/10	/10	/10	/10	/10	/10
	rose	/10	/10	/10	/10	3/10	8/10	/10
	grenat	/10	/10	/10	/10	/10	/10	8/10

➤ Fiche de dégustation :

	Echant paramètre	St	Pates enrichis en poudre d'épinard			Pates enrichis avec poudre de betterave		
			PE1	PE2	PE3	PB1	PB2	PB3
GOUT	Amer	0	/10	0	/10	2	/10	/10
	Sucré		/10	/10	/10	2	/10	4
	Salé	5	/10	4	/10	5	/10	4
	Neutre		/10	/10	/10	/10	/10	5
TEXTURE	Lisse	6	/10	5	/10	7	/10	6
	Granuleux		/10	/10	1	/10	/10	/10
	Farineux		/10	/10	/10	/10	/10	/10
	Collant	7	/10	4	/10	5	/10	3
ODEUR	Neutre	8	/10	/10	/10	/10	/10	/10
	Betterave		/10	/10	/10	3	/10	4
	Epinard		/10	2	/10	4	/10	5
	Blé tendre		/10	4	/10	2	/10	5
COULEUR	Jaune pâle	7	/10	/10	/10	/10	/10	/10
	Vert foncé		/10	/10	5	/10	8	/10
	vert pâle		/10	7	/10	/10	/10	/10
	rose		/10	/10	/10	/10	9	/10
	grenat		/10	/10	/10	/10	3	/10

