

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université M'hamed bougara Bouverdes



Faculté de technologie

Département génie des Procédés

Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de master

Filière : Génie des Procédés

Option : Génie Alimentaire

THÈME

Caractérisation d'une poudre alimentaire préparé à partir de peaux de bananes. Valorisation par incorporation dans une poudre de café.

Réalisé par :

- GUERROUMI IMENE
- MERAH MAROUA

Devant le jury composé de

M. KOUINI **Président**
Me. BOUAZIZ **Examinatrice**
M. TRACHI **Promoteur**

Soutenance le : 12/07/2023

Promotion 2022-2023

REMERCIEMENTS

En préambule à ce mémoire nous remercions « ALLAH » qui nous a aidé et nous a donné la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

Nous tenons à remercier sincèrement Monsieur M.Trachi, notre promoteur, pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer.

Nous tenons également à remercier tous les membres du jury qui ont bien voulu accepter d'examiner notre travail.

Nos remerciements sont aussi au corps professoral et administratif du département génie des procédés, pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.

Nous souhaitons remercier tout le personnel de UMBB en particulier :

Madame Hayet pour son aide et sa disponibilité

On n'oubliera pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragées au cours de la réalisation de ce mémoire.

DEDICACE

Je dédie ce travail à mes chers parents à qui aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices qu'ils ont consenti pour mon instruction et mon bien être.

*Une spéciale dédicace à mes chères sœurs (Kahina, Sihem, Thiziri, Wisseme et Mélissa) et mes chère frères Imade et Aziz ,
Mon petit ange Mekkou , et toute ma famille.*

Ce travail je le dédie aussi à mes amis khadidja, Fatima ,Yousra et Maroua avec qui j'ai passé d'agréables moments durant cinq ans d'études.

Je dédie ce travail aussi à mon binôme Maroua avec qui j'ai passé des moments inoubliables.

Imene

DEDICACE

Je veux offrir mes premières dédicaces à ma mère .Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que vous n'avez cessé de me donner depuis ma naissance, merci beaucoup mareine.

Je tiens aussi à remercier mon petit ange Khalile ibrahim ainsi quemes chers sœurs surtout Nesma, Rayane et Safaa aussi mes chers frères Anis et Ahmed.

Mes proches : Maria, Merieme, Lina, Sarah, Soumia, Yousra, Fatima Zahra et Imene.

Mon binôme Imene avec qui j'ai passé des moments inoubliables.

Maroua

Résumé

Cette étude porte essentiellement sur la valorisation, caractérisation sur le plan physique et physicochimique d'une poudre alimentaire préparée à partir des peaux de bananes. Sa valorisation a été envisagée par incorporation dans une poudre de café. Différentes proportions ont été aussi testées. Plusieurs paramètres physiques et physicochimiques ont été déterminés aussi bien avant qu'après la conversion des pelures en poudre fine. Les analyses physicochimiques sont révélées que les peaux de bananes constituent une source impressionnante notamment des minéraux traduit par un taux de cendres 10% et une teneur en potassium voisinant les 7,88 mg/kg aussi que et des composés phénoliques 142,714 mg/g mh. La caractérisation physique a montré que la poudre préparée est caractérisée par une densité de 44,87%, un indice d'écoulement de 25,64°, et un caractère non mouillable. D'après les analyses sensorielles, l'incorporation jusqu'à 15% de poudre n'a pas d'effets significatifs sur les propriétés sensorielles évalués du café.

ملخص

تركز هذه الدراسة على التقييم والتوصيف الفيزيائي والكيميائي لمسحوق الطعام المحضر من قشور الموز. وقد تم تصور تثمينها من خلال دمجها في مسحوق القهوة. كما تم اختبار نسب مختلفة. تم تحديد العديد من العوامل الفيزيائية والكيميائية الفيزيائية قبل وبعد تحويل القشور إلى مسحوق ناعم. كشفت التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن قشور الموز تشكل مصدرًا مثيرًا للإعجاب لا سيما المعادن ، ينعكس في محتوى الرماد بنسبة 10 ٪ ومحتوى البوتاسيوم بالقرب من 7.88 مجم / كجم بالإضافة إلى المركبات الفينولية التي تبلغ 142.714 مجم / جم. أظهر التوصيف الفيزيائي أن المسحوق المحضر يتميز بكثافة 44.87 ٪، معامل تدفق 25.64 درجة، وخاصية غير قابلة للبلل. وفقًا للتحليلات الحسية، فإن دمج ما يصل إلى 15 ٪ من المسحوق ليس له أي تأثير كبير على الخصائص الحسية التي تم تقييمها في القهوة.

Summary

This study focuses on the valuation, physical and physicochemical characterization of a food powder prepared from banana peels. Its valorization has been envisaged by incorporation into a coffee powder. Different proportions were also tested. Several physical and physicochemical parameters were determined both before and after the conversion of the peels into fine powder. Physicochemical analyzes have revealed that banana peels constitute an impressive source, in particular of minerals, reflected by an ash content of 10% and a potassium content close to 7.88 mg/kg as well as phenolic compounds of 142,714 mg/g mh. The physical characterization showed that the prepared powder is characterized by a density of 44.87%, a flow index of 25.64°, and a non-wettable character. According to sensory analyses, the incorporation of up to 15% of powder has no significant effects on the sensory properties evaluated in coffee.

Liste des tableaux

Synthèse bibliographique

Chapitre I : généralité sur le bananier

Tableau 1 : composition de la banane dessert éplucher (pour 100 g de pulpe fraîche)	6
Tableau 2 : les principaux états producteurs de bananes au monde.....	6
Tableau 3 : l'importation nette de banane en Algérie de l'année 2014 à 2018.....	7
Tableau 4 : caractéristiques nutritionnelles de la peau de bananes pour 100 g.....	10
Tableau 5 : vitamines contenues dans la peau de bananes	10
Tableau 6 : minéraux contenus dans la peau de bananes	11

Partie expérimentale

Matériels et méthodes

Tableau 1 : Préparation de la dilution de l'acide gallique (AG)	27
Tableau 2 : Les différentes proportions en PB (% pour 20 g de mélange) incorporées dans le café	29
Tableau 3 : Catégories d'appréciation de différentes formulations élaborées	30

Résultats et discussions

Tableau 1 : Teneurs en éléments minéraux des trois échantillons analysés.....	38
Tableau 2 : Évaluation du goût des cafés préparés	41
Tableau 3 : Évaluation de la couleur des cafés préparés.....	41
Tableau 4 : Teneurs en éléments minéraux des trois formulations analysés	47

La liste des figures

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le bananier

Figure 1 : L'organisation du bananier et de ses rejets – Diagrammatic representation of a afruiting banana plant with suckers	4
Figure 2 : La morphologie de banane	5
Figure 3 : Index des couleurs de 2 à 7 établi selon l'échelle le de la couleur de la peau	9
Figure 4 : Couches structurelles de la peau de bananes	9

Chapitre 2 : généralités sur le café

Figure 1 : Le caféier	13
Figure 2 : Représentation des différentes parties en coupe d'une cerise de café.....	14

Partie expérimentale

Matériel et Méthodes

Figure 1 : Peaux de bananes étudiées dans la présente étude.....	18
Figure 2 : Poudre de peaux de bananes obtenue dans la présente étude.	19
Figure 3 : Organigramme de préparation de la poudre de peaux de bananes.	19
Figure 4 : Des grains (A) et poudre (B) utilisées dans notre étude de café.....	20
Figure 5 : Principe de la détermination de l'angle de repos (H: hauteur de l'entonnoir par rapport au Platform; D: diamètre de l'icône).....	22
Figure 6 : Principales étapes d'extraction des polyphénols.	27
Figure 7 : Bulletin du test hédonique.	30

Résultat et discussion

Figure 1 : Masses volumiques et porosité des poudres	32
Figure 2 : Indice d'écoulement des poudres	33
Figure 3 : Indice de mouillabilité de poudre de peaux de bananes et de poudre de café.	34
Figure 4 : Teneur en eau des matières premières analyses	35
Figure 5 : pH des matières végétales analysées	36

Figure 6 : Teneur en acidité titrable des matières végétales analysées	37
Figure 7 : Teneurs en cendres (Cn) et en matières organiques (MO) des matières analysées ..	38
Figure 8 : Teneur en polyphénol des matières végétales analysées	40
Figure 9 : Taux de matières solubles	40
Figure 10 : Effet de la poudre sur les propriétés sensorielles des cafés préparés	42
Figure 11 : Masses volumiques et porosité des poudres de café	43
Figure 12 : Indice d'écoulement des poudres de café	44
Figure 13 : Indice de mouillabilité des poudres de café	44
Figure 14 : Teneur en eau des trois formulations analysées	45
Figure 15 : pH des trois formulations analysées	45
Figure 16 : L'acidité titrable des formulations analysées	46
Figure 17 : Teneur en cendres des trois formulations analysées	47
Figure 18 : Teneur en polyphénol des trois échantillons	48

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de normalisation

M : masse en gramme d'échantillon prélevé

ρ_a : masse Volumique apparente

ρ_r : masse volumique réelle

P : porosité

PF : peau fraîche

PB : poudre de peaux de bananes

PC : poudre de café

F0 : café à 0% de poudre de PB

F10 : café à 10% de poudre de PB

F15 : café à 15% de poudre de PB

SOMMAIRE

Résumé

Les listes des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale..... 1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les bananiers

1- Le bananier	2
1-1- Origine de bananier	2
1-2- Classification botanique des bananiers	2
1-3- Morphologie de la plante	2
2- La banane	4
2-1- Morphologie de la banane	4
2-2- Composition de bananes	5
2-3- Production de bananes	6
2-3-1- Mondiale	6
2-3-2- Production en Algérie	7
2-3-3- Importation en Algérie	7
3- La peau de banane	7
3-1- Caractérisation de la peau des bananes.....	8
3-1-1- Couleur de la peau	8
3-1-2- Structure cellulaire de la peau de bananes	9
3-2- Composition biochimique.....	10
3-4- Vertus thérapeutiques de la peau de bananes	11

Chapitre II : Généralités sur le café

1- Le caféier	13
2- Les fruits du caféier	13
3- Compositions du café	14
4- Les vertus du café	16

Partie expérimentale

Matériel et Méthodes

1- Matériel végétal	18
1-1- La peau de banane	18
1-2-2- Les graines de café	19
2- Caractérisation physique des poudres	20
2-1- Masses volumiques et porosités	20
2-2- Détermination de l'indice d'écoulement (angle de repos)	22
2-3- Détermination d'indice de mouillabilité	22
3- Caractérisation physicochimique	23
3-1- Détermination de la teneur en eau	23
3-2- Mesure de pH	24
3-3- Détermination de l'acidité titrable	24
3-4- Détermination de la teneur en cendres	25
3-5- Teneur en minéraux	26
3-6- Teneur en polyphénols totaux	27
3-6-1- Extraction des polyphénols	27
3-6-2- Détermination de la teneur en poly phénols totaux.....	27
3-7- Aptitude à l'extraction de matière sèche	28
4- Mode d'enrichissement du café par incorporation de la poudre de peau de banane	29
4-1- Analyse de produit fini	29
4-1-1- Analyse sensorielles	29
4-1-2- Analyse de la variance	30
4-1-3- Analyses physique du café enrichi	31
4-1-4- Analyses physico-chimique du café enrichi	31
4-1-5- Analyse statistique	31

Résultats et discussion

1- Caractérisation physique des poudres	32
1-1- Masses volumiques et porosité	32
1-2-Détermination de l'indice d'écoulement (angle de repos)	33
1-3-Détermination l'indice de mouillabilité.....	34
2-Caractérisation physicochimique des matières végétales	35
2-1-Détermination de la teneur en eau	35

2-2-Mesure de pH	36
2-3-Détermination de l'acidité titrable	36
2-4-Détermination de la teneur en cendres	37
2-5-Détermination de la teneur en poly phénols totaux	39
2-6- Aptitude à l'extraction de matière sèche	39
3-Analyse de produit fini	40
3-1-Analyse sensorielles	40
3-2- Analyse de la variance	42
3-3-Analyses physiques du café enrichi	43
3-3-1-Masses volumiques et porosité des poudres de café	43
3-3-2-Détermination de l'indice d'écoulement (angle de repos)	44
3-3-3-Détermination l'indice de mouillabilité	44
3-4-Analyses physico-chimique du café enrichi	45
3-4-1- Détermination de la teneur en eau	45
3-4-2-Mesure de pH	45
3-4-3-Détermination de l'acidité titrable.....	46
3-4-4-Détermination de la teneur en cendres	46
3-4-5-Détermination de la teneur en polyphénols totaux	48
Conclusion générale	49

Bibliographies

Introduction général

Les bananiers sont des plantes appartenant à la famille des Musacées qui pousse principalement dans les régions au climat tropical ou subtropical.

Les bananes sont de longs fruits légèrement incurvés qui sont généralement regroupés en jaune, vert ou rouge.

La banane est l'une des cultures vivrières les plus importantes au monde, avec 90% de la production consommée localement, principalement dans les pays les plus pauvres d'Afrique, d'Amérique latine et d'Asie. En 2021, la production mondiale de bananes aurait été d'environ 125 millions de tonnes (Statista Research Department). En 2020, la production de bananes en Algérie aurait été d'environ 235 tonnes (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), toutefois, l'Algérie importe environ 90.0 milliers de tonnes de bananes selon les statistiques révélées en 2018.

En tant que fruit, la partie interne de la banane est la pulpe féculente. La douceur qui forme la partie comestible recouverte d'enveloppe connue sous le nom de "peaux" ou "pelure". Ces dernières constituent 35 à 40 % du poids du fruit (Demeure, 2022). Ce qui fait que ce déchet soit d'une masse incontestable.

Des recherches approfondies prouvent la valeur alimentaire et thérapeutique inhérent aux peaux de banane : Elle est essentiellement composée des lipides, fibres alimentaires, lipides, vitamine B6, calcium, magnésium (Ciquel, 2017).

La peau de bananes peut soulager la constipation et aider à maintenir des yeux forts et sains, elles aident le système immunitaire à fonctionner correctement et peuvent améliorer les propriétés antioxydants et aide à réduire les risques de cancer (Kathleen, 2022).

La valeur alimentaire et thérapeutique de la peau de bananes, associée à son rapport massique frappant, nous a incités à valoriser cette partie sous forme de poudre alimentaire.

À cet effet, le but essentiel de cette étude était de préparer et caractériser cette poudre alimentaire dans un premier temps, puis concrétiser sa valorisation en l'incorporant dans un café en poudre, dont l'objectif est d'augmenter ces propriétés fonctionnelles et thérapeutiques.

Synthèse Bibliographique

Chapitre I :
Généralité sur les bananiers

1- Le bananier

1-1- Origine de bananier

Le bananier est originaire de l'Asie du Sud-Est, où il est retrouvé de l'Inde à la Polynésie et son centre de diversification semble être la Malaisie ou l'Indonésie. Il s'est propagé vers l'Afrique de l'Ouest il y a au moins 2500 ans. Son implantation aux Amériques s'est d'abord faite par la République Dominicaine en 1516 grâce à des plants en provenance des îles Canaries, et s'est poursuivie vers l'Amérique Centrale et du Sud. Ainsi, depuis des millénaires, les migrations humaines et les échanges de matériel végétal ont introduit le bananier dans des situations écologiques très différentes sur tous les continents (Lassoudière, 2007).

1-2- Classification botanique des bananiers

Les bananiers appartiennent à l'ordre des scitaminales, ou zingibérales, et à la famille des Musaceae. Ce sont des monocotylédones aux pièces florales par trois ou multiple de trois, asymétriques zygomorphes avec nervation secondaire des limbes parallèles, absence de formation vasculaire secondaire au sein de la tige et des racines. La famille des Musaceae comporte trois genres, à savoir :

- **Musella**, très peu représenté et localisé en Asie,
- **Ensete**, ne comportant pas d'espèces parthénocarpiques,
- **Musa**, présentant une forte variabilité et caractérisé par des inflorescences avec des bractées insérées séparément des fleurs, à l'inverse du genre Ensete.

Les premières classifications du genre Musa sont apparues à la fin du 19^e siècle. Le genre Musa est composé de quatre section (barky et al. ;1997) sur base du nombre de chromosomes et de caractéristiques morphologiques : les Australimusa ($2n = 2x = 20$) ; les Callimusa ($2n = 2x = 20$) ; les Rhodochlamys ($2n = 2x = 22$) et enfin les Eumusa ($2n = 2x = 22$). Cette dernière section regroupe presque tous les bananier cultivés. si les bananiers sauvages sont tous diploide ($2n = 2x = 22$), les variétés cultivées sont quelquefois diplide, souvent triploides ($2n = 3x = 33$) et rarement téraploides ($2n = 4x = 44$) (barky et al., 1997).

1-3- Morphologie de la plante

Le bananier est une herbe géante le pseudo tronc est constitué de gaines foliaires imbriquées (Fig. 1). Les feuilles sont cultivées à partir du méristème terminal de la tige dans des conditions environnementales réelles. Les feuilles ont une durée de vie comprise entre 70

et 200 jours et une surface pouvant atteindre 2 m², offrant ainsi à la plante une grande surface foliaire à la floraison et permettant de canaliser l'eau de pluie. Cependant, la longueur et la largeur des pales augmentent au cours du cycle. La sortie souterraine à l'époque était appelée à tort un "renflement". Les nouvelles feuilles se déploient au sommet du pseudo-tronc, de sorte qu'elles deviennent de plus en plus jeunes à mesure qu'elles se rapprochent du sommet. Par convention, ils sont numérotés du plus petit au plus grand. Le nombre de feuilles varie selon la variété et l'inflorescence, il reste 11 à 15 feuilles fonctionnelles.

Pour que les fruits se développent correctement avant la récolte, il faut au moins 8 feuilles fonctionnelles à la floraison et au moins 4 à la récolte. Les bourgeons situés à l'aisselle de chaque feuille finiront par produire des bourgeons. À la fin de la phase végétative, les modifications de la fonction du méristème central entraînent la croissance et l'allongement de la vraie tige au centre du pseudo-tronc, suivis de l'émergence des inflorescences.

Inflorescence. Les stades de développement végétatif ont un impact majeur sur la croissance et le développement des inflorescences. Pour les variétés Cavendish, comme la Grande-Naine, les fleurs s'épanouiront une fois qu'une trentaine de feuilles se seront développées. Les inflorescences du bananier (appelées faisceaux) sont caractérisées par un pédoncule épais et incurvé vers le bas d'environ 1 m (Fig. 1).

Il se compose de spathes cramoisies, fendues, imbriquées, disposées en trois spirales qui montent puis descendent rapidement, produisant des rangées simples ou doubles de fleurs à partir de l'aisselle des feuilles. Ce sont les premières rangées de fleurs qui forment les grappes de fruits, appelées fleurs de la main. Ces premières rangées sont constituées de fleurs femelles, l'ovaire infère contient trois carpelles, deux rangées d'ovules insérées sur le placenta axillaire et des étamines non fonctionnelles. L'ovaire est plein de chair Les fruits se forment sans pollinisation ni formation de graines. Les mains sont constituées de 10 à 30 fleurs ou doigts insérés en deux rangées sur le tapis et numérotés à partir de la première main libérée. Lors de la floraison, les doigts pointent vers le bas et se redressent progressivement, atteignant un stade appelé « stade des doigts horizontaux » en 15 jours environ.

Après les fleurs femelles, apparaissent deux à trois fleurs neutres en forme de main, toutes les parties florales avortées, suivies d'une main de fleur mâle composée d'un ovaire réduit et d'étamines bien développées. Les fleurs mâles tombent lorsqu'elles sont libérées, exposant la partie inférieure de la tige. La croissance de l'inflorescence se poursuit indéfiniment avec la formation de bourgeons mâles, constitués de superpositions de bractées. S'il n'est pas taillé, ce

bourgeon mâle prolonge sa croissance jusqu'à ce que le fruit mûrisse et que la tige meure (Ludivine Lassois et al. 2009).

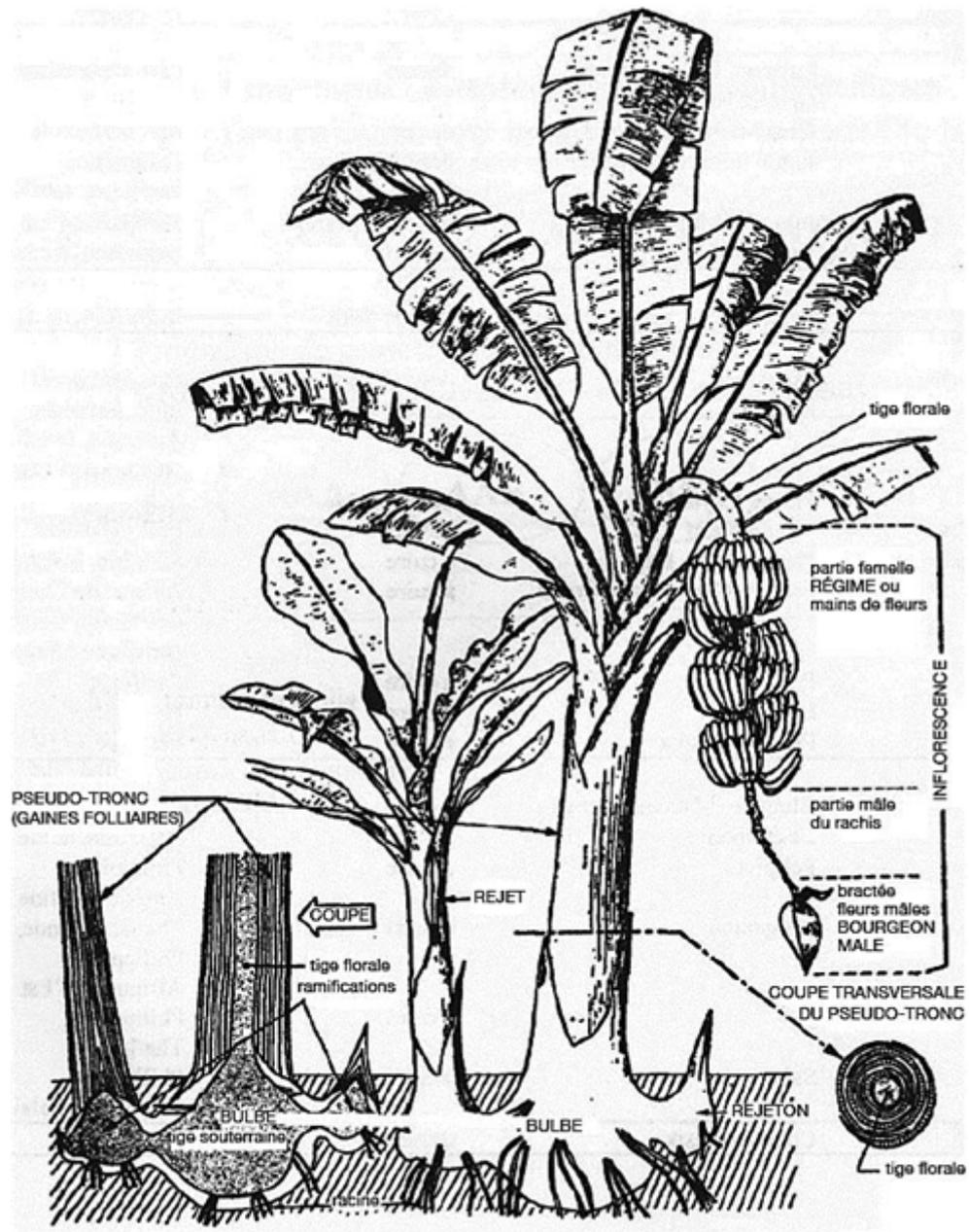


Figure 1 : Organisation du bananier et de ses rejets (barky et al., 1997).

2- La banane

2-1- Morphologie de la banane

La figure 2 représente la morphologie de banane

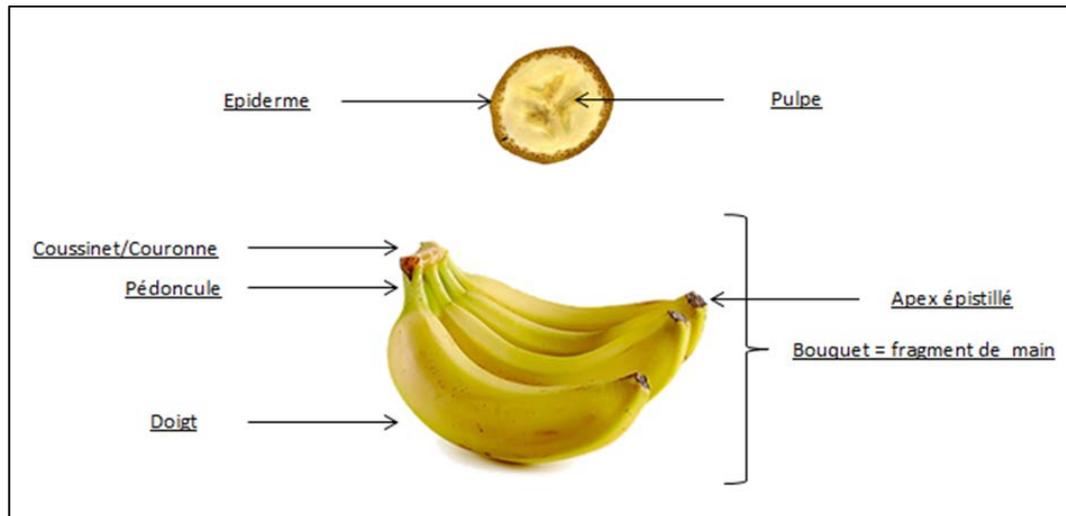


Figure 2 : Morphologie de banane (Mathieu Lechaudel)

2-2- Composition de bananes

- Le polysaccharide, α -(1 \rightarrow 6)-d-glucan, est très présent dans la banane. Il améliorerait le système immunitaire en augmentant la prolifération ou en stimulant les cellules impliquées dans ce système, à savoir les lymphocytes T et les macrophages (Yang, 2019).

- La peau et la pulpe de la banane présentent des composés phénoliques variés, tels que l'acide gallique (un acide hydroxybenzoïque), la catéchine, l'épicatéchine (des flavanols), les tanins et les anthocyanes. Par ailleurs, la teneur en phénols totaux augmente avec la maturation de la banane, elle est en moyenne de 7 mg/100 g de poids frais. Ces composés Phénoliques ont un rôle protecteur contre les radicaux libres responsables du vieillissement et de diverses maladies (Singh, 2016).

- Sa forte teneur en amidon lui confère des propriétés hypocholestérolémiantes ainsi que des effets bénéfiques sur la digestion et les intestins.

- La banane contient également de la sérotonine qui aide à prévenir ou surmonter la dépression et à détendre le corps (Singh, 2016).

Tableau 1 : composition de la banane dessert éplucher (pour 100 g de pulpe fraîche).

(Lassoudière, 2007)

Élément	Quantité (pour 100g de pulpe fraîche)
Eau (g)	74
Potassium (g)	380à 400
Calcium (mg)	6à9
Magnésium (mg)	30à45
Sodium (mg)	1
Phosphore (mg)	30
Fer (mg)	0,3 à 0,7
Energie (kcal)	82 à 92
Protéines (g)	1
Lipides (g)	0,48
Glucides (g)	19 à 23
Fibres (g)	2 à 3,4
Carotène (µg)	150
Vitamine C (mg)	10
Vitamine E (mg)	0,4
Vitamine D (mg)	0
Vitamine B1 (mg)	0,04
Vitamine B2 (mg)	0,07
Vitamine B3 (mg)	0,6
Vitamine B5 (mg)	0,26
Vitamine B6 (mg)	0,42
Vitamine B9 (mg)	33
Soufre (mg)	10
Bore (mg)	0,38 à 0,53
Cuivre (mg)	0,2
Manganèse (mg)	0,45
Zinc (mg)	0,25

2-3- Production de bananes

2-3-1- Mondiale

En 2021 environ 125 millions de tonnes métriques de bananes ont été produites dans le monde selon Statista Research Department. (Statista 2023)

Tableau2 : les principaux états producteurs de bananes au monde (FAO,2021).

État	Production de bananes en tonne
Inde	31504000
Chine	11513000
Indonésie	8182756

Brésil	6637308
Équateur	6023390
Philippines	5955311
Guatemala	4476680

2-3-2- Production en Algérie

En 2020 environ 235 tonne de bananes ont été produites dans l'Algérie selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) (FAO, 2021).

2-3-3- Importation en Algérie

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) l'importation nette de bananes en Algérie de l'année 2014 à 2018 est représentée dans le tableau 3.

Tableau 3 : l'importation nette de banane en Algérie de l'année 2014 à 2018.

(FAO, 2019)

Année	Quantité (milliers de tonne)
2014	263,3
2015	245,7
2016	196,8
2017	95,9
2018	90,0

3- La peau de banane

Il faut d'abord penser à la peau, sinon c'est précieux La nourriture comme fourrage n'est pas anodine et très intéressante car elle est relativement épaisse et protège bien la pulpe interne des dommages et des salissures extérieures qui la rongeront très rapidement.

De plus, cette peau, contrairement à celle d'une orange ou d'un citron, est très Facile à peler à la main ou à la machine, laissant la pulpe intacte.

Les produits naturels frais sont agréables pour la peau : amidons, cellulose, Sucres, pectine, protéines et minéraux, vitamines, enzymes, et même Goût banane.

Le bétail peut facilement en consommer, même en grande quantité, sans Il n'y a pas d'inconvénients. La couche interne de la peau qui touche la pulpe est riche en arôme, peut être extrait par distillation fractionnée et transformé en amidon; c'est pourquoi Parmi elles, la bière de bananes produite à grande échelle en Afrique centrale, est obtenu par simple broyage de bananes entières dans un silo :

La pulpe et la peau sont saccharifiées par l'amylase naturelle et la fermentation commence Sucre immédiat et déjà présent, sous l'action de la levure déjà présente. La même couche est également utilisée pour réduire le gonflement et Irritation des piqûres de moustiques.

La banane est un fruit doux et sucré très apprécié dans le monde entier. Cependant, leur peau épaisse et fibreuse est une source de nutrition moins populaire, du moins dans les pays occidentaux. Mais contrairement à ce que beaucoup de gens croient, les pelures de banane ne sont pas seulement délicieuses, elles ont aussi de nombreux bienfaits pour la santé. (ratsiaharovala, 2011).

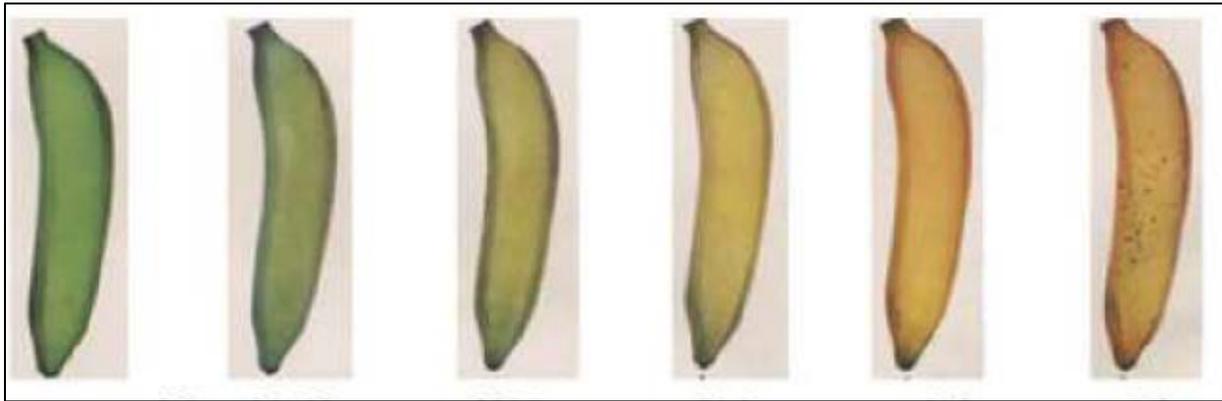
3-1- Caractérisation de la peau des bananes

3-1-1- Couleur de la peau

Les bananes non mûres contiennent une forte concentration de chlorophylle dans la peau, tandis que dans les bananes mûres, cette teneur est quasi nulle les bananes vertes contiennent deux types de pigments :

- Pigment vert (chlorophylle)
- Pigment jaune (carotène)

Au cours du processus de maturation, la chlorophylle est progressivement dégradée sous l'action de chlorophyllase pour révéler le carotène. Huit stades de maturation des bananes comestibles. Typiquement dans le commerce, les sept stades de maturation sont déterminés visuellement Ces stades d'affinage sont définis en termes de teneur en amidon et en sucres totaux pour chacun d'eux. Ces différents stades de maturité reposent également sur Couleur de la peau Les conditions de stockage des fruits affecteront Maturation et changements de couleur reflétant cette maturation. A partir du stade 7 de maturation, les bananes dessert sont trop mûres, apparaissant. La sénescence (liquéfaction de la pulpe et assombrissement de la peau) commence à apparaître (Christelle, 2012).



Vert clair vert avec des plus vert que plus jaune entièrement jaune avec des
 Points jaune jaune que vert jaune points marrons

Figure 3 : Index des couleurs de 2 à 7 établis selon l'échelle de la couleur de la peau (Christelle, 2012).

3-1-2- Structure cellulaire de la peau de bananes

Les bananes pèsent de 100 à 200 grammes selon les variétés et contiennent 40 à 35 % de peau à maturité.

La Peau Se compose de plusieurs couches cellulaires (Christelle, 2012)

- Épiderme : il est constitué de cellules très compactes qui assurent une bonne protection contre Insectes, champignons... .

- Parenchyme : il est constitué de plusieurs couches de cellules lâches. Nous sommes proches de la pulpe. Ceci explique aussi la lyse facile des corticostéroïdes. Ce sont des cellules de parenchyme qui contiennent de la chlorophylle qui change de couleur en cours de maturation.

- Faisceaux de vaisseaux sanguins pour le transport de l'eau et des nutriments (ils plus ou moins attaché à la pulpe lors du pelage).

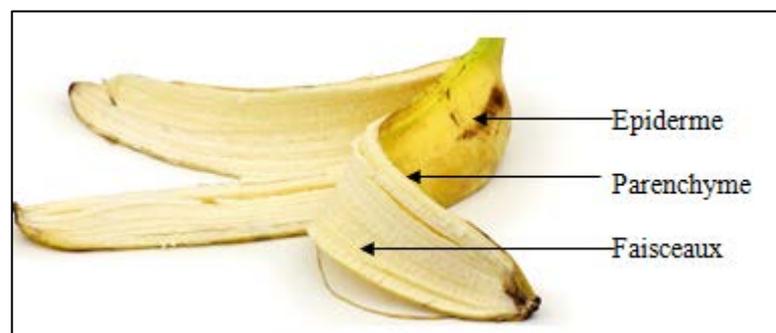


Figure 4 : Couches structurales de la peau de bananes.

3-2- Composition biochimique

La composition biochimique de la peau varie avec l'évolution de la variété, les conditions environnementales et d'une période à l'autre de la vie du bananier. Sa pulpe constitue 60 à 65 % du fruit. C'est un aliment hautement énergétique (379 kJ pour 100g). Ses glucides sont facilement absorbés. Il est faible en gras et en protéines, mais riche en fibres. La peau contient des amines responsables de certains effets cicatrisants et de nombreuses vitamines, minéraux, ce qui la rend intéressante sur le plan nutritionnel. Les glucides disponibles existent en quantités intéressantes. En ce qui concerne les lipides, le rapport protéines sur lipides est très faible voire quasi inexistant (Happi-Emaga et al.; 2007).

Les principaux composants de la peau sont exprimés en pourcentage du poids frais : Eau(89,45), glucides totaux (2,29), sucres totaux (2,06), saccharose (1,55), pectine(0,58), Sucres réducteurs (0,51), lipides (0,50), amidons (0,23). Il constitue également d'autres principes actifs aux activités biologiques différentes, telles que des activités antioxydants, antidépressives, anti-inflammatoires, hépato protectrices vasculaires, antiallergiques, antiulcéreuses, anti tumorales, antibactériennes et antifongiques.(Ait aoudia Samira, 2018)

Tableau 4 : caractéristiques nutritionnelles de la peau de bananes pour 100g
(Ciquial,2017)

Peau de banane : analyse nutritionnelle pour 100g	
Glucides (g)	19,6
Sucres (g)	14,8
Amidon (g)	2,1
Lipides (g)	0,25
Acides gras saturés (g)	0,099
Acide gras mono-insaturés (g)	0,035
Oméga 9 –acide oléique (18 :1) (g)	0,026
Acides gras poly-insaturés (g)	0,078
Oméga 6 – acide linoléique (18 :2) (g)	0,032
Oméga 3–ALA : acide alpha-linolénique (18 :3) (g)	0,035
Protéines (g)	0,98
Fibres alimentaires (g)	1,9
Sel – chlorure de sodium, NaCl (g)	0,0038
Acides organiques (g)	0,56

Tableau 5 : vitamines contenues dans la peau de bananes (Ciquial.2017)

Vitamine B1 – thiamine (mg)	0,035
Vitamine B2 – riboflavine (mg)	0,49
Vitamine B3 (mg)	0,68

Vitamine B5 (mg)	0,3
Vitamine B6 (mg)	0,38
Vitamine B9 (µg)	29
Vitamine C (mg)	2,07
Vitamine A (µg)	2,17
Béta-carotène (µg)	26
Vitamine E (mg)	0,33
Vitamine K (µg)	0,5

Tableau 6 : minéraux contenus dans la peau de bananes (Ciqual.2017)

Calcium (Ca) (mg)	4,12
Magnésium (Mg) (mg)	34,9
Phosphore (P) (mg)	24,7
Potassium (K) (mg)	360
Sodium (Na) (mg)	< 1,11
Cuivre (Cu) (mg)	0,82
Fer (Fe) (mg)	0,26
Iode (I) (µg)	0,4
Manganèse (Mn) (mg)	0,37
Sélénium (Se) (µg)	< 10
Zinc (Zn) (mg)	0,15

3-4- Vertus thérapeutiques de la peau de bananes

Les bananes sont des fruits doux et sucrés populaires partout dans le monde. Leurs pelures épaisses et fibreuses sont cependant une source de nutrition moins populaire, du moins dans les pays occidentaux. Mais contrairement à ce que beaucoup de gens croient, les pelures de banane ne sont pas seulement bonnes à manger, elles offrent également un certain nombre d'avantages pour la santé.

Soulagement de la dépression : Les niveaux élevés de tryptophane dans les bananes, combinés au B6 dans la peau, peuvent aider à soulager certains symptômes de dépression et d'autres troubles de l'humeur. Le tryptophane se décompose en sérotonine, ce qui améliore votre humeur. La vitamine B6 peut aider à améliorer le sommeil, ce qui peut avoir un effet positif sur l'humeur au fil du temps.

Santé digestive : Les peaux de banane riches en fibres peuvent aider à réguler le système digestif, soulageant à la fois la constipation et la diarrhée. Cela peut être un avantage particulièrement important des pelures de banane pour les personnes atteintes de la maladie de Crohn ou du syndrome du côlon irritable.

Meilleure vue : Elle est riche en bêta-carotène (ce qui lui donne sa couleur caractéristique) et améliore aussi la santé des yeux. La vitamine A peut aider à garder les yeux forts et en bonne santé. Cette vitamine est abondante dans les bananes et les pelures de banane.

Peut réduire le risque de cancer : Les pelures de banane regorgent de polyphénols, de caroténoïdes et d'autres antioxydants qui combattent les radicaux libres cancérigènes dans le Corp. Donc il faut Manger plus de peaux de banane, en particulier les peaux vertes et non mûres, peut augmenter le niveau d'antioxydants et aider à réduire le risque de cancer. Les études sur les propriétés anticancéreuses des peaux de banane ont été réalisées dans des éprouvettes, et non sur des humains. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour comprendre si les peaux de banane peuvent réduire le risque de cancer chez les humains.

La peau de banane est riche en protéines, matières grasses, sucre aussi elle apporte du fer, du potassium et également des vitamines B, C et K. De plus, elle contient d'importantes quantités de manganèse, de fibres, d'antioxydants et de cuivre.

Elle réduit le cholestérol : La peau de banane a en effet des propriétés qui nettoient la graisse des artères. Grâce au potassium qu'elle contient, elle est recommandée pour les personnes qui souffrent d'hypertension artérielle. (Kathleen M. Zelman, 2022)

Chapitre II :
Généralité sur le café

1- Le caféier

Du point de vue taxonomique, le caféier appartient à la famille des Rubiacées comportant 500 genres dont le genre *Coffea*. Le genre *Coffea* comprend environ 120 espèces en tenant compte des *coffea* sauvages. Le genre *Coffea* est le plus étudié. Ce classement botanique a été créé par Linné en 1735 et a subi des aménagements successifs. Il divise le genre *Coffea* en quatre groupes parmi lesquels *Eucoffea* est le plus important. Le groupe *Eucoffea* est subdivisé en cinq sous-groupes dont le sous-groupe *Erythrocoffea* auquel appartiennent les espèces *arabica* et *canephora*. Au niveau de sa description botanique, le caféier est une plante pouvant atteindre dix-huit mètres de hauteur pour certaines espèces comme *Coffea liberica*. Cependant, dans les plantations, les caféiculteurs la conservent à trois mètres pour qu'elle soit à la hauteur des cueilleurs afin de faciliter son exploitation. Les fleurs blanches et parfumées sont groupées par cymes à l'aisselle des feuilles et forment des verticilles de huit à quinze fleurs en moyenne. Elles ont l'aspect de glomérules floraux. Les feuilles, disposées par deux, sont opposées et demeurent vertes toute l'année. Le caféier possède la particularité de pouvoir porter en même temps, selon les conditions climatiques, la fleur et le fruit. (Piccino, 2011)

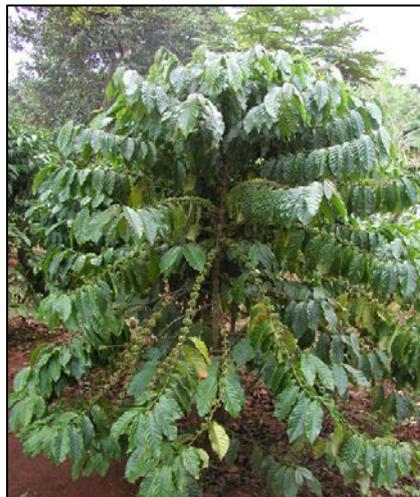


Figure 1 : Le caféier (HALER, 2013).

2- Les fruits du caféier

Le fruit du caféier est un fruit rouge ou jaune (*Caturra Amarelo* et autres variétés) appelé cerise, charnu à noyau. Plusieurs couches entourent deux graines vertes appelées les fèves ou grains de café vert. Les fruits sont des drupes de forme ovoïde, d'abord verte puis jaune et enfin rouge cramoisi de 1,6 cm à 1,8 cm. Deux loges séparées renferment chacune une graine avec une face plane creusée d'un sillon. La drupe est entourée d'une pellicule

rouge lisse, l'exocarpe qui recouvre la pulpe de teinte jaunâtre. La pulpe adhère à une paroi dure et cellulosique, la parche (ou l'endocarpe). L'ensemble forme la coque qui sera éliminée pour recueillir les deux graines. La graine, recouverte d'une pellicule argentée et très mince appelée spermoderme, renferme l'embryon (germe). Les dimensions des graines et leurs formes diffèrent sensiblement en fonction des espèces, des variétés et des conditions de culture. Un schéma d'une coupe de la cerise de café est donné sur la figure5. (Piccino, 2011)

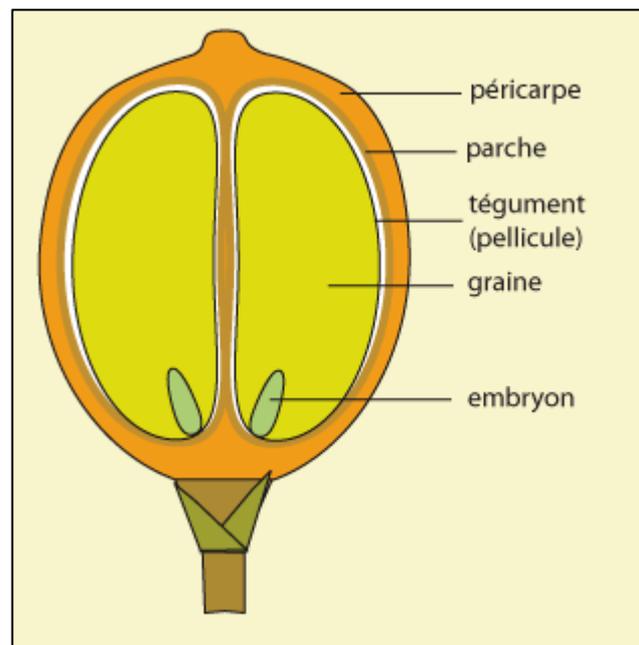


Figure 2 : différentes parties en coupe d'une cerise de café.(Michèle Mosiniak)

3- Compositions du café

La composition chimique du café largement déterminée par la génétique du grain de café espèces. Il existe des différences entre Café arabica et Café canephora. Ajouté après Les particularités du terrain où poussent, entre autres, les caféiers facteur environnemental. Pour comparer la composition d'un café à un autre, on dit qu'il faut Analyser au moins trois échantillons récoltés consécutivement pour prendre en compte Fluctuations de la composition du café. De plus, si vous analysez du café vert, du café torréfié, la composition sera différente et procédés de préparation du café.

La caféine : La caféine est le principe actif le plus connu dans le café, mais on la retrouve également dans d'autres aliments comme le thé, le cacao et dans d'autres boissons énergisantes. Pendant la torréfaction, la concentration en caféine reste plus ou moins stable, le goût de la caféine est plutôt amer, mais elle ne compte que pour 10% dans l'amertume totale du café.

Trigonéline : La trigonelline, comme la caféine, est un composé amer du café, mais quand La trigonelline peut perdre jusqu'à 85% lorsqu'elle est torréfiée, selon le degré de torréfaction Cuisson, et donc de la chaleur de torréfaction. Produits cuits plus rapidement Café avec plus de trigonelline. La majeure partie de la Trigonéline est ensuite convertie en produits volatils tels que pyrrole et pyridine. Forme également de l'acide nicotinique, également connue sous le nom de Vitamine B3 ou PP ou niacine, au-dessus de 160°C, viala déméthylation de la Trigonéline. Traverser Perte de la fonction carboxylate pour former la N1-méthylpyridinium- (NMP). La Trigonéline se trouve également dans d'autres plantes telles que le fenugrec (*Trigonella foenumgraecum*), les pois, l'avoine ou les tomates.

Les acides chlorogéniques : Les acides chlorogéniques (ACG) contribuent à l'astringence, l'amertume et l'acidité du café. Ce sont des précurseurs de phénol et de catéchols qui se forment pendant la torréfaction et peut donner un goût désagréable au café. Plus la torréfaction est poussée, plus les ACG seront dégradés donnant un café moins acide, mais l'effet bénéfique des ACG sera également moindre.

Le cafestol et le kahweol : représentent presque 20% de la fraction lipidique du café. Le cafestol est moins sensible face à la chaleur, à la lumière, à l'oxygène et aux acides et est donc plus abondant que le kahweol.

Les fibres : Ce sont des polysaccharides de haut poids moléculaire. Ils jouent un rôle important dans la viscosité du café et dans la stabilité de la Crema dans l'expresso. Dans les grains de café, trois types de polysaccharides prédominent : La cellulose, L'arabinogalactane de type II et Le galactomannane.

Les autres constituants : ce sont

- Glucides : Les glucides sont la classe majoritaire dans le café vert (parfois plus de 50% de la MS), il y a des mono-, di-, oligo- et polysaccharides. Le saccharose est essentiel pour le goût du café, plus important dans *C. arabica*. Il est une des raisons de la qualité, de la saveur et de l'arôme supérieur de ce café.

- Les protéines, peptides et acides aminés libres : Ils contribuent également au goût et à l'odeur du café car participant aussi à la réaction de Maillard. Les mélanoidines ainsi formées, suite à condensation de sucres aldéhydiques et d'acides aminés, ont un léger pouvoir antioxydant. En tant que source de protéines le café n'est pas utilisable, ne contenant pas d'acides aminés essentiels

- Les minéraux : Le minéral principal du café est le potassium (40%), suivi du phosphore. Il y a environ encore 30 autres minéraux dont le sodium, le magnésium, le calcium et le soufre, mais aussi des traces de zinc, de strontium, de silicium, de manganèse, de fer, de cuivre, de baryum, de bore et d'aluminium

- Les lipides : La fraction lipidique du café n'est que très peu altérée par la torréfaction. Elle est constituée de triglycérides (75%), d'esters d'alcools di terpéniques et d'acides gras (18,5%), d'esters de stérols et d'acides gras (3,2%), de stérols (2,2%), d'alcools di terpéniques –cafestol et kahweol– (0,4%), de tocophérols et d'autres produits mineurs (0,7%). La majorité des acides gras sont non saturés et donc bons pour la santé. Le tocophérol ou vitamine E est un puissant antioxydant.(HALER, 2013)

4- Les vertus du café

Grâce à ses niveaux élevés d'antioxydants et de nutriments bénéfiques, le café semble être assez sain, surtout lorsqu'il est bu sans sucre et autres édulcorants.

De nombreuses études relatent du café et en font son éloge régulièrement dans les tribunes des médias - que ce soit pour ses effets préventifs contre certaines maladies (cancer, maladie d'Alzheimer, etc.) ou sa capacité à donner un coup de fouet à notre énergie.

Sans passer en revue tous les bienfaits d'une tasse de café, on remarque qu'une consommation régulière de café peut par exemple augmenter le niveau d'énergie et de vigilance en stimulant les fonctions cognitives. Ceci a pour principale conséquence d'aider les gens à moins ressentir les états de fatigue .

Effectivement, la caféine bloque un neurotransmetteur inhibiteur dans le cerveau, ce qui provoque un effet stimulant. Cela améliore les niveaux d'énergie, l'humeur et divers aspects de la fonction cérébrale.

De plus, cette substance stimule le système nerveux, signalant aux cellules adipeuses de décomposer les graisses corporelles. La caféine peut augmenter les niveaux d'adrénaline et libérer des acides gras des tissus adipeux. Cela conduit également à des améliorations significatives des performances physiques. Il n'est donc pas rare de retrouver la caféine parmi les ingrédients phares dans une boisson énergisante ou un supplément alimentaire. D'autre part, de nombreux nutriments contenus dans les grains de café se retrouvent dans le café infusé (le café noir classique).

On constate qu'une tasse de café contient des quantités non négligeables de riboflavine (vitamine B2), d'acide pantothénique (vitamine B5), de manganèse, de potassium, de magnésium, et de niacine (vitamine B3 ou PP).

Dans un régime alimentaire équilibré, le café permet de contribuer à l'apport quotidien nécessaire.

Enfin, le café peut aussi réduire le risque de diabète de type 2. Plusieurs études d'observation montrent que les buveurs de café ont un risque beaucoup plus faible de diabète de type 2 (Jimmy, 2021).

Partie expérimentale

Matériels et méthodes

Notre étude expérimentale a été réalisée au sein des laboratoires pédagogiques des analyses physicochimiques de la faculté de Technologie, université M'Hamed Bougara de Boumerdès.

L'objectif principal de cette étude est de caractériser et préparer une poudre alimentaire à partir de peaux de bananes et l'incorporer dans un café (*Arabica*). Différentes proportions sont alors testées (0-15%).

Le présent expérimental porte essentiellement sur :

- Une caractérisation physique et physicochimique des matières premières ;
- Essai d'incorporation de la poudre de peau de bananes dans une poudre de café ;
- Analyses sensorielles et physico-chimiques des produits finis.

1-Matériel végétal

1-1-La peau de banane

Les bananes étudiées sont de la variété *Cavendish*, elles sont achetées dans le marché local de Boumerdès dans la période de février-avril,2023 (figure1). Les peaux ou pelure de bananes obtenues sont nettoyées, découpées manuellement et séchées à l'air libre pendant environ 10 jours. Ensuite, la masse séchée est réduite à l'aide d'un broyeur à café à une taille comparable à celle de la poudre de café. La poudre de peaux de bananes(PB) ainsi obtenue a été conditionnée dans des boîtes en verre propres et stockée dans un endroit sec.

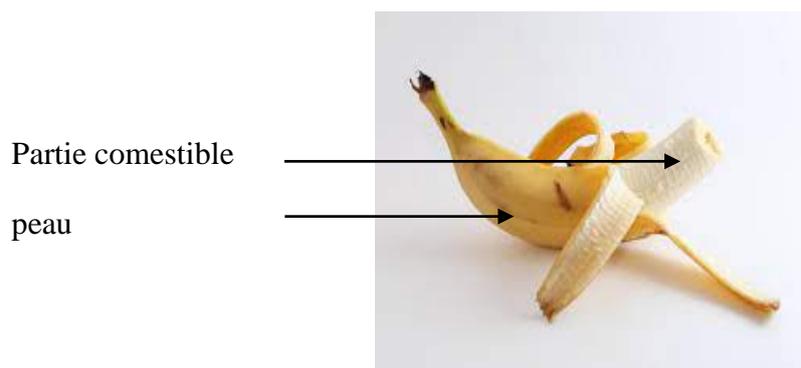


Figure 1 : Constituants essentiels de la banane.



Figure 2 : Poudre de peaux de bananes obtenue dans la présente étude.

La figure 3 récapitule les principes étapes de l'obtention de la poudre de peaux de bananes.

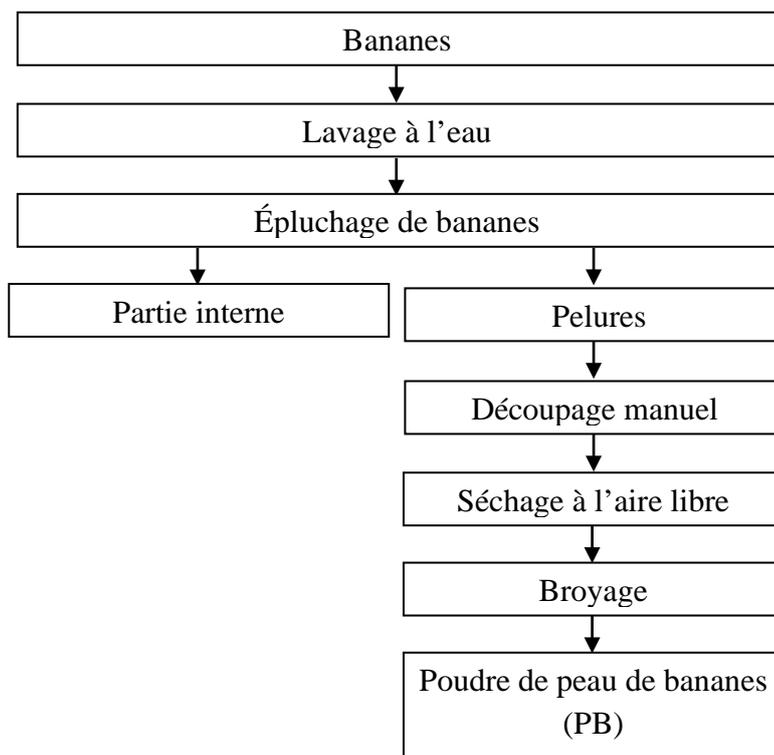


Figure 3 : Organigramme de préparation de la poudre de peaux de bananes.

1-2-2- Les graines de café

Les graines de café (*Arabica*) ont été achetées aussi dans le marché local de Boumerdès dans la même période de février- avril, 2023 (Figure 4). Les graines de café ont subi un broyage mécanique à l'aide d'un broyeur à café. La poudre de café (PC) ainsi obtenue est

conditionnée dans des boîtes propres en verre et stockée dans un endroit sec. Il faut souligner que les grains de café ont été réduites à une taille semblable à celle de PB (Figure 4).



Figure 4 : Grains (A) et poudre (B) de café utilisé dans notre étude.

2-Caractérisation physique des poudres

Les deux poudres PB et PC ont été également caractérisées sur le plan physique en déterminant les paramètres suivants :

- Masse volumique réelle ;
- Masse volumique apparente ;
- Porosité ;
- Indice d'écoulement ;
- Indice de mouillabilité.

Les méthodes concernant la détermination des propriétés physiques se réfèrent aux protocoles proposés par Schuck et al., (2012).

2-1- Masses volumiques et porosités

La masse volumique apparente (ρ_a) d'un produit est la masse du volume (ml) de celui-ci considéré en l'état, en l'absence du tassement et sans considération du volume occupé par le produit. Elle s'exprime par conséquent en g/ml.

La masse volumique tassée ou réelle (ρ_r) d'une poudre est la valeur de la masse obtenue après tassement, en est exprimée en g/ml.

Principe

Quelle que soit la masse volumique à mesurer, le principe de l'analyse consiste à mesurer la masse de poudre dans un volume donné sous différentes conditions, sans tassement pour " ρ_a ", avec tassement préalablement définis pour " ρ_r ".

Mode opératoire

Avec une balance analytique, tarer le poids d'un cylindre gradué dont on connaît le volume (V_1) de 10 ml et le remplir à ras bord avec la poudre.

- Relever à l'aide de la balance la masse en g de la poudre (m), indiquant la masse spécifique apparente.
- Racler la poudre jusqu'à ce qu'elle soit à niveau avec le bord supérieur du cylindre, puis à l'aide d'un objet approprié, effectuer un tassement (suffisant) sur la même masse (m).
- Relever le volume correspondant à l'après-tassement. (V_2)
- Les masses volumiques sont exprimées comme suite :
- Masse volumique apparente (ρ_a).

$$\rho_a = m / V_1 \quad (1)$$

Où:

ρ_a : est la masse volumique apparente (g/ml);

m : est la masse (g) de la poudre;

V_1 est le volume (ml) du cylindre utilisé.

La masse volumique réelle (ρ_r)

$$\rho_r = m / V_2 \quad (2)$$

Où :

ρ_r : est la masse volumique réelle (g/ml);

V_2 est le volume (ml) du cylindre utilisé.

Porosité

La porosité (P) est déduite à partir de la relation suivante.

$$P = [(\rho_r - \rho_a) / \rho_r] \times 100 \quad (3)$$

2-2- Détermination de l'indice d'écoulement (angle de repos)

Le produit s'écoule par un entonnoir et tombe sur une Platform d'une hauteur déterminée où il s'accumule en un tas de forme conique. L'angle de talus (ou angle de repos) est l'angle compris entre l'horizontale et le sommet du tas.

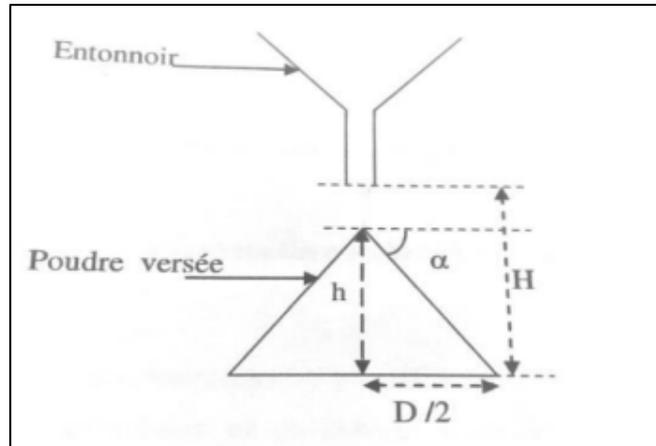


Figure 5: Principe de la détermination de l'angle de repos (H : hauteur de l'entonnoir par rapport au Platform ; D : diamètre de l'icône).

L'angle de repos (α) est déterminé à partir de la tangente ($\text{tg } \alpha$) selon la formule suivante :

$$\text{tg } \alpha = 2h/D \quad (4)$$

Où

h : hauteur de poudre versé (cm) ;

D : diamètre de l'icône (cm) ;

2-3-Détermination d'indice de mouillabilité

L'indice de mouillabilité est exprimé par le temps, en seconde, nécessaire à une quantité de poudre donnée pour pénétrer dans l'eau à travers sa surface libre au repos.

Principe

L'indice de mouillabilité est mesuré à partir des résultats obtenus lors de la réhydratation de la poudre sans agitation.

Mode opératoire

- Verser 10 ml d'eau distillée à 20°C dans un bécher et approprié, placer l'entonnoir de façon qu'il appuie sur le bord supérieur du bécher.

- Placer le pilon à l'intérieur de l'entonnoir de façon qu'il bloque son ouverture et placer autour du pilon la quantité de poudre pesée (1g).
- Soulever le pilon et mettre en marche le chronomètre et arrêter le chronomètre quand toute la poudre a été mouillée.

3-Caractérisation physicochimique

Les matières végétales (peaux fraîches, PB, PC) ont été caractérisées sur le plan physicochimique en déterminant les paramètres suivants :

- Teneur en eau ;
- pH ;
- Acidité titrable ;
- Teneur en cendres ;
- Teneur en minéraux ;
- Teneur en polyphénols totaux ;
- Aptitude à l'extraction de matière sèche.

3-1-Détermination de la teneur en eau (NF V 03-903)

Le test de l'humidité est réalisé dans le but d'estimer la teneur en eau de l'échantillon et de ses matières sèches.

Principe

La teneur en eau est déterminée sur une partie aliquote de 5 g d'échantillon broyé et étalé dans une capsule en porcelaine puis séché dans une étuve réglée à une température de 103 ± 2 °C, jusqu'à obtention d'un poids constant.

Mode opératoire

La détermination de la teneur en eau se fait de la manière suivante :

- Sécher des capsules en aluminium vides à l'étuve durant 15 mn à 103 ± 2 °C ;
- Peser les capsules vides ;
- Tarer les capsules ;
- Peser dans chaque capsule 5 g de l'échantillon, et les placer dans l'étuve ;
- Retirer les capsules de l'étuve, les placer dans un dessiccateur, après refroidissement, l'opération est répétée chaque 30 min jusqu'à l'obtention d'un poids constants.

Expression des résultats

La teneur en eau a été déterminée selon la formule suivante :

$$H \% = [1-(P_1-P_0) / M] \times 100 \quad (5)$$

Où :

H(%) : teneur en g/100 g de mh ;

P₀ : masse de la capsule ;

P₁ : masse de la capsule + la matière après séchage en g ;

M : masse de la prise d'essai en g.

3-2-Mesure de pH (AFNOR 36-16)**Principe**

La détermination du pH par la méthode potentiométrique a été réalisée à l'aide d'un pH mètre (Adwa).

Mode opératoire

- Pour chaque échantillon broyé une masse de 5g est placée dans un bécher contenant 25ml d'eau distillée chaud récemment bouillie et refroidie ;
- Agité le mélange jusqu'à obtenir un liquide homogène ;
- Étalonner le pH mètre en utilisant des solutions tampon ;
- Prélever un volume suffisant de l'échantillon pour permettre l'immersion de l'électrode ;
- Noter ensuite la valeur de pH.

3-3-Détermination de l'acidité titrable (NF V 05-101 du janvier 1974)**Principe**

Le principe est basé sur le titrage de l'acidité d'une solution aqueuse d'échantillon avec une solution d'hydroxyde de sodium en présence de quelques gouttes de phénophtaléine comme indicateur coloré

Mode opératoire

- Peser 5 g de l'échantillon ;

- Placer l'échantillon dans une fiole conique, puis ajoutez 20ml d'eau distillée récrément bouillie et refroidie et mélanger jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène ;
- Adapter la fiole conique à un réfrigérant à reflux et chauffer dans un bain marie pendant 1 heure à une température de 70°C ;
- Refroidir, transvaser quantitativement le contenu de la fiole conique dans une fiole jaugée de 50 ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec l'eau distillée. Bien mélanger puis filtrer ;
- Prélever 10 ml du filtrat dans 10 ml d'eau distillé bouillie et refroidie ;
- Ajouter trois gouttes de phénolphaléine, En agitant, titrer avec de la solution d'hydroxyde de sodium 0,1 N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistant pendant 30 secondes.

Expression des résultats

Exprimé en g d'équivalents de NaOH/100g de matière, l'acidité titrable est calculée par la formule suivante :

$$A = (25 \times V_1 \times 100) / (10 \times M \times V_0) \quad (6)$$

Où :

M : masse de la prise d'essai en gramme ;

V₀ : volume en ml de la prise d'essai ;

V₁ : volume en ml de la solution NaOH à 0,1 N.

3-4-Détermination de la teneur en cendres (NF V 05-113, 1972)

Principe

Chaque échantillon est calciné à température de 550°C dans un four à moufle jusqu'à l'obtention des cendres blanchâtres de poids constant.

Mode opératoire

- Dans des creusets en porcelaine, peser 5 g de l'échantillon ;
- Placer les creusets dans un four à moufle maintenues à une température de 550°C pendant 4 heures. La température est augmentée progressivement de manière à éviter une calcination violente de produit ce qui entrainerait des pertes de la matière.
- Retirer les creusets du four et les mettre à refroidir dans le dessiccateur, puis les peser.

Expression des résultats

La teneur en cendres est calculée selon la formule suivante :

$$Cn\% = [(M_2 - M_1) / M] \times 100 \quad (7)$$

Où :

Cn: teneur en cendres en g ;

M₁ : masse de la capsule vide en g ;

M₂ : masse de l'ensemble (capsule+cendres) en g ;

M : masse de la prise d'essai en g.

$$Mo (\%) = 100 - Cn\% \quad (8)$$

Où :

Mo : matières organiques.

3-5-Teneur en minéraux

La minéralisation est la mise en solution des éléments minéraux.

Mode opératoire

- les cendres précédemment, sont dissoutes avec 1 ml d'HCL concentré ;
- Après une dissociation complète 10ml d'eau sont ajoutés ;
- le contenu est transvasé quantitativement dans une fiole de 50 ml pour être complété au trait avec de l'eau distillée ;
- un volume approprié a été prélevé pour déterminer la concentration en minéraux à l'aide d'un spectrophotomètre de flamme T60.

3-6-Teneur en polyphénols totaux

3-6-1-Extraction des polyphénols

La figure 6 montre les principales étapes d'extraction des composés phénoliques.

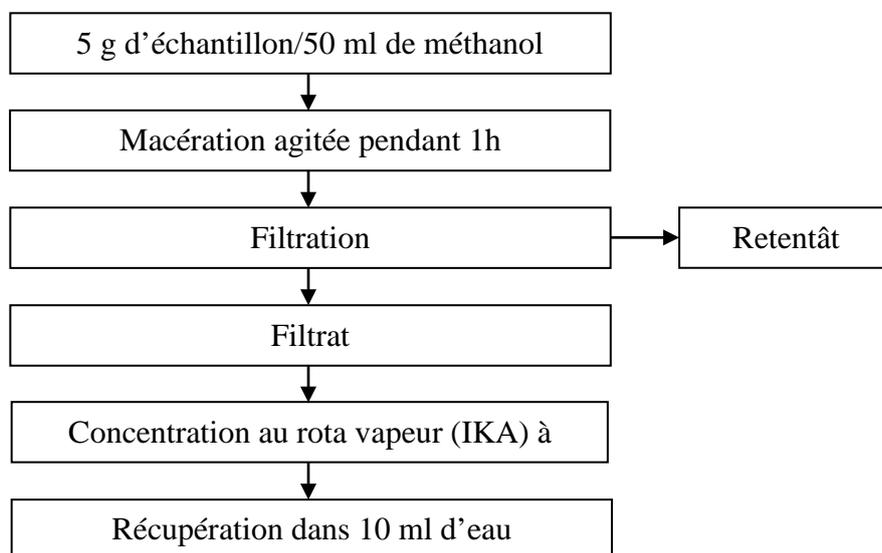


Figure 6 : Principales étapes d'extraction des polyphénols.

3-6-2-Détermination de la teneur en poly phénols totaux

Le dosage des poly phénols totaux est réalisé par la méthode décrite dans la littérature avec quelques modifications mineures. Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent d'acide gallique (mg EAG) par 100 g de matières humide.

a) Préparation de la gamme d'étalonnage

La courbe d'étalonnage a été tracée par une série de dilutions effectuées à partir d'une solution de l'acide gallique dont la concentration initiale a été 1 mg/ml (Tableau 1).

Tableau 1 : Préparation de la dilution de l'acide gallique (AG).

Tube	1	2	3	4	5	6
H ₂ O (ml)	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0
AG (ml)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
[AG] (mg /ml)	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1

b) Dosage des composés phénoliques

- Prélever 1 ml de chaque dilution dans des tubes à essais ;
- Ajouter 1ml du réactif de Folin-ciocalfeu dilué à 1/10 ;
- Après 3 mn, ajouter 1 ml de carbonate de sodium à 10% ;
- Incuber pendant une 1 heure à la température ambiante et à l'abri de la lumière. La lecture des absorbances est faite à 750 nm.

Le blanc est représenté par 1 ml d'eau distillée additionné de 1 ml de Folin-ciocalfeu et 1ml de carbonate de sodium à 10%. La concentration en composés phénoliques totaux est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage préparée comme indiquée au tableau 1.

3-7- Aptitude à l'extraction de matière sèche

Étant utilisée en mélange avec la poudre PC, l'objectif de cette analyse est d'évaluer l'aptitude d'extraction des matières solubles à partir de la poudre PB et la comparer à celle de la poudre PC.

Le café rappelons-nous, est employé spécifiquement par préparation d'extrait aqueux dont le but visé est la libération (dans un milieu aqueux) des matières solubles telle que la caféine.

Étant préparés dans des solutions aqueuses, le °Brix a été utilisé pour exprimer le taux en matières solubles (ms).

Mode d'extraction des matières solubles (ms)

Dans l'évaluation de l'aptitude d'extraction des ms, une masse de 10 g de chaque poudre a été placée dans un bécher et ajoutée de 50 ml d'eau.

Après homogénéation, le mélange est porté sur une plaque chauffante réglée à 100°C environ (sturat) et maintenu sous agitation pendant 30 min.

Le mélange est ensuite centrifugé SiGmA 2-16PK à 3000 tr/min pendant 10 min. Le surnageant ou l'extrait (E1) est récupéré et maintenu au froid ; le solide correspondant est maintenu pour subir la même opération d'extraction en ajoutant le même volume d'eau ; le surnageant ou l'extrait (E2) est ainsi obtenu par centrifugation. L'opération d'extraction est reprise plusieurs fois jusqu'à épuisement des poudres et les extraits E3, E4 sont ainsi obtenus.

Pour chaque extrait le °Brix est déterminé au moyen d'un refractomètre (Bellingham+ Stanley Limited (BS)).

4-Mode d'enrichissement du café par incorporation de la poudre de peau de banane

Dans cette partie nous avons essayé de faire une formulation alimentaire basée sur l'incorporation de la poudre de peaux de bananes dans un café.

Pour accéder à la formulation nous avons proposé différentes proportions aléatoires de PB. Les formulations enrichies ont été comparées à un témoin (F0) préparé dans les mêmes conditions d'élaboration. Le tableau 2 présente les différentes proportions de PB incorporées dans la masse du café. La masse totale du mélange (PC plus PB) est fixée à 20 g.

Tableau 2 : Les différentes proportions en PB (% pour 20 g de mélange) incorporées dans le café.

Proportion en PB (%)	0	1	3	5	7	10	15
PB (g)	0	0,2	0,6	1	1,4	2	3
Café (g)	20	19,8	19,4	19	18,6	18	17
Mélange (%)	100	100	100	100	100	100	100
Formulations	F0	F1	F3	F5	F7	F10	F15

Les produits élaborés ont été analysés sur les deux plans physicochimique et sensoriel. Pour l'extraction du principe actif, une cafetière (Presse italienne) a été utilisée. La masse prise étant toujours environ 20 g de mélange. Une plaque chauffante (Stuart) réglée à 100 °C a été employée pour la préparation des différentes formulations.

4-1-Analyse de produit fini

4-1-1-Analyse sensorielles

L'analyse sensorielle consiste à évaluer les propriétés organoleptiques des produits et par conséquent son acceptabilité par le consommateur.

Un test hédonique de 9 niveaux tableau 3 a été procédé. Les formulations ont été évaluées en tenant en compte de deux paramètres sensoriels : goût et couleur.

Tableau 3 : Catégories d'appréciation de différentes formulations élaborées

Catégorie	Note
Extrêmement désagréable	1
Très désagréable	2
Désagréable	3
Assez désagréable	4
Ni désagréable ni agréable	5
Assez agréable	6
Agréable	7
Très agréable	8
Extrêmement agréable	9

Un jury de dégustation composé de dix dégustateurs amateurs (20 à 46 ans) a été recruté. Les échantillons codés avec des chiffres de trois valeurs sont placés des conteneurs identiques. Les contenants sont présentés simultanément à chaque dégustateur. La notation a été effectuée en utilisant un bulletin d'évaluation préparée préalablement (figure 7).

FICHE DU TEST HEDONIQUE						
Veuillez évaluer chaque échantillon en donnant une note de 1 à 9						
NOM :			AGE :			
<u>Gôût</u>						
111	121	132	213	231	222	312
<u>Couleur</u>						
111	121	132	213	231	222	312

Figure 7 : Bulletin du test hédonique.

4-1-2- Analyse de la variance

La signification entre les résultats de l'analyse hédonique a été estimée par l'anova, en utilisant le logiciel Minitab 16.

Les formulations ayant des propriétés sensorielles comparables au témoin ont été maintenues pour être analysées sur les plans physique et physicochimique.

4-1-3-Analyses physique du café enrichi

Pour caractériser le café enrichi sur le plan physique en analysant les mêmes paramètres physiques décrits au paragraphe. **(2-Characterisation physique des poudres)**

4-1-4-Analyses physico-chimique du café enrichi

Pour caractériser le café enrichi sur le plan physicochimique, différents paramètres ont été analysés en utilisant les mêmes protocoles cités précédemment au paragraphe. **(3-Characterisation physicochimique)**

- Teneur en eau ;
- pH ;
- Acidité titrable ;
- Teneur en cendre ;
- Teneur en minéraux ;
- Teneur en polyphénols totaux.

4-1-5-Analyse statistique

Les analyses statistiques des données ont été effectuées par le biais du logiciel Excel 2010. Les résultats sont présentés comme étant la moyenne d'au moins trois répétitions.

Résultats et discussions

1-Caractérisation physique des poudres

1-1-Masses volumiques et porosité

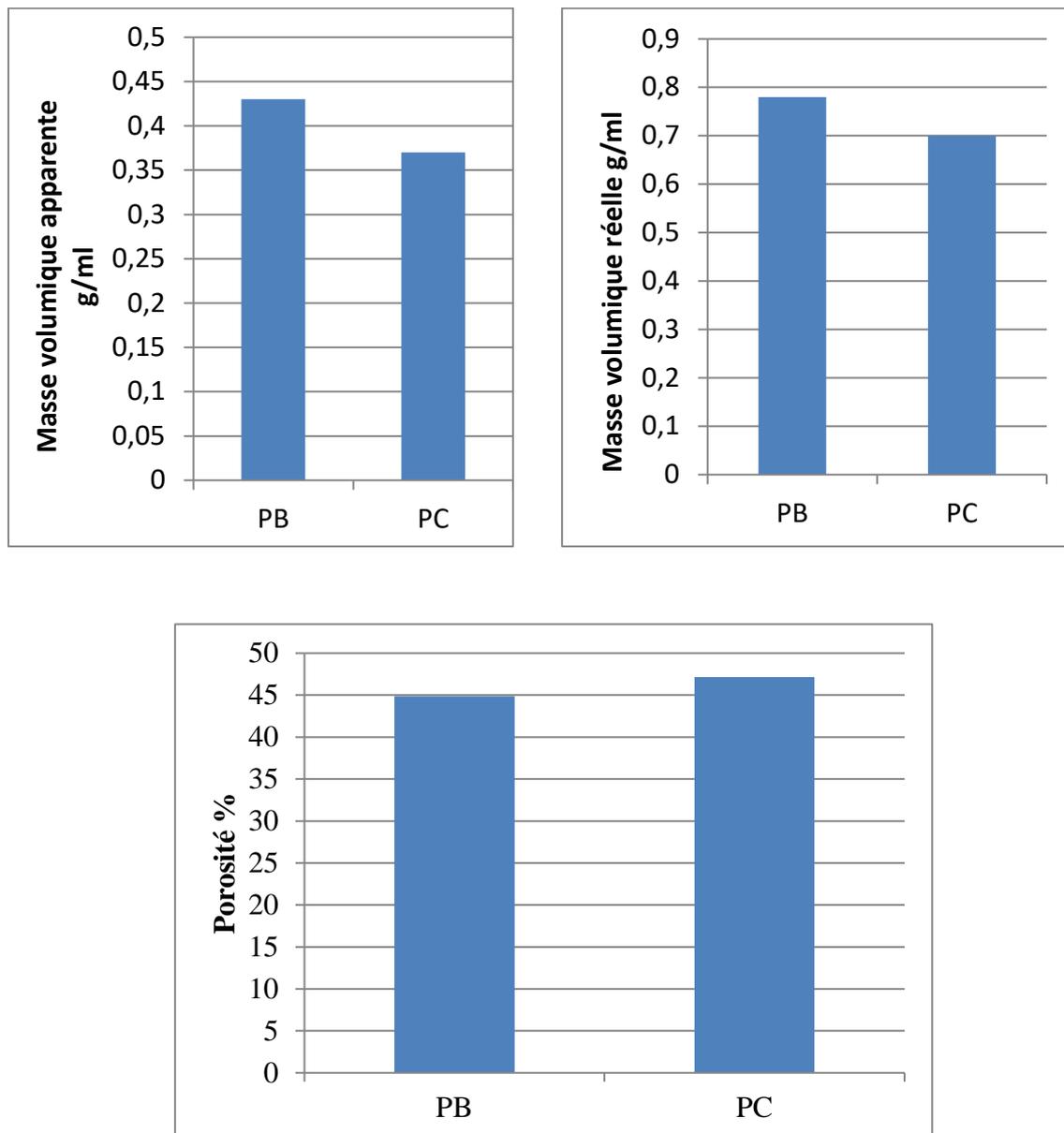


Figure 1: Masse volumique et porosité des poudres (PB : poudre de peaux de bananes, PC : poudre de café).

La poudre de bananes analysée dans notre étude est caractérisée par une densité apparente proche de 0,43 g/ml et une densité réelle de 0,78 g/ml ce qui induit ainsi un taux d'environ 44,77% de pores entre-particulaires et qui explique que lors de l'entreposage de la poudre 44,7% de sa masse apparente est sous forme de vide formée entre les particules. La densité

apparente et la porosité sont affectées principalement par la taille et la forme des particules d'une masse quand elle est réduite en particules de petite taille.

L'analyse de la poudre de café a montré des valeurs comparables à celle donnée par le PB.

1-2-Détermination de l'indice d'écoulement (angle de repos)

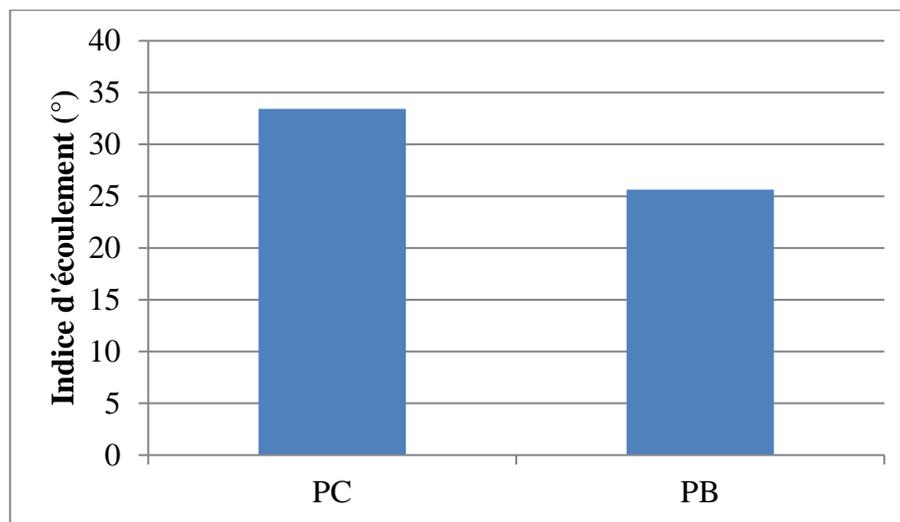


Figure 2: Indice d'écoulement des poudres (PB : poudre de peaux de bananes, PC : poudre de café).

La poudre de peaux de bananes et la poudre de café sont caractérisées par un indice d'écoulement exprimé en $25,64^{\circ}$ et $33,43^{\circ}$ respectivement.

L'angle formé par les poudres lors de l'écoulement indique directement la fluidité potentielle de celle-ci : plus l'angle d'un produit est faible, plus le produit est fluide et plus l'indice de fluidité est élevé et vice versa. De ce fait, la PB est plus fluide que la PC.

1-3-Détermination l'indice de mouillabilité

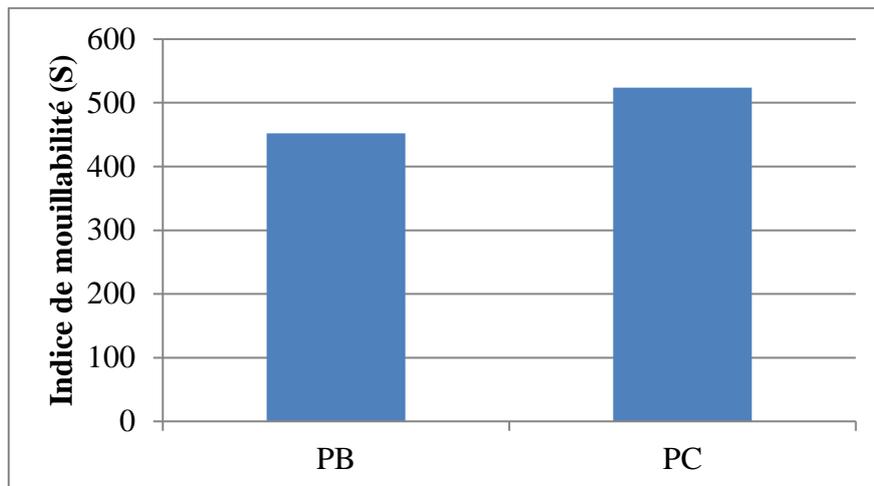


Figure 3 : Indice de mouillabilité de poudre de peaux de bananes et de poudre de café (PB : poudre de peaux de bananes, PC : poudre de café).

L'indice de mouillabilité (IM) est le temps, en seconds, nécessaire pour atteindre le mouillage complet d'un échantillon.

Les poudres analysées dans cette étude ont des indices de mouillabilité de 452 s pour la poudre de bananes et 524 s pour la poudre de café.

Selon **Schuck et al (2012)**, différentes classes peuvent être distinguées selon la valeur de IM :

IM < 30 s : Poudre est très mouillable ;

IM < 60 s : Poudre est mouillable ;

IM < 120 s : mouillabilité possible ;

IM > 120 s : Poudre non mouillable.

De ce fait, nos poudres ne sont pas mouillables étant donné que les valeurs d'IM sont largement supérieures à la limite 120 s.

Ceci peut être attribué à leur matrice de construction différente de celle de la poudre de lait, rappelons que cette classification est tenue pour la poudre de lait, prise comme référence.

2- Caractérisation physicochimique des matières végétales

2-1- Détermination de la teneur en eau

La figure 4 illustre la teneur en eau de la peau de bananes fraîche (MF) ; de la poudre PB et de la poudre PC.

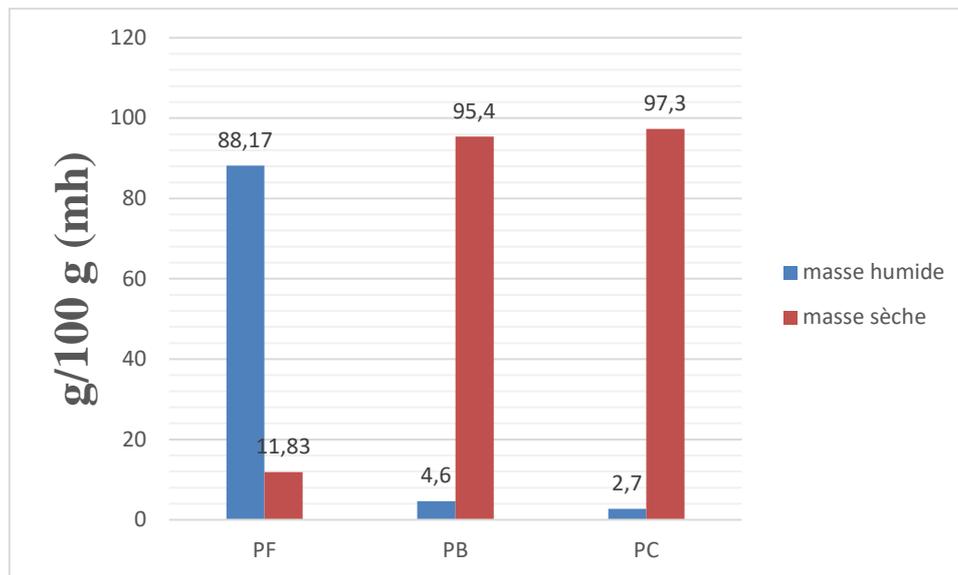


Figure 4 : Teneur en eau des matières premières analysées (PF : peaux de bananes fraîches ; PB : poudre de peaux de bananes, PC : poudre de café).

La teneur en eau, est la quantité d'eau contenue dans un échantillon de matériau.

D'après la figure 4, L'analyse de la teneur en eau montre un taux estimé à 4,6% pour la poudre PB et 88,17% pour la peau fraîche. Cela indique que le séchage a permis de réduire 19 fois la valeur initiale de l'humidité de la masse fraîche.

D'autre part, la valeur trouvée dans la présente étude est comparable à celle communiqué par **Bouakkine (2015)**.

La valeur du taux humide de poudre de café doit être inférieure à 12,5%, selon le décret exécutif n° 17-99 du 29 Joumada El Oula 1438 correspondant au 26 février 2017 fixant les caractéristiques du café ainsi que les conditions et les modalités de sa mise à la consommation en Algérie. De ce fait, notre café conforme aux exigences de normalisations.

2-2-Mesure de pH

Le pH est un paramètre servant à définir la nature de nos échantillons, s'ils sont acides ou peu acides. Les valeurs du pH de différents échantillons sont présentées dans la figure 19 :

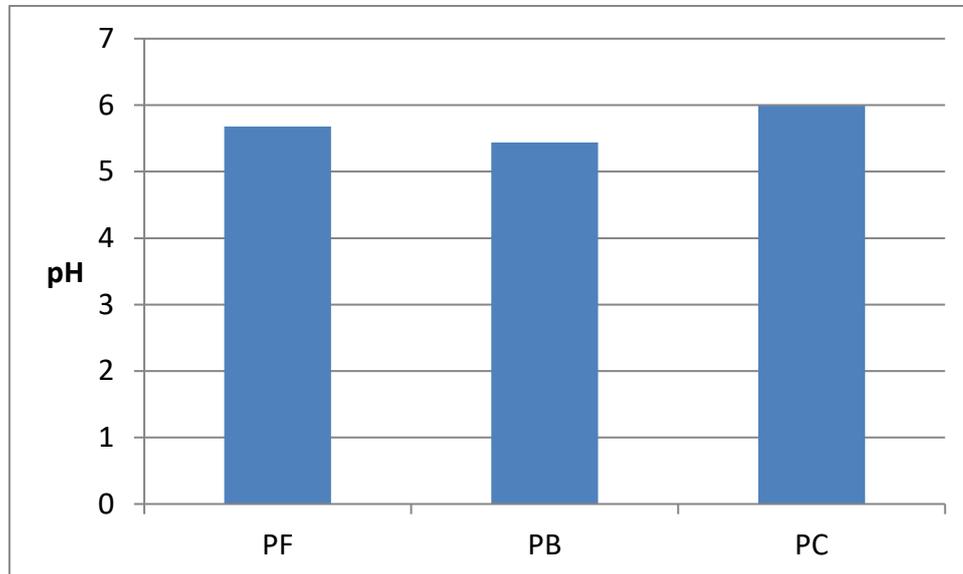


Figure 5 : pH des matières végétales analysées (PF : peaux de bananes fraîches ; PB : poudre de peaux de banane, PC : poudre de café).

Les résultats obtenus montrent que les échantillons analysés présentent des valeurs comparables pH environ 6 ; traduisant ainsi une nature peu acide des matières.

De ce fait, le séchage des peaux de bananes n'a pas d'impact significatif sur l'acidité potentiel de la peau.

Des valeurs semblables de pH sont également communiquées par **Bouakkine (2015)**.

2-3-Détermination de l'acidité titrable

La figure 6 illustre l'acidité titrable de la peau de bananes fraîche (MF); de la poudre PB et de la poudre PC.

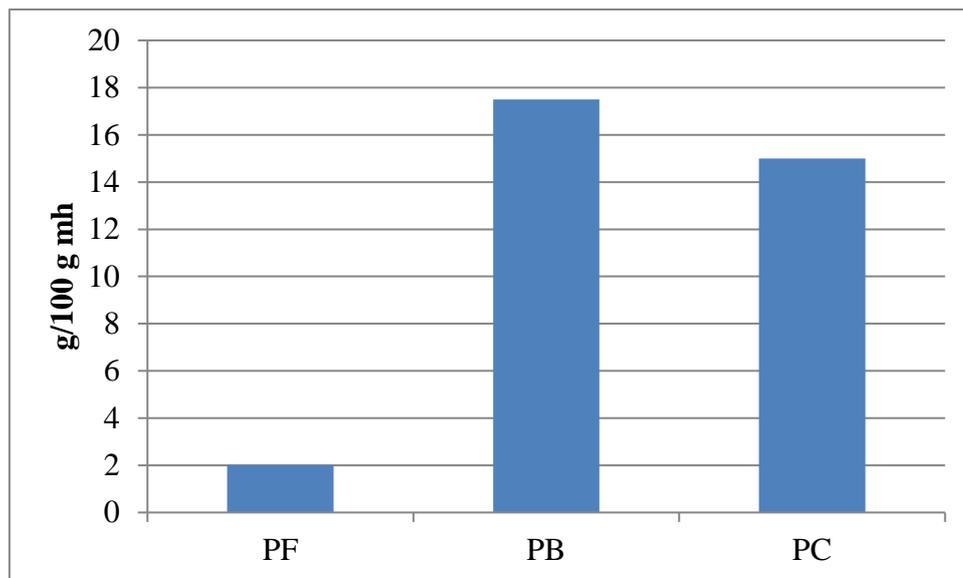


Figure 6 : Acidité des matières végétales analysées (PF : peaux de bananes fraiche ; PB : poudre de peaux de bananes, PC : poudre de café).

Le test d'acidité d'aliment et la détermination de la teneur en acide pour la transformation des produits agroalimentaires.

D'après la figure 6, une différence nette est observée entre les valeurs avant (PF) et après (PB) séchage. Il faut noter que les poudres analysées constituent une source intéressante d'acides organiques (15 – 17,5%).

L'augmentation de l'acidité potentielle dans les poudres est le résultat de la réduction de la teneur en eau lors du séchage de la matière conduisant ainsi à une significative concentration dans les substances à caractères acides.

2-4-Détermination de la teneur en cendres

Les valeurs trouvées dans cette étude sont illustrées par la figure 7.

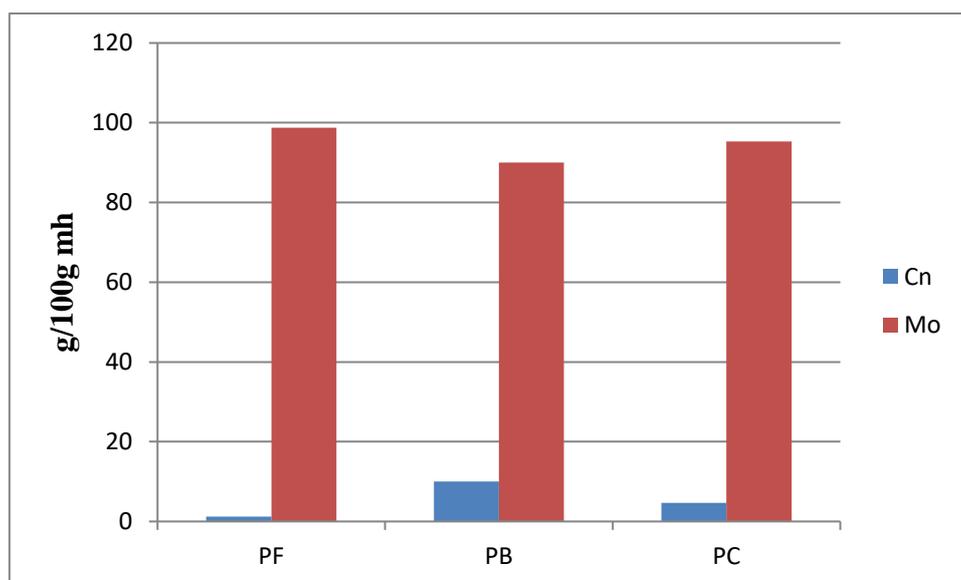


Figure 7 : Teneurs en cendres (Cn) et en matières organiques (MO) des matières analysées (PF : peaux de bananes fraîches ; PB : poudre de peaux de bananes, PC : poudre de café).

Les valeurs du taux de cendres varient entre 10% pour la poudre de peaux de bananes, 4,7% pour la poudre de café et 1,25% pour la peau fraîche.

La poudre de peau de bananes analysée dans la présente étude se caractérise par un taux de cendres voisinant le 10%, valeur légèrement inférieur à celui communiqué par **Fatoumata (2012)** relatif à la même espèce.

La valeur de la teneur en cendres obtenue pour la poudre de café est 4,7% ce qui est inférieure à la teneur en cendres 6% mentionnée dans le décret exécutif n° 17-99 du 29 Jomada El Oula 1438 correspondant au 26 février 2017 fixant les caractéristiques du café ainsi que les conditions et les modalités de sa mise à la consommation en Algérie.

Tableau 1 : Teneurs en éléments minéraux des trois échantillons analysés.

Eléments minéraux	Na (mg/kg)	K (mg/kg)
MF	0,12	4,51
PB	0,015	7,88
PC	0,11	4,04

2-5-Détermination de la teneur en polyphénols totaux

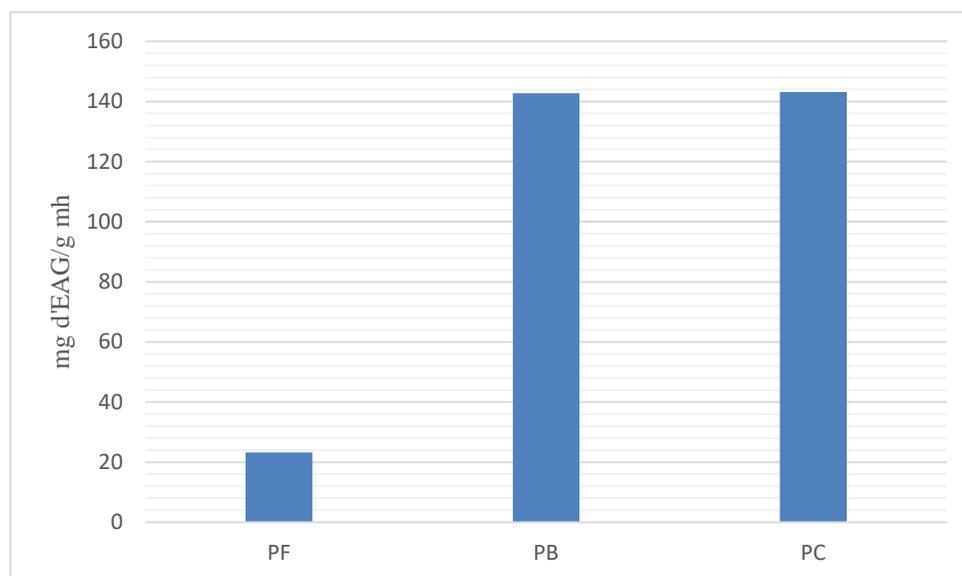


Figure 8 : Teneur en polyphénol des matières végétales analysées (PF : peaux de bananes fraîches ; PB : poudre de peaux de bananes, PC : poudre de café).

D'après les résultats, On remarque que la transformation des pelures en poudre a entraîné une augmentation dans les composés phénoliques de plus de 6 fois leur quantité dans la masse fraîche. L'élévation des composés phénoliques est une conséquence de l'enlèvement d'eau par séchage de la matière fraîche lors de la préparation de la poudre.

2-6- Aptitude à l'extraction de matière sèche

Figure 9 illustre les taux de matière soluble de deux poudre PB et PC

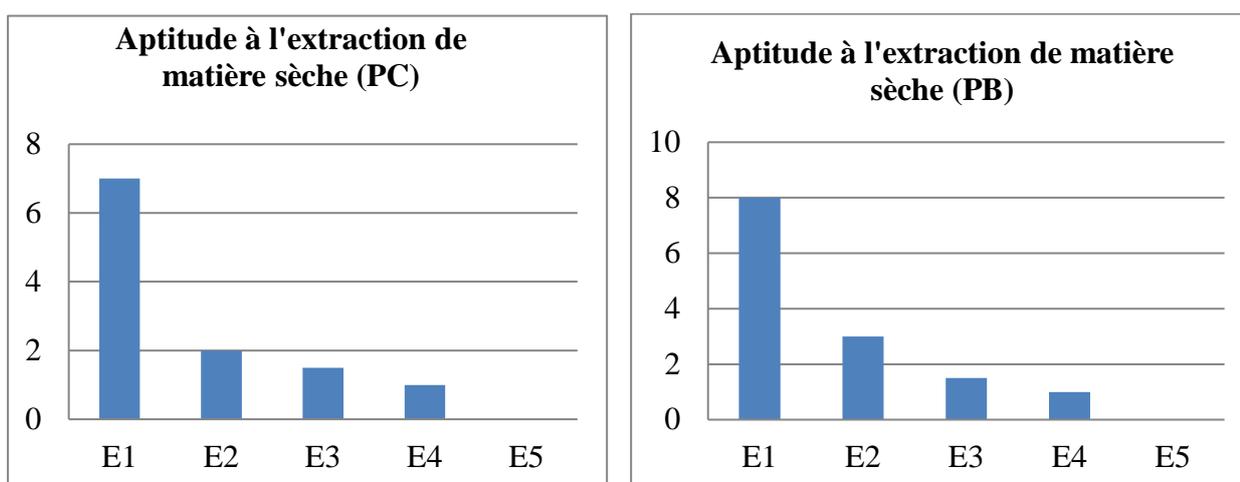


Figure 9 : Taux de matières solubles (E : extrait aqueux).

Comme le montre la figure 9, les deux poudres présentent des valeurs semblables auprès de la libération des matières solubles dans un milieu aqueux :

Les deux matières sont épuisées après 4 extractions, dans lesquelles le taux de matières solubles est réduit de 8 et 7 % à environ 0% pour la PC et PB respectivement.

Comme conclusion, la poudre PB possède une aptitude de libération des matières solubles comparables à celle de la PC ; de ce fait, les matières solubles contenues dans la peau de bananes subissent des effets comparables à celle du café lors la préparation du café notamment par le mode traditionnel.

3-Analyse du produit fini

Nous rappelons que les différentes formulations de café ont subi dans un premier temps une analyse hédonique pour évaluer l'acceptabilité du café enrichi. Les formulations acceptées ont été retenues pour caractériser sur les plans physique et physicochimique.

3- 1-Analyse sensorielles

Les résultats concernant la notation du degré d'appréciation donnée par le panel d'évaluation des différentes formulations sont regroupés dans les tableaux 2 et 3.

Pour le **café** enrichi, la valeur maximale donnée par le jury était selon ce qui suit :

Goût : 9 pour le témoin F0 ,8 pour les formulations F1, F3 et F7 et note 7 pour les autres formulations.

Couleur : Toutes les formulations ont reçu la note 8 comme valeur maximale.

Rappelons que le café sans enrichissement (F0) a été pris comme témoin.

Tableau 2 : Évaluation du goût des cafés préparés.

Sujet	Note						
	F0	F1	F3	F5	F7	F10	F15
1	9	8	7	6	8	7	7
2	3	8	5	4	6	7	3
3	9	4	3	2	4	3	2
4	2	8	4	5	6	7	2
5	9	8	6	7	8	7	6
6	9	8	8	5	8	6	7
7	5	8	6	7	8	4	7
8	6	7	6	3	4	6	7
9	9	8	7	6	8	7	7
10	3	8	5	4	6	7	3

Tableau 3 : Évaluation de la couleur des cafés préparés.

Sujet	Note						
	F0	F1	F3	F5	F7	F10	F15
1	8	8	6	7	7	7	7
2	3	8	5	5	5	6	7
3	8	8	8	2	4	8	8
4	2	8	4	4	5	6	6
5	6	7	5	8	8	6	6
6	8	7	6	6	7	7	7
7	4	8	5	7	8	4	5
8	7	7	7	5	6	7	5
9	5	6	6	4	6	5	4
10	5	3	3	6	4	4	4

Pour mettre en exergue la catégorie d'appréciation de chaque formulation préparée, la notation moyenne a été représentée sous forme d'histogrammes comme l'illustre la figure 10.

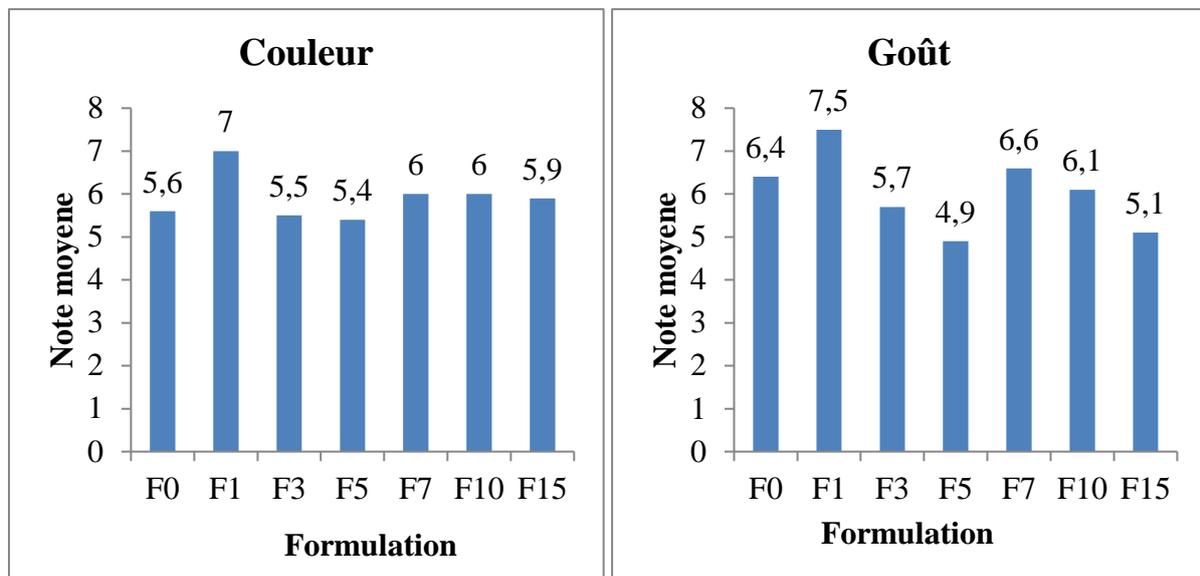


Figure 10 : Effet de la poudre sur les propriétés sensorielles de café préparés.

Basé sur cette représentation, il est clair de constater que les formulations ont des degrés d'appréciations convergentes.

3-2- Analyse de la variance

Selon l'anova (Test de Tuckey, $p= 0,05$) toutes les formulations sont appréciés du même degré d'appréciation et par conséquent aucune différence significatives n'a été signalée.

De ce fait, l'ajout de PB n'a pas d'impact significatif sur le gout et la couleur du café enrichi.

Sur la base de ces données, nous avons choisir deux formulations (F10 et F15) ayant les proportions les plus élevés pour être caractérisés sur les plans physique et physicochimique.

3-3-Analyses physiques du café enrichi

3-3-1-Masses volumiques et porosité des poudres de café

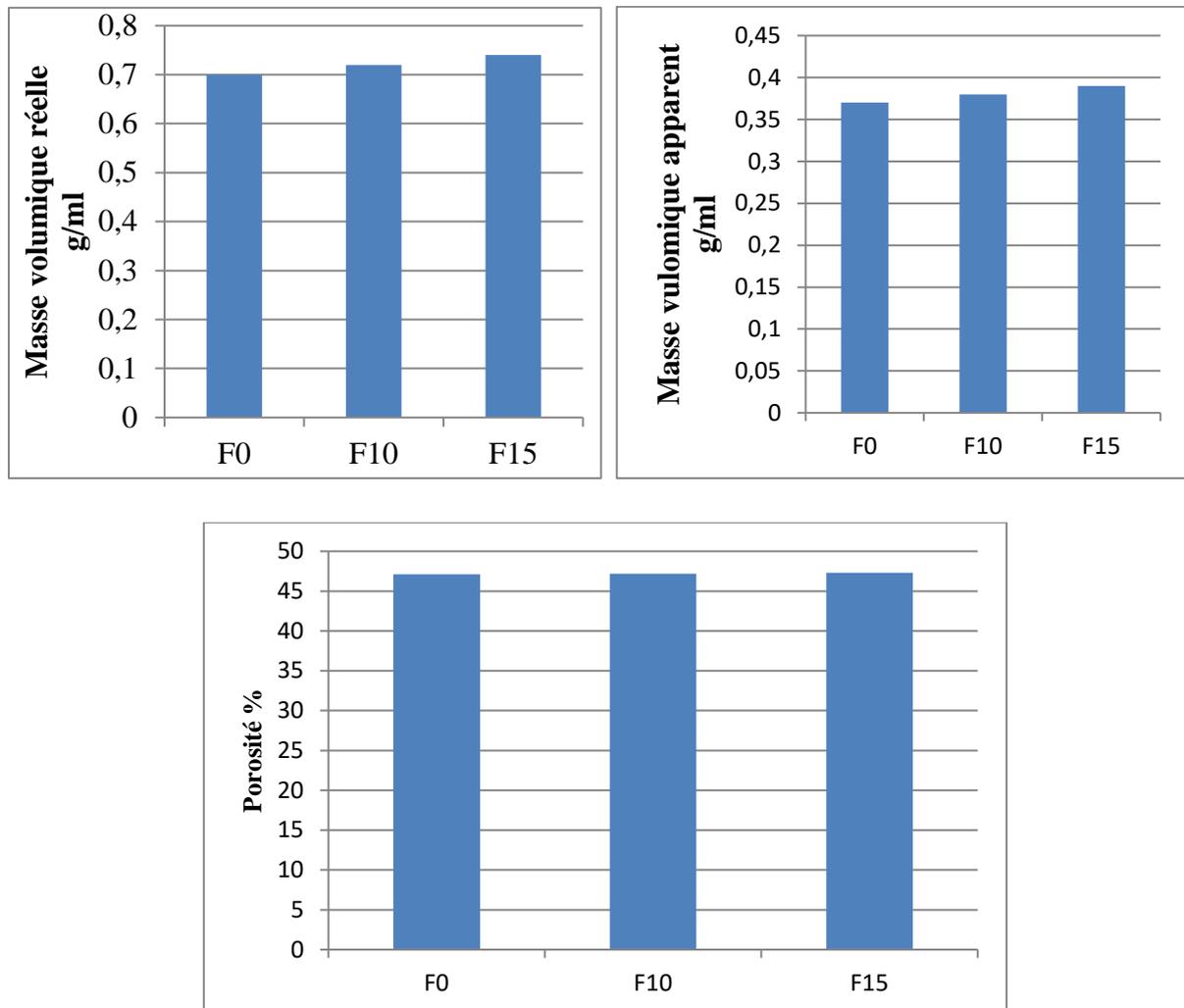


Figure11 : Masse volumique et porosité du café préparé (F0 : café à 0 % de poudre PB, F10 : café à 10% de PB, F15 : café à 15% de PB).

D'après la figure 11, l'ajoute de poudre PB au café, a induit une légère augmentation dans la masse volumique et par conséquent dans le pourcentage de la viole entre particules qui est exprimé en porosité.

Cela peut être attribué aux valeurs un peu plus élevées de masse volumiques de la poudre PB.

3-3-2-Détermination de l'indice d'écoulement (angle de repos)

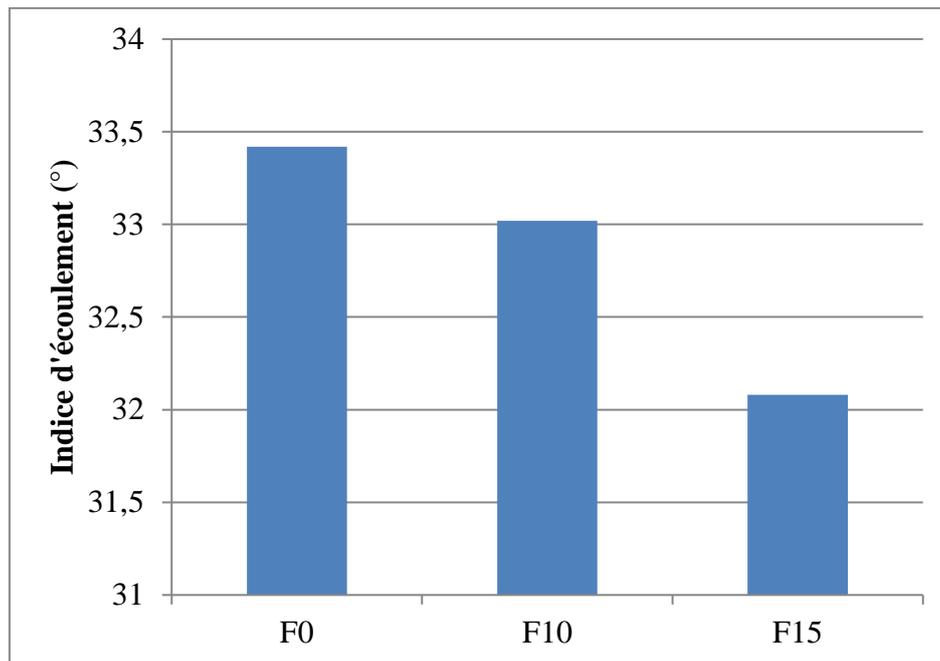


Figure 12 : Indice d'écoulement des poudres de café (F0 : café à 0 % de poudre PB, F10 : café à 10% de PB, F15 : café à 15% de PB).

D'après le résultat, l'ajout de poudre PB au café, a induit une légère diminution dans son indice d'écoulement exprimant ainsi l'augmentation (légère) dans sa fluidité. Ceci est évitement communiqué par la poudre ajoutée et qui se caractérise par son caractère fluide comparativement à la poudre de café (F0) comme indiqué précédemment.

3-3-3-Détermination l'indice de mouillabilité

La figure 13 illustre la mouillabilité du café enrichi avec la poudre de PB.

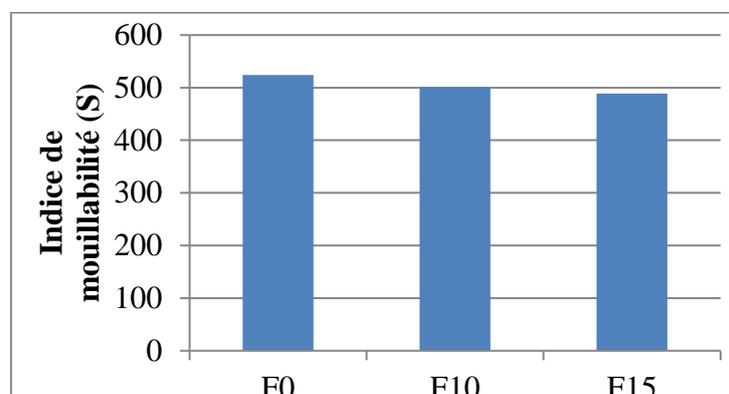


Figure13 : Indice de mouillabilité des poudres de café (F0 : café à 0 % de poudre PB, F10 : café à 10% de PB, F15 : café à 15% de PB).

Contrairement aux paramètres physiques précédents, l'ajoute de PB au café n'a pas effet significatif sur l'indice de mouillabilité du produit. Sachant que les valeurs IM sont largement supérieures à la limite des 120 s.

3-4-Analyses physico-chimique du café enrichi

3-4-1- Détermination de la teneur en eau

La figure 14 montre la teneur en eau contenue dans les 3 formulations de café analysées.

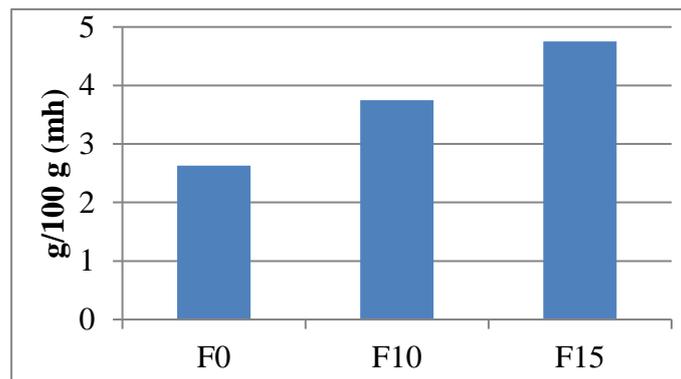


Figure14 : Teneur en eau des trois formulations analysées (F0 : café à 0 % de poudre PB, F10 : café à 10% de PB, F15 : café à 15% de PB).

D'après la figure 14, l'enrichissement avec 10% et 15% a induit une nette augmentation dans la teneur en eau du café enrichi.

Cette augmentation est due à l'ajout d'eau provenant de la poudre PB caractérisée par un taux un peu élevé par rapport à celui du café.

3-4-2-Mesure de pH

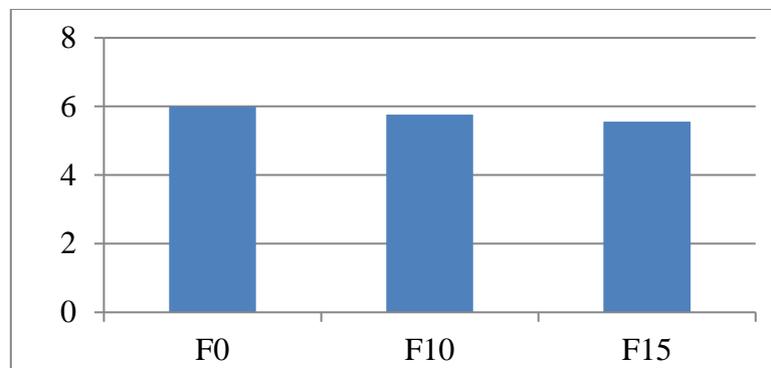


Figure 15 : pH des trois formulations analysées (F0 : café à 0 % de poudre PB, F10 : café à 10% de PB, F15 : café à 15% de PB).

D'après le résultat, l'ajout de 10% et 15% de la poudre de peaux de bananes au sein du café est sans effet significatif sur son pH. En effet, la quantité des éléments chimiques susceptibles d'être dans cette portion de poudre ajoutée et qui sont indispensables sur l'acidité potentielle est insuffisante pour influencer le pH de la poudre de café.

3-4-3-Détermination de l'acidité titrable

La figure 16 montre les résultats de l'acidité titrable des différentes formulations préparées.

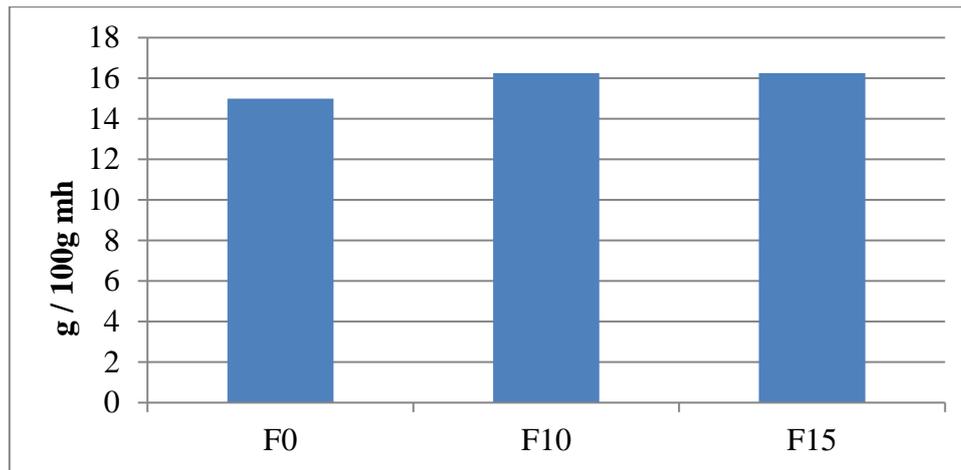


Figure 16 : l'Acidité titrable des formulations analysées (F0 : café à 0 % de poudre PB, F10 : café à 10% de PB, F15 : café à 15% de PB).

Contrairement à l'acidité potentielle, l'ajout de la poudre PB au café, a induit une légère augmentation dans l'acidité titrable. En effet le taux d'acides organiques a augmenté de 15 à 16.5 l'environ après l'enrichissement.

Rappelons que la peau de bananes en poudre constitue une source non négligeable d'acide organique et qui vaut à 15% de la masse humide.

3-4-4-Détermination de la teneur en cendres

Le résultat de la quantification des cendres contenant de 3 formulations de café sont illustrés par la figure 17.

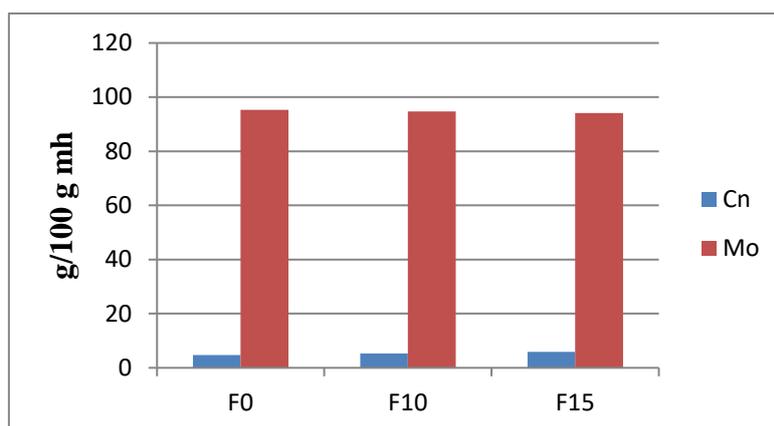


Figure 17 : Teneur en cendres des trois formulations analysées (F0 : café à 0 % de poudre PB, F10 : café à 10% de PB, F15 : café à 15% de PB).

Selon la figure 17, le taux de cendres a augmenté de 4,7% à 5,91%. Cela signifie que le procédé d'enrichissement a permis d'augmenter nettement le taux de cendres des formulations enrichies avec la poudre PB.

Cette augmentation dans les cendres est justifiée par le fait que les peaux de bananes sont riches en cendres 10%, comme souligné précédemment.

La richesse de la poudre PB en minéraux a conduit également une augmentation dans le taux de potassium.

Tableau 4 : Teneurs en éléments minéraux des trois formulations analysés (F0 : café à 0 % de poudre PB, F10 : café à 10% de PB, F15 : café à 15% de PB).

Élément minéraux	Na (mg/kg)	K (mg/kg)
F0	0,11	4,04
F10	0,06	4,98
F15	0,07	5,05

3-4-5-Détermination de la teneur en polyphénols totaux

La concentration en polyphénols contenir dans nos formulations préparées est illustrée par la figure 18.

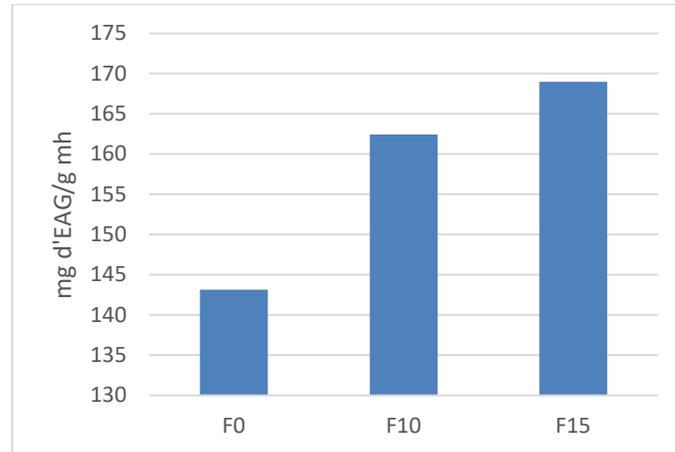


Figure 18 : Teneur en polyphénol des trois formulations préparés (F0 : café à 0 % de poudre PB, F10 : café à 10% de PB, F15 : café à 15% de PB).

La richesse de la poudre en composés phénoliques est nettement communiquée au café. Cela est nettement remarquable après l'addition de la poudre PB au café.

Rappelons que ce dernier constitue une source importante de composés phénoliques voisant les 143 mg/g de mh.

Conclusion générale

Conclusion Générale

L'objectif de cette étude était de caractériser et valoriser une poudre alimentaire préparée à partir des pelures de bananes. La possibilité de la valorisation de la poudre était concrétisée dans cette étude par son incorporation dans un café en poudre.

Comme conclusion, les principaux points suivant sont à relever :

- La caractérisation physicochimique des peaux de bananes a révélé que ces matières constituent une source impressionnante notamment des minéraux traduit par un taux de cendres 10% et une teneur en potassium voisinant les 7,88 mg/kg ainsi que des composés phénoliques contenant.

- La caractérisation physique de la poudre préparée a montré que cette dernière a une densité de 44.87% et un indice d'écoulement de 25.64°, mais elle a un caractère non mouillable.

- Selon l'analyse sensorielle, l'incorporation jusqu'à 15% de poudre n'exerce pas de changements significatifs sur les propriétés sensorielles évalué du café.

- En général, une significative élévation dans certaines propriétés physicochimiques du café a été observée après l'ajout de la poudre dans la masse. Cela concerne particulièrement l'acidité du produit, le taux de cendres et le taux de polyphénols. Les propriétés physiques du café telles que la masse volumique et l'indice d'écoulement sont restées sans effet significatifs après le processus d'enrichissement.

Comme perspectives, cette étude ce n'est qu'une initiation d'une suite qui mérite d'être complétée notamment par les points suivants:

- Augmenter le nombre de paramètres physiques et physicochimiques pour mieux caractériser la poudre préparée ;

- Compter pour une valorisation des pelures par leur incorporation dans d'autres produits alimentaires autre que le café pour profiter de leurs propriétés fonctionnelles.

Bibliographie

Bibliographie

- Ait aoudia Samira, S. N. (2018). Extraction et Caractérisation physicochimiques et biologiques des Substances de la Pelure de la Banane Cavendish *Musa acuminata* AAA. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Biochimie-Microbiologie, Algérie.
- Anses, Ciqual. (2017). Table de composition nutritionnelle des aliments.
- Bakry F, Carreel F, Caruana M. 1997. Les bananiers. In : Charrier A., Hamon S., Jacquot M. & Nicolas D., eds. L'amélioration des plantes tropicales. Montpellier, France : CIRAD/ORSTOM, 109-131.
- Christelle, B. B. (2012, septembre 14). Thèse doctorat (Valorisation de la banane Cavendish FWI, à différents stades physiologiques de récolte pour l'obtention par procédés de chimie verte de molécules d'intérêt biologique impliquées dans des activités anti-ulcères et cardiovasculaires.
- Cirritophe Bugaud, Mathieu Lechaudel. Fiche technique agréage - banane. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes. CTIFL
- Demeure, Y. (2022, Décembre 30). Cette étude suggère de consommer des peaux de bananes.
- FAO. (2019). Compendium statistique de la banane 2018. Rome.
- HALER, P. N. (2013, juillet 5). Thèse doctorat le café : Les effets bénéfique et néfastes sur la santé. Université de lorraine.
- Happi Emaga, T., Herinaivalona Andrianaivo, R., Wathelet, B., Tchango Tchango, J., & Paquot, M. (2007). Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. *Food Chemistry*, 103(2), 590- 600.
- Jimmy, B. (2021, mai 31). Café : bienfaits et méfaits sur la santé.
- Kathleen M. Zelman, R. L. (2022, aout 23). Health Benefits of Banana Peel. New York
- Lassoudière A., 2007. Le bananier et sa culture. Versailles, France : Editions Quæ.
- Lassoudière, A. (2007). Le bananier et sa culture page 302
- Ludivine Lassois, Jean-Pierre Busogoro & Haïssam Jijakli, 2009. La banane : de son origine à sa commercialisation. 575-586.
- Michèle Mosiniak, Véronique Vonarx. Le fruit du Caféier
- Piccino, S. (2011, octobre 27). Thèse doctorat Rôle des constituants chimiques du café vert, du terroir et des traitements post-récolte sur la qualité aromatique du « Bourbon Pointu ». Université de la Réunion.

Bibliographie

- Ratsiaharovala, v. (2011, aout 26). Contribution à la valorisation des peaux de banane.
- Singh B, Singh JP, Kaur A, Singh N. Bioactive compounds in banana and their associated health benefits – A review. *Food Chemistry*. 2016 ;206 : 1–11.
- Statista Resaerch Department. (2023, juin2). Production fruitière mondiale par variété de fruit 2021.
- Yang J, Tu J, Liu H, Wen L, Jiang Y, Yang B. Identification of an immunostimulatory polysaccharide in banana. *Food Chemistry*. 2019 ;277 : 46–53