

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA-BEJAIA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Spécialité Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire



Réf:.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme
MASTER

Thème

**Valorisation des graines de quelques
cucurbitacées par l'industrie agroalimentaire**

Présenté par :

YAHY Hakima

BENSIDHOUM Sonia

Soutenu le : 14 Septembre 2022

Devant le jury composé de:

M. BOUKHALFA F.

MCA, Univ. Béjaïa

Président

Mme. BRAHMI F.

MCA, Univ. Béjaïa

Encadreur

Mme. ADJEROUD-ABDELLATIF N.

MCB, Univ. Béjaïa

Examineur

Année universitaire: 2021/2022

Remerciements

Nous remercions Dieu Tout Puissant de nous avoir donné le savoir, la force, la patience et la faculté de Pouvoir poursuivre nos études et de réaliser ce travail.

Nous tenons à remercier :

Notre enseignante et encadreur, Dr. BRAHMI F., qui nous a aidé, orienté et soutenu, et pour ses conseils pertinents, elle nous a permis de mener à terme ce travail.

Nous adressons nos vifs et sincères remerciements à Dr. ADJEROUD-ABDELLATIF N. d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Nous adressons nos vifs et sincères remerciements également à Dr. BOUKHALFA Farid d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.

Un grand merci à tous les membres du laboratoire de 3BS.

Enfin, nous remercions tous ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire.

Hakima & Sonia

Dédicaces

Je dédie ce travail :

Aux âmes pures de mes parents.

À ma chère famille, en particulier mon mari et mes filles Imane et Sarah

A mes collègues et amies, les ingénieurs du laboratoire 3BS, Nabila et

Kahina.

A tous les membres du laboratoire 3BS, doctorants et enseignants

A Tous mes amis sans exception

Et à tous ceux qui me sont chers.

Sonia

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes chers parents pour leur amour et soutien.

A la lumière de ma vie Sarah

A mon mari

A mes chers frères, sœurs et belles sœurs

A mes chers collègues.

A Toutes mes amies sans exception

Et à toutes les personnes qui travaillent pour le bien de l'humanité.

Hakima

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Table de matière

| | |
|---|----|
| Introduction | 1 |
| I. Synthèse bibliographique | |
| I.1. Généralités sur les Cucurbitacées | 3 |
| I.2. Melon (<i>Cucumismelo</i>) | 3 |
| I.2.1. Origine et données botaniques | 3 |
| I.2.2. Graines du melon | 4 |
| I.2.3. Intérêt thérapeutique de la graine de <i>Cucumismelo</i> | 4 |
| I.2.3.1. Utilisation traditionnelle | 4 |
| I.2.3.2. Effet pharmacologique | 5 |
| I.3. Pastèque (<i>Citrulluslanatus</i>) | 6 |
| I.3.1. Origine et données botaniques du <i>Citrulluslanatus</i> | 6 |
| I.3.2. Graines de pastèque | 6 |
| I.3.3. Utilisation traditionnelle | 6 |
| I.3.4. Activités pharmacologiques | 7 |
| I.4. Citrouille (<i>Cucurbitapepo</i>) | 8 |
| I.4.1. Origine et données botaniques | 8 |
| I.4.2. Graines de citrouille | 9 |
| I.4.3. Intérêt nutritionnel et thérapeutique | 9 |
| I.5. Composition chimique des graines de cucurbitacées | 10 |
| I.6. Valorisation des graines de curcubitacées | 11 |
| I.7. Yaourt | 12 |
| I.7.1. Définition et réglementation | 12 |
| I.7.2. Différents types de yaourt | 12 |
| I.7.2.1. Selon le mode de présentation (texture) | 12 |
| I.7.2.2. Selon la teneur en MG | 13 |
| I.7.2.3. Selon le goût | 13 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| I.7.3. Composition du yaourt..... | 13 |
| I.7.4. Fabrication du yaourt..... | 14 |

II. Matériel et Méthodes

| | |
|--|----|
| II.1. Matériel végétal | 15 |
| II.2. Analyses physico-chimiques des graines de melon, pastèque et citrouille | 15 |
| II.2.1. Test d'humidité..... | 15 |
| II.2.2. Activité de l'eau (Aw) | 15 |
| II.2.3. Détermination du pH | 15 |
| II.2.4. Détermination de l'acidité titrable | 15 |
| II.2.5. Détermination du taux de cendres | 16 |
| II.2.6. Dosage des minéraux..... | 16 |
| II.2.7. Détermination du taux de protéines par la méthode de Kjeldahl | 16 |
| II.2.8. Détermination du taux de matière grasse..... | 17 |
| II.2.9. Dosage des sucres totaux par la méthode de Dubois (1956)..... | 17 |
| II.2.10. Détermination du taux de fibres | 18 |
| II.3. Analyses phytochimiques des graines..... | 18 |
| II.3.1. Extraction des substances bioactives par bain ultrason | 18 |
| II.3.2. Dosage des substances bioactives | 18 |
| II.3.2.1. Dosage des polyphénols totaux..... | 18 |
| II.3.2.2. Dosage des flavonoïdes | 19 |
| II.3.2.3. Dosages des flavonols | 19 |
| II.3.2.4. Détermination de la teneur en tanins totaux | 19 |
| II.3.2.5. Dosage des caroténoïdes..... | 20 |
| II.3.3. Evaluation des activités antioxydantes des extraits bruts des graines | 20 |
| II.3.3.1. Détermination de l'activité scavenger du DPPH•..... | 20 |
| II.3.3.2. Mesure de l'activité antioxydante par le test ABTS | 20 |
| II.3.3.3. Détermination du pouvoir réducteur (FRAP ASSAY) | 21 |
| II.4. Elaboration d'un yaourt étuvé et enrichissement par les graines de cucurbitacées | 21 |
| II.5. Analyses physico-chimiques des yaourts élaborés | 21 |

| | |
|---|----|
| II.6. Analyses phytochimiques des extraits des yaourts élaborés | 22 |
| II.6.1. Extraction des composés phénoliques totaux..... | 22 |
| II.6.2. Dosage des substances bioactives et évaluation des activités antioxydantes des extraits de yaourts élaborés | 23 |
| II.7. Analyse microbiologique des yaourts | 23 |
| II.8. Evaluation sensorielle des yaourts élaborés | 23 |
| II.9. Etude statistique | 24 |

III. Résultats et Discussion

| | |
|---|----|
| III.1. Analyses des graines étudiées | 25 |
| III.1.1. Analyses physicochimiques et composition chimique | 25 |
| III.1.2. Dosage des minéraux..... | 28 |
| III.1.3. Analyses phytochimiques | 29 |
| III.1.3.1. Rendement d'extraction..... | 29 |
| III.1.3.2. Analyse quantitative des composés actifs | 30 |
| III.1.4. Détermination de l'activité antioxydante | 34 |
| III.1.4.1. Test au DPPH..... | 34 |
| III.1.4.2. Test à l'ABTS | 35 |
| III.1.4.3. Test du pouvoir réducteur (FRAP)..... | 36 |
| III.2. Analyses des yaourts enrichis de graines de cucurbitacées | 37 |
| III.2.1. Analyses physicochimiques et composition chimique..... | 37 |
| III.2.2. Analyses phytochimiques des yaourts enrichis en graines de cucurbitacées ... | 40 |
| III.2.3. Analyses microbiologiques des yaourts élaborés | 42 |
| III.2.4. Analyse sensorielle | 43 |
| III.2.4.1. Caractérisation de produit | 43 |
| III.2.4.2. Cartographie externe de préférence (PREFMAP)..... | 46 |
| III.2.4.3. Cartographie de préférence PREFMAP..... | 48 |
| Conclusion et perspectives..... | 49 |

Références Bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

ABTS : Acide 2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique)

ABTS^{•+} : Radical libre ABTS (Acide 2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonique))

ACP : Analyse en Composantes Principales

AOAC : Association of Official Analytical Chemists (Association Officielle des Chimistes Analytiques)

CAH : Classification Ascendante Hiérarchique

DPPH : 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl

DPPH[•] : Radical libre DPPH (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl)

FRAP : Ferric Reducing Antioxidant Power (Pouvoir Antioxydant Réducteur Ferrique)

IC50 : Inhibition Concentration (concentration that reduces the effect by 50%)

ICP-AES : Inductively Coupled- Plasma Atomic Emission Spectrometry

ISO : International Standardization Organization

JORA : Journal Officiel République Algérienne

MG : Matière Grasse

MS : Matière sèche

NPP : Nombre le Plus Probable

p value : Valeur de probabilité

pH : Potentiel hydrogène

PREFMAP : Préférence Mapping

Spp : Plusieurs espèces

subsp. : Sous-espèce

var. : Variété

YC : Yaourt enrichi en graines de citrouille

YM : Yaourt enrichi en graines de melon

YP : Yaourt enrichi en graines de pastèque

YT : Yaourt témoin

Liste des figures

| Figure | Titre | Page |
|---------------|---|-------------|
| 01 | Fruit et graines du melon | 4 |
| 02 | Coupe transversale des différentes parties du fruit de la pastèque | 6 |
| 03 | Coupe longitudinale de la citrouille | 8 |
| 04 | Diagramme de fabrication du yaourt | 14 |
| 05 | Teneurs en polyphénols totaux des extraits de graines des cucurbitacées | 31 |
| 06 | Teneurs en flavonoïdes des échantillons de graines de cucurbitacées | 31 |
| 07 | Teneurs en flavonols des extraits de graines de cucurbitacées | 32 |
| 08 | Teneurs en tannins des extraits de graines de cucurbitacées | 33 |
| 09 | Teneurs en caroténoïdes des extraits de graines de cucurbitacées | 34 |
| 10 | Inhibition du radical DPPH exprimé en IC ₅₀ (mg/mL) des extraits de graines de cucurbitacées. | 35 |
| 11 | Inhibition du radical ABTS ^{•+} exprimé en IC ₅₀ (mg/mL) des extraits de graines de cucurbitacées | 35 |
| 12 | Pouvoir réducteur (FRAP) des extraits de graines de cucurbitacées | 36 |
| 13 | Teneurs en polyphénols totaux des yaourts enrichis en graines de cucurbitacées. | 41 |
| 14 | Teneurs en tannins des yaourts enrichis en graines de cucurbitacées | 42 |
| 15 | Inhibition du radical DPPH [•] des yaourts enrichis en graines de cucurbitacées. | 42 |
| 16 | Inhibition du radical ABTS ^{•+} des yaourts enrichis en graines de cucurbitacées | 43 |
| 17 | Pouvoir réducteur (FRAP) des yaourts enrichis en graines de cucurbitacées. | 43 |
| 18 | Pouvoir discriminant par descripteur. | 45 |
| 19 | Coefficients des modèles des quatre échantillons de yaourts. | 46 |
| 20 | Corrélation entre les variables et les facteurs. | 48 |
| 21 | Profil des classes créées. | 48 |
| 22 | Carte de préférence PREFMAP | 49 |

Liste des tableaux

| Tableau | Titre | Page |
|----------------|---|-------------|
| I | Constituants chimiques des graines de <i>Cucurbitaceae</i> | 10 |
| II | Composition du yaourt nature | 13 |
| III | Résultats des analyses des propriétés physico- chimiques et de la composition chimique de graines de cucurbitacées. | 25 |
| IV | Teneurs en minéraux des graines de cucurbitacées étudiées. | 28 |
| V | Rendements d'extraction des extraits de: <i>Citruluslanatus</i> , <i>Cucumismelo</i> et <i>Cucurbitapepo</i> | 30 |
| VI | Résultats des analyses physicochimiques des yaourts élaborés. | 38 |
| VII | Résultat des analyses microbiologiques des yaourts élaborés. | 44 |
| VIII | Moyennes ajustées par produits. | 47 |

Introduction

Dans le monde entier, la transformation de fruits ou de légumes appartenant aux genres *Cucumis* (melon), *Cucurbita* (citrouille) et *Citrullus* (pastèque) entraîne l'accumulation d'énormes volumes de déchets et/ou de sous-produits, principalement sous forme de marc (peau, pulpe, graines et tiges). Les rapports disponibles indiquent que les graines rejetées des genres susmentionnés sont une source fiable de substances phytochimiques bioactives, tels que les polyphénols, (tannins et flavonoïdes), les caroténoïdes et d'autres composants présentant des valeurs nutritives élevées comme les acides gras essentiels (acides gras polyinsaturés), les fibres alimentaires, les protéines, les acides aminés, les minéraux, etc. **(Rajeev, 2021)**.

L'exploration de ces co-produits pour fabriquer des produits à valeur ajoutée contribuera non seulement à minimiser les problèmes liés à la pollution de l'environnement, mais aussi à accroître les gains économiques des industries agroalimentaires **(Patel et Rauf, 2017)**. En outre, étant une matière première peu coûteuse, les graines jetées sont très prometteuses pour une valorisation efficace, et peuvent être utilisées comme un ingrédient fonctionnel précieux avec des applications potentielles dans les industries de l'alimentation humaine et animale, de la pharmacie et des cosmétiques **(Rajeev, 2021)**.

Par conséquent, leur valorisation par un processus durable et respectueux de l'environnement peut résoudre les problèmes critiques liés à la gestion des déchets et/ou des sous-produits des industries de transformation agroalimentaire qui génèrent des quantités substantielles des sous-produits, qui constituent désormais une ressource bien établie d'une myriade de composés à valeur nutraceutique. Ainsi, cela donnera une nouvelle opportunité d'explorer les possibilités de technologies de production pour les différents produits à valeur ajoutée à partir de ces graines qui constituent une mine de nutriments aux propriétés nutritionnelles et thérapeutiques intéressantes **(Devi et al., 2018)**.

Le yaourt est l'un des produits laitiers fermentés les plus populaires, largement consommé dans le monde entier. Il est présent dans l'alimentation humaine non seulement en raison de ses divers avantages pour la santé et de ses effets thérapeutiques, mais aussi pour ses propriétés sensorielles qui jouent un rôle important dans la détermination de l'acceptabilité et de la préférence des consommateurs **(Dabija et al., 2018)**.

L'utilisation de divers ingrédients dans la formulation du yaourt, afin de diversifier un tel produit laitier particulièrement apprécié par les consommateurs demeure une préoccupation constante des spécialistes en la matière. C'est ainsi que l'incorporation des graines de cucurbitacées dans la recette d'un yaourt classique, afin d'améliorer ses caractéristiques physico-chimiques, texturales et sensorielles, fait l'objet de l'attention des spécialistes car elles constituent une très bonne source de molécules nutritives (protéines et fibres alimentaires) et thérapeutiques (polyphénols et caroténoïdes) (**Dabija et al., 2018**).

C'est dans cette optique que s'inscrit notre thématique, en contribuant à la valorisation des graines de *Cucurbita pepo* (courgette), *Citrullus lanatus* (pastèque) et *Cucumis melo* (melon) par l'essai d'élaboration d'un yaourt fonctionnel. La démarche est la suivante :

- Déterminer la composition chimique, phytochimique et évaluer les activités antioxydantes de ces graines.
- Elaborer des yaourts étuvés en y incorporant les poudres de ces graines.
- Contrôler la qualité microbiologique des yaourts enrichis en se référant à la réglementation en vigueur.
- Réaliser une analyse sensorielle des yaourts enrichis en graines.
- Déterminer la composition chimique et phytochimique et évaluer les activités antioxydantes des yaourts enrichis.
- Réaliser une analyse statistique ANOVA afin de comparer entre les trois graines ainsi que les yaourts élaborés.
- Finir par une conclusion et des perspectives.

Synthèse
Bibliographique

I.1. Généralités sur les Cucurbitacées

La famille des *Cucurbitaceae* appartient à la classe des *Dicotyledoneae*, l'ordre des *Curcubitales*, comprend environ 120 genres et 760 espèces. Elle est représentée par des plantes dicotylédones légumières grimpantes à croissance rapide, portant des feuilles aux lobes palmés, des vrilles hélicoïdales et des fleurs unisexuées monoïques ou dioïques à racine charnue parfois très grosse. Les fruits sont en général des baies à exocarpe, coriaces ou indurées, plus rarement une capsule sèche ou charnue à déhiscence variable (Spichiger et Figeat, 2002).

Originnaire pour la plupart, des régions tropicales et subtropicales, cette famille est présente dans tous les continents notamment en Afrique et en Amérique latine (Prakash et al., 2013). En outre, elle est la plus diverse parmi les plantes alimentaires qui sont généralement tolérantes à la sécheresse, mais sensibles au gel et qui sont reconnues comme étant la source principale des cucurbitacines (Sari-Hassoun et al., 2015).

En Algérie, selon les services agricoles, les superficies consacrées à cette culture ont atteint environ 400 hectares dans chaque wilaya, soit une production globale d'environ plus de 44.000 tonnes (Benalia, 2016).

Cette famille fournit plusieurs espèces consommées à l'échelle mondiale dont les plus importantes : le melon (*Cucumis melo*), la pastèque (*Citrullus lanatus*) et la citrouille (*Cucurbita pepo*) (Rezig et al., 2019).

I.2. Melon (*Cucumis melo*)

I.2.1. Origine et données botaniques

Parmi les Cucurbitacées, le genre *Cucumis* comprend plus de 40 espèces dont le melon (*Cucumis melo*) qui est d'une grande importance économique.

Si le genre *Cucumis* est probablement originaire d'Asie, l'espèce *C. melo* est originaire d'Afrique. Le melon est une plante annuelle, herbacée, polymorphe, diploïde avec 24 chromosomes. Il se distingue de la plupart des espèces voisines par l'absence d'aspérités ou d'épines sur le fruit (Milind et Kulwant, 2011).

Le fruit du melon est une baie charnue ronde de couleurs variables (Figure 01, a) montrant des nuances de jaune, vert, orange, blanc, et souvent tachetée ou rayée. La chair est également variable et habituellement jaune, orange, rose, blanche et ouverte. Les melons pèsent de 0,4 à 2,2 kg, portent de nombreuses graines lisses (Grubben, 2004).

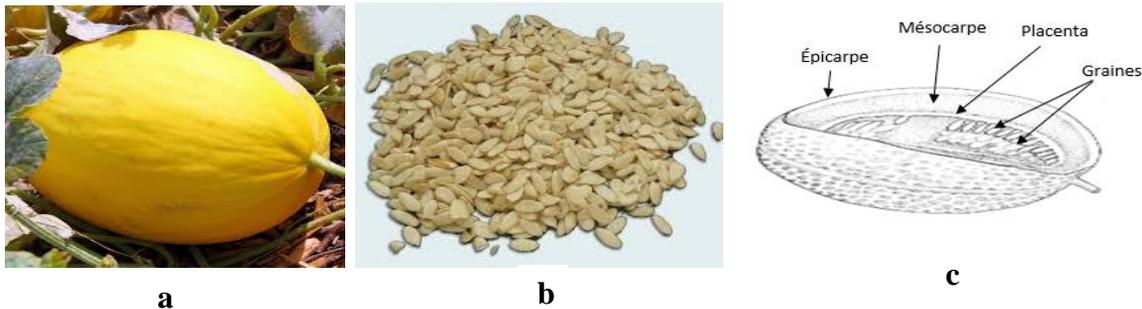


Figure 01 : Fruit et graines du melon (Grubben, 2004)

a : fruit, b : graines, c : coupe transversale d'un fruit

I.2.2. Graines du melon

Les graines (figure 01, b), ex albuminées, aplaties, lisses ou ornementées, sombres ou claires mesurent entre 5 et 20 mm de long, de 8 à 12 mm de largeur et une épaisseur de 2 à 3 mm. À une extrémité, elles sont amincies en goulot coupé obliquement, ce qui correspond à l'huile et au micropyle. Les téguments contiennent une amande formée par un embryon comportant une radicule courte, deux cotylédons charnus riches en matières de réserve particulièrement en globules huileux. La graine renferme en poids, 25 à 30% de téguments et 70 à 75% d'amande qui est le siège de l'activité physiologique (Ojeh et al., 2008).

I.2.3. Intérêt thérapeutique de la graine de *Cucumis melo*

I.2.3.1. Utilisation traditionnelle

Les graines sont exploitées pour leurs propriétés médicinales, utilisées contre la dysurie, et possèdent des propriétés antitussives, vermifuges et fébrifuges (Gill et al., 2011). De plus, elles sont utilisées comme compostes et fertilisants permettant le bon développement de la plante comme substances inhibant l'action des pathogènes responsables des maladies (Perner et al., 2006).

I.2.3.2. Effet pharmacologique

- **Activité analgésique et anti-inflammatoire**

L'extrait méthanolique des graines de melon possède de puissantes propriétés analgésiques en inhibant l'afflux des leucocytes et diminuant le taux des leucotriènes B₄ (LTB₄) qui sont responsables de la réaction inflammatoire (Gill et al., 2011).

- **Activité antioxydante et piégeage des radicaux libres**

L'extrait méthanolique des graines de cantaloup a montré une activité et antiradicalaire piégeuse de radicaux libres DPPH[•] et hydroxyles, due principalement à la présence de composés phénoliques en particulier les flavonoïdes (Ismail et al., 2010).

- **Activité anti-ulcère**

L'extrait méthanolique des graines de *Cucumis melo* a démontré une activité anti ulcère, qui pourrait être due à la réduction de la perméabilité vasculaire, le piégeage des radicaux libres et la diminution de la peroxydation lipidique. La présence de triterpénoïdes et des stérols sont responsables de ces actions (Gill et al., 2011).

- **Activité anticancéreuse**

Les cucurbitacines A, B et E sont des triterpènes tétracycliques fortement oxygénés abondants dans les graines de *C. melo*, sont connues pour leurs propriétés antitumorales (Chan et al., 2010 ; Wang et al., 2007).

- **Effet hépatoprotecteur**

Les pédicelles séchés de *Cucumis melo* améliorent la fonction hépatique et augmente la glyconéogenèse. Ils sont également utilisés pour le traitement contre les hépatites chroniques, la jaunisse et la cirrhose du foie (Wang et al., 2007).

- **Activité diurétique**

L'extrait éthéré des graines de *C. melo* augmente la sécrétion d'urines et leur teneur en chlorure (Wright et al., 2007).

- **Activité antimicrobienne, anthelminthique et immuno-modulatrice**

Les extraits méthanolique et n-hexanique des graines de *C. melo* ont démontré des activités antimicrobienne et anthelminthique remarquables (Ibrahim, 2010).

I.3. Pastèque (*Citrullus lanatus*)

I.3.1. Origine et données botaniques du *Citrullus lanatus*

Mallick et Masui (1986), ont proposé l'Afrique centrale et le désert du Kalahari comme le centre d'origine de la pastèque cultivée. Cette dernière est une plante herbacée annuelle de la famille des *Cucurbitacées*. Le fruit est une baie particulière, de forme sphérique, plus ou moins oblongue, qui pèse le plus souvent entre 4 à 16 kg, son diamètre varie de 30 à 60 cm et l'écorce de 10 à 40 mm d'épaisseur. Cette écorce est de couleur vert foncé souvent marbré de blanc dont la chair est rouge (Figure 02), jaune, verdâtre ou blanche. Ses tiges rampantes sont minces, poilues angulaires et peuvent atteindre 3m de long.

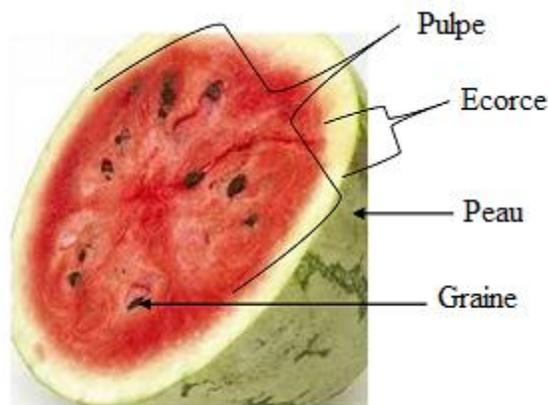


Figure 02: Coupe transversale des différentes parties du fruit de la pastèque (**Neglo et al., 2021**).

I.3.2. Graines de pastèque

Les graines de *Citrullus lanatus* sont plates et ovales de différentes couleurs suivant les variétés: blanches, noires, brunes, jaunes ou rouges, leur longévité moyenne est de 5 à 6 ans, le poids de graines varie entre 10 à 30 grammes (**Fraser et Bramley, 2004**).

1.3.3. Utilisation traditionnelle

L'espèce *Citrullus lanatus* est utilisée traditionnellement comme purgatif, vermifuge, émoullient, diurétique et tonique. Les graines sont utilisées dans le traitement des infections des voies urinaires, l'hydropisie et les calculs rénaux, l'intoxication à l'alcool, l'hypertension, le diabète, la diarrhée et la gonorrhée (**Erhirhie et Ekene, 2013**).

I.3.4. Activités pharmacologiques

- **Activité antimicrobienne**

Adunola et al. (2015), ont mis en évidence l'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique et éthanolique des graines de *C. lanatus* en particulier contre *Staphylococcus sp* et *Pseudomonas aeruginosa*. De plus, les saponines isolées à partir de graines s'avèrent plus efficaces sur les bactéries à Gram positif.

Les extraits chloroformique, hexanique et éthanolique des graines de *Citrullus lanatus* var. *citroides* ont montré une activité antimicrobienne sur certaines bactéries (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis* et *Proteus vulgaris*) et champignons (*Aspergillus niger* et *Candida albicans*) (**Hassan et al., 2011**).

- **Activité hépatoprotectrice**

L'effet protecteur de l'extrait n-hexanique de l'huile de semence de *C. lanatus* contre les lésions hépatiques induites par le tétrachlorure de carbone chez le rat a été démontré par **Madhavi et al., (2012)**.

- **Activité anti-inflammatoire**

Madhavi et al. (2012), ont testé *in vivo*, l'activité anti-inflammatoire de l'huile de graines de *C. lanatus* sur l'œdème de la patte du rat qui a été induit par la Carraghénane. L'efficacité de l'huile est comparable avec celle de Diclofénac utilisé comme standard.

- **Activité anti-ulcère**

Bhardwaj et al. (2012), ont démontré les propriétés anti-ulcérogène de l'extrait méthanolique brut des graines de *C. lanatus*.

- **Activité anti-hyperlipidémie**

La consommation de l'extrait de graines pastèque a favorisé une réduction du poids corporel et de la masse grasse sans influencer la masse maigre, une diminution de la concentration plasmatiques du cholestérol et a entraîné une réduction de l'athérosclérose dans l'arche aortique et les régions thoraciques (**Poduri et al., 2013**).

- **Activité anti-hyperuricémique**

Le lait de pépins de pastèque peut être utilisé dans la fabrication de yaourt et peut améliorer la fonction rénale en tant qu'agent anti-hyperuricémiant (Shahein et al., 2022).

- **Activité antioxydante**

L'activité antioxydante des extraits (chloroforme, acétate d'éthyle et du méthanol) de la graine de *C. lanatus* qui a été mesurée par la méthode au DPPH et a été remarquable dont le potentiel maximal est noté avec l'extrait méthanolique (Gill et al., 2011).

I.4. Citrouille (*Cucurbita pepo*)

I.4.1. Origine et données botaniques

Originnaire de l'Afrique tropicale, *Cucurbita pepo*, a été adoptée en Asie et dans la méditerranée. L'ancêtre commun de toutes les variétés actuelles de *Cucurbita pepo* provient probablement du Mexique, comme le confirment les résultats archéologiques (Andres, 2003).

La citrouille est une plante potagère qui possède de grandes feuilles, des fleurs de couleur jaune, qui donnent un fruit. Ce dernier est une baie charnue, uniloculaire, sans cavité centrale, cylindrique, parfois en massue, généralement de couleur verte (Figure 03) (Andres, 2003).

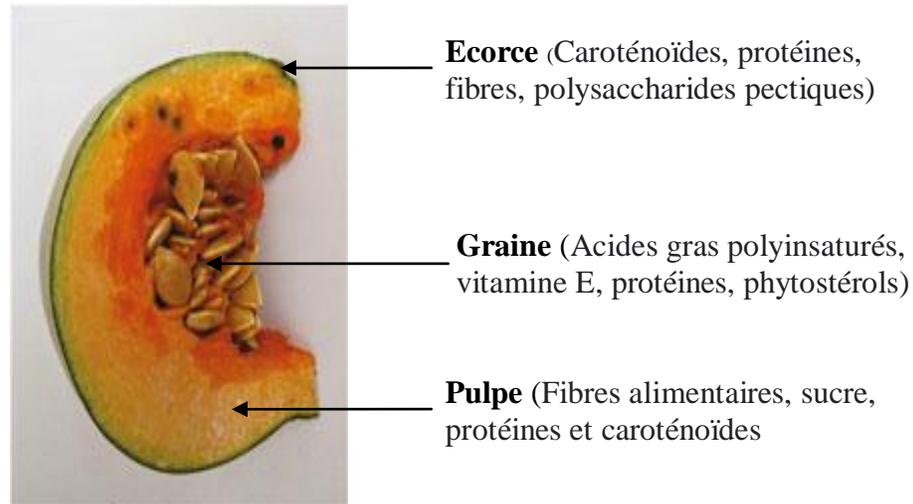


Figure 03 : Coupe longitudinale de la citrouille (Ezzat et al., 2022).

I.4.2. Graines de citrouille

La graine forme un petit noyau ovoïde aplatie, blanchâtre, jaunâtres et ou brunâtre. Amincie en goulot oblique à l'une de ses extrémités, elle est bordée d'un bourrelet arrondi. Elle mesure 0,80 cm de largeur et 2,05 cm de longueur. Le poids moyen pour 100 graines, varie entre (184,57 - 193,38 mg) et (84,86 - 93,49 mg) selon la variété (**Irié et al., 2003**). L'intensité de la coloration des graines permet de connaître le degré de maturité de celles-ci (**Ghedira et al., 2013**).

I.4.3. Intérêt nutritionnel et thérapeutique

Autrefois, les graines étaient utilisées comme vermifuge en médecine traditionnelle chinoise pour expulser les parasites des ténias (**Zhang et al., 2005**).

Les propriétés bénéfiques de la graine de citrouille sont évidentes, ce qui détermine l'utilisation de cette substance végétale dans les domaines de la médecine. Parmi les effets thérapeutiques approuvés :

- Stimulation du système nerveux (richesse de la graine en zinc).
- Régulation du rythme cardiaque et participation à la production de l'insuline (forte teneur en magnésium).
- Soulagement des symptômes de la vessie irritable et des troubles de la miction associés à l'hypertrophie bénigne de la prostate (HBP) et favorisation de l'élimination des calculs rénaux.
- Amélioration de la digestion (richesse en fibres).
- Effet anti-inflammatoire (source d'antioxydants) (**Danulik, 2021**).

I.5. Composition chimique des graines de cucurbitacées

Le nombre considérable de graines contenu dans les fruits des *Cucurbitacées*, identique à celui de nombreuses plantes oléagineuses commerciales, a conduit à la détermination de la composition lipidique et protéique de la graine. En moyenne, la graine se compose de 3 à 4% de matières minérales, 30% de protides et de 45 à 50% d'huile (**Rezig et al., 2019**).

Le tableau I récapitule la composition chimique des graines des trois espèces de cucurbitacées précitées

Tableau I : Constituants chimiques des graines de Cucurbitaceae (**Rezig et al., 2019**)

| Composant | <i>Cucumismelo</i> | <i>Citrulluslanatus</i> | <i>Cucurbitapepo</i> |
|-------------------------------|--------------------|-------------------------|----------------------|
| Taux d'humidité ^a | 7,50 | 7,28 | 6,96 |
| Huiles brutes ^a | 28,44 | 19,23 | 35,53 |
| Protéines brutes ^a | 26,15 | 19,41 | 40,00 |
| Fibres totales ^a | 34,08 | 48,26 | 12,89 |
| Cendrestotals ^a | 2,78 | 3,97 | 3,47 |
| Sucrestotaux ^a | 1,05 | 1,85 | 1,15 |
| Cuivre ^b | 64,86 | 75,51 | 89,84 |
| Zinc ^b | 9,40 | 6,80 | 8,42 |
| Fer ^b | 23,13 | 5,17 | 7,07 |
| Manganese ^b | 3,78 | 1,40 | 3,93 |
| Magnesium ^b | 745,94 | 269,62 | 527,85 |
| Sodium ^b | 400,00 | 302,00 | 189,81 |
| Calcium ^b | 691,9 | 107,85 | 44,92 |
| Phosphore ^b | 124,32 | 787,31 | 1471,24 |

Où

a : % (p/p).

b : mg/100 g de matière sèche.

I.6. Valorisation des graines de cucurbitacées

Les graines des *cucurbitacées*, connues et appréciées par les populations africaines, sont des sources végétales riches en protéines et en acides gras essentiels (Kiki,1993).

A. Dans le domaine cosmétique

- Des émulsions et nano émulsions stables ont été formulées à partir des extraits d'huile de graines de pastèque afin de prévenir le vieillissement de la peau. Ces résultats suggèrent l'utilisation potentielle de l'huile de graines de pastèque comme composant de produits cosmétiques (Arpa et al., 2020).
- L'huile de graines de melon peut être utilisée en cosmétique comme ingrédient de crèmes pour le visage et le corps et d'écrans solaires, etc. (Petkova et Antova, 2015).

B. Domaine agro-alimentaire et autre

- La production annuelle d'huile de pépins de courge génère plus de 11,500 tonnes de sous-produits sous forme de tourteaux qui sont principalement utilisés comme aliment pour bétail ou pour le compostage (engrais) (Ezzat et al., 2022).
- La farine de tourteau de pépins de courge est utilisée comme substitut (à 60%) de la farine de blé dans la production de biscuits et la réduction d'utilisation du shortening sans détérioration significative de la qualité technologique des biscuits (Jukic et al., 2018).
- La farine de pelures et des graines de citrouille dégraissées ont été utilisées pour développer des films d'emballage biodégradables appliqués pour des produits alimentaires comme le pain, les gâteaux et les sucreries. Le film développé présentait la résistance à la traction et le pourcentage d'élongation les plus élevés par rapport aux autres films (Ezzat et al., 2022).
- L'huile de pépin de courge a été évaluée à l'échelle expérimentale, comme une nouvelle matière première alternative à faible coût pour la production de biodiesel: l'huile a été convertie en esters méthyliques par une réaction de transestérification alcaline utilisant du méthanol. La qualité du biodiesel produit était comparable à celle du diesel de pétrole (NE 14214) (Ezzat et al., 2022).
- La coquille de la graine de citrouille a été utilisée pour produire le charbon actif en utilisant le H₃PO₄ comme agent chimique (Ezzat et al., 2022).
- Les cendres de graines de *Cucurbita pepo* ont été introduites au système de revêtement

époxy-amine en agissent comme une barrière pour diverses espèces corrosives (**Agrawal et Amrutkar, 2019**).

- L'utilisation de la farine de graines de melon Cantaloup (*Cucumis melo L. var. reticulatus*) en l'incorporant comme ingrédient dans la fabrication de gâteaux à un pourcentage pouvant atteindre (50%) en remplaçant de la farine de blé (**Da Cunha et al., 2019**).
- En raison de leur composition, les amandes de graines de melon peuvent être utilisées dans l'industrie alimentaire (**Petkova et Antova, 2015**).

I.7. Yaourt

I.7.1. Définition et réglementation

Le yaourt est un lait coagulé obtenu par fermentation lactique après ensemencement simultané de deux bactéries lactiques thermophiles, *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbruekii subsp. bulgaricus* (**Fredot, 2005**), présentant une teneur en acide lactique minimale de 0,7% et contenant au moins 10^6 bactéries vivantes /gde produit au moment de vente au consommateur (**Vierling, 2008**).

I.7.2. Différents types de yaourt :

I.7.2.1. Selon le mode de présentation (texture)

Il existe trois types de yaourt :

- Yaourt ferme ou étuvé : il se caractérise par une fermentation directe dans un pot, généralement du yaourt naturel et aromatisé.
- Yaourt brassé : la fermentation se fait dans de grandes cuves avant le brassage et le conditionnement : c'est le cas des yaourts veloutés naturels ou aux fruits.

La fabrication de ces deux types de yaourts peut être à base de lait entier, partiellement écrémé ou totalement écrémé (**Hansen, 2011**).

- Yaourt à boire : le yaourt à boire est un lait fermenté brassé de faible viscosité, généralement aromatisé avec du jus ou de la purée de fruits. Il est consommé comme boisson rafraîchissante au lieu de nourriture (**Hammadi, 2016**).

I.7.2.2. Selon la teneur en MG

Trois types de yaourt sont distingués:

- Yaourt maigre : ce type de yaourt renferme moins de 1% de matière grasse.
- Yaourt partiellement écrémé : contenant entre 1 à 3% de matière grasse.
- Yaourt entier : ce type de yaourt contient au maximum 3 à 3,5% de matière grasse (**Cidil et Inra, 2009**).

I.7.2.3. Selon le goût

- Yaourt naturel (sans addition).
- Yaourt sucré.
- Yaourt aux fruits, au miel, à la confiture : moins de 30% d'éléments ajoutés.
- Yaourt aromatisé : arôme naturel ou synthétique autorisé par la législation (**Hammadi, 2016**).

I.7.3. Composition du yaourt

La plupart des yaourts vendus sont fabriqués à partir de lait riche en poudre de lait. En conséquence, ils sont plus riches en protéines, en calcium et en lactose (**Tableau II**) que le lait seul. Ces produits sont plus ou moins sucrés. Leur teneur en saccharose varie alors de 7 à 12% (**Syndifrais, 1997**).

Tableau II : Composition du yaourt nature (**Lecerf, 2016**).

| | Nature pour 100 g | | | Sucré aux fruits |
|----------------|-------------------|-------------|--------|------------------|
| | Ecrémé | Demi-écrémé | Entier | |
| Energie (Kcal) | 44 | 55 | 76 | 15 à 30 |
| Protéines (g) | 4,3 | 3,5 | 3,9 | 2,12 |
| Lipides (g) | 0,09 | 1,27 | 3,31 | |
| Ag saturés (g) | 0,05 | 0,82 | | |
| Glucides (g) | 5,5 | 6,7 | 7,2 | 5 à 6 |
| Calcium (mg) | 136 | 129 | 136 | |

I.7.4. Fabrication du yaourt

Les étapes de fabrication des différents types de yaourts sont présentées dans la figure ci-dessous :

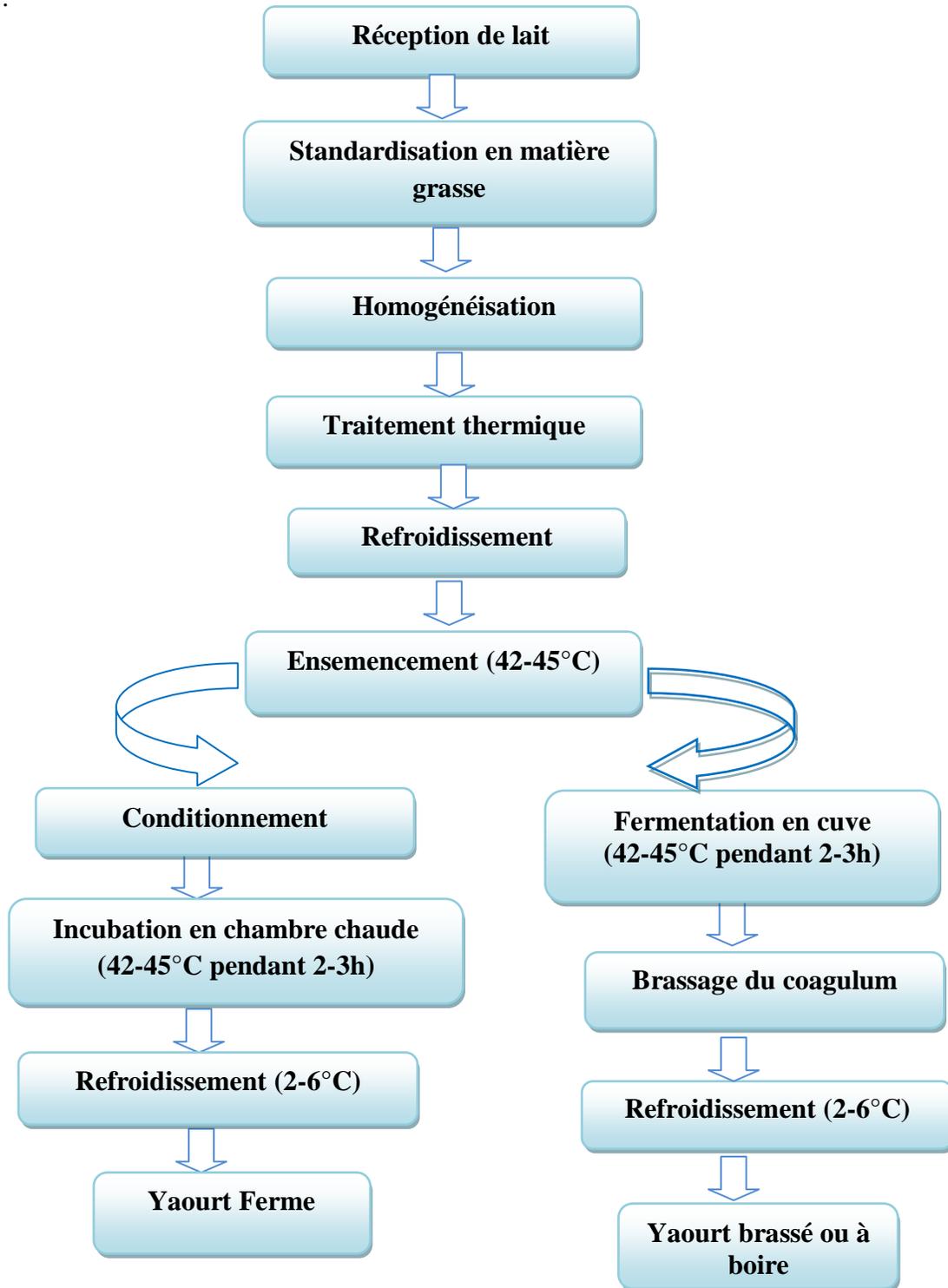


Figure 04 : Diagramme de fabrication des yaourts ferme et brassé (Seydi, 2002).

Matériel
Et Méthodes

II.1. Matériel végétal

Après triage, lavage, égouttage et séchage à l'étuve à 40°C, les graines de melon, pastèque et citrouille ont été broyées et tamisées à la granulométrie désirée ($\leq 500\mu\text{m}$) puis conservées à 4°C et à l'abri de la lumière pour des extractions et analyses ultérieures.

II.2. Analyses physico-chimiques des graines de melon, pastèque et citrouille

II.2.1. Test d'humidité

La teneur en humidité des graines étudiées a été déterminée selon la méthode (AOAC, 1990), après avoir séché les échantillons à 105°C jusqu'à un poids constant.

Les résultats sont exprimés comme suit :

$$\text{Teneur en humidité (\%)} = \frac{M_f - M_s}{M_f} \times 100$$

Où : M_f : Masse (mg) de la matière végétale fraîche avant séchage.

M_s : Masse (mg) de la matière végétale après séchage.

II.2.2. Activité de l'eau (A_w)

L'activité de l'eau représente la quantité d'eau libre contenue dans un aliment. Elle est directement assimilée à sa sensibilité à la dégradation ou à la conservation. Elle a été mesurée à l'aide d'un A_w -mètre ; un appareil de mesure de l'activité de l'eau (DECAGON ; modèle Aqua Lab). La poudre de graines (1 g) a été placée dans le porte échantillon puis dans l'appareil de mesure de l'activité de l'eau et la mesure a été enregistrée (Kormin et al., 2021).

II.2.3. Détermination du pH

Pour la mesure du pH, 5 g de poudre de graines étudiées ont été mis en suspension dans 100 mL d'eau distillée et le mélange est filtré à travers un papier filtre. Les valeurs de pH ont été déterminées en immergeant la sonde du pH-mètre directement dans le filtrat obtenu (Demirkol et Tarakci, 2018).

II.2.4. Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable a été réalisée selon le protocole décrit par Rajeev et Kok (2017). Une quantité d'échantillon (1g) a été additionnée à 20mL d'eau distillée, la solution obtenue a été homogénéisée. Pour déterminer l'acidité de chaque échantillon, quelques gouttes de phénolphthaléine ont été ajoutées à la solution préparée puis le titrage est effectué avec une solution d'hydroxyde de sodium NaOH (0,1N) jusqu'à l'apparition du virage de couleur.

$$\text{Acidité (g/100g)} = \frac{V \times N (\text{NaOH}) \times \text{EQ (A.T)}}{m} \times 100$$

Où : **V** : chute de burette (mL)
N : normalité de NaOH (0,1N)
EQ(A.T) : équivalent gramme d'acide tartrique (0,75).
m : masse de la prise d'essai en (g)

II.2.5. Détermination du taux de cendres

Au préalable le creuset en porcelaine a été chauffé à 300°C /15min puis pesé après refroidissement. Une quantité de poudres de graines (2g) a été incinérée dans un four à moufle à 600°C/6h (AOAC, 1990).

La teneur en cendres a été déterminée en pourcentage (%) selon la formule suivante :

$$\text{Cendres}(\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_i} \times 100$$

Où : **m₁** : masse (g) de creuset avec cendres ;
m₂ : masse (g) du de creuset vide ;
m_i : masse (g) initiale d'échantillon.

II.2.6. Dosage des minéraux

Pour quantifier la teneur en minéraux : 1g de poudre de graines a été incinéré pendant 30 min puis digéré avec 1mL d'acide nitrique pur. Le mélange a été homogénéisé jusqu'à évaporation complète de l'acide nitrique. Le résidu a été dissous dans 2mL d'HCl pur jusqu'à évaporation de l'acide puis rincé avec 10mL d'eau bidistillée et filtré. La solution obtenue a été ajustée à un volume final de 25 mL et conservée à 4°C pour l'analyse de la composition minérale par Spectrométrie d'Emission Atomique à Plasma à Couplage Inductif (ICP-AES) (Senhadji et al., 2022).

II.2.7. Détermination du taux de protéines par la méthode de Kjeldahl

La teneur en protéines contenues dans les graines a été déterminée par le dosage de l'azote total selon la méthode officielle AOAC (2007). Cette analyse a été effectuée à l'aide d'un appareil de **Kjeldahl** (la digestion et la distillation) : dans un matras de Kjeldahl, 5g d'échantillon, 30mL d'acide sulfurique H₂SO₄ (98%), 2g de catalyseur (7g de K₂SO₄ et 0,8g de CuSO₄) ont été introduit, puis l'ensemble est mélangé et laisse digéré à une température élevée (420°C/1h) ; puis le matras est chauffé jusqu'à la transformation de la couleur noire en une couleur limpide, à cet instant-là, l'azote organique est transformé en azote minéral : c'est l'étape de minéralisation. Dans un autre matras, 10mL du contenu du premier matras, 20mL d'eau distillée et 30mL d'une solution d'acide borique (1%) et un volume d'une solution de

NaOH ont été introduit, ce qui permet la distillation de l'ammoniac. Ce dernier est titré à l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique et d'un indicateur coloré.

L'azote total a été calculé selon la formule ci-dessous:

- Azote total (N) % = $14.0067 \times (V_e - V_b) \times N / m \times 100$;
- Taux de protéines brutes (%) = Azote total (%) $\times 6,25$

Où : V_b : volume de NaOH 0,1N utilisé pour un essai blanc (mL).

V_e : volume de NaOH 0,1N utilisé pour la titration de la solution à doser (mL).

N : normalité de la solution de titration (HCl).

6,25 : facteur de conversion de l'azote en protéines;

M : masse de la prise d'essai (g) ;

14.0067: masse atomique de l'azote (g/mol).

II.2.8. Détermination du taux de matière grasse

Les lipides ont été déterminés par la méthode au Soxhlet : 10g de poudre de graines sont disposés dans une cartouche qui est introduite dans un extracteur de type Soxhlet, équipé à sa base d'un ballon contenant 200 mL de n-hexane. Ce dernier est mis en ébullition, sa vapeur passe par le tube latéral et se condense au niveau du réfrigérant. Le solvant remplit progressivement la chambre d'extraction contenant le solide, se charge d'une partie du produit à extraire et la solution est ensuite siphonnée automatiquement dans le ballon dès que la chambre d'extraction est pleine et ce pendant 5h. Le mélange recueilli est soumis à une évaporation du solvant à l'étuve à température modérée (40°C). Après évaporation du solvant et pesage du ballon, la différence de poids donne la teneur en lipides (**Rodriguez et al., 2013**).

II.2.9. Dosage des sucres totaux par la méthode de Dubois (1956)

Le dosage des sucres totaux solubles a été réalisé par la méthode de Dubois et al. (1956), qui est décrite par **Vagner d'Alencar Arnaut de Toledo (2012)**.

Avant de procéder au dosage des sucres totaux, une étape d'extraction à l'éthanol à 80% a été réalisée: 50mL d'éthanol à 80% ont été additionnés à 2g de poudre de graines. Le mélange a été agité pendant 2h à température ambiante puis filtré et conservé à 4°C.

Dans une série de tubes à essai, 200 μ L d'extrait sont additionnés à 200 μ L de phénol (5%) et à 1 mL de solution d'acide sulfurique concentrée (H_2SO_4). Le mélange a été chauffé au bain Marie à 100 °C pendant 5 min. Après refroidissement dans la glace fondante, la densité optique a été mesurée à 480 nm contre un blanc dans lequel 200 μ L d'alcool à 80% remplace l'extrait brut. Un étalon est construit grâce à une gamme de concentration d'une solution mère de glucose à 1mg/mL. Les quantités sont exprimées en mg/g de poids sec.

II.2.10. Détermination du taux de fibres

Une quantité d'échantillon (0,1g) a été digérée pendant 30min avec 10mL d'acide chlorhydrique (5%) puis le mélange a été filtré et lavé avec de l'eau chaude. Le résidu a été digéré avec 10mL d'hydroxyde de sodium (5%) sous reflux pendant 30 min, le mélange a été filtré et lavé à l'eau. La solution a ensuite été lavée avec 1mL d'alcool éthylique et 1mL d'éther éthylique, le résidu a été séché à 100°C pendant 2 h et la masse résiduelle a été considérée comme des fibres (Mekhoukhe et al., 2018).

II.3. Analyses phytochimiques des graines

II.3.1. Extraction des substances bioactives par bain ultrason

La méthode d'extraction utilisée est celle décrite par Fadimu et al. (2020). Un erlenmeyer contenant 200 mL d'éthanol à 40% et 2 g de poudre de graines a été placé dans un bain à ultrason dont les conditions optimales d'extraction sont une température de 50°C et un temps de sonication de 40min. Le contenu est ensuite centrifugé à 14000 tours pendant 5 minutes afin de culotter les débris cellulaires, et filtré sur papier filtre wattman N°1. La fin de l'extraction est marquée par l'évaporation à sec du filtrat dans une étuve ventilée réglée à 40°C/48h. L'extrait sec est ensuite redissout dans le solvant d'extraction à la concentration souhaitée et conservé dans des flacons opaques à 4°C.

Le rendement d'extraction a été calculé par la formule donnée par Falleh et al. (2008):

$$R (\%) = 100 \times (M_{\text{ext}}/M_{\text{éch}})$$

Où : **R** est le rendement en % ;

M_{ext} : est la masse de l'extrait après évaporation du solvant en mg.

M_{éch} : est la masse sèche de l'échantillon végétal en mg.

II.3.2. Dosage des substances bioactives

II.3.2.1. Dosage des polyphénols totaux

Le protocole utilisé est basé sur celui décrit par Brahmi et al. (2015). Dans des tubes à essais, un volume de 100 µL de chaque extrait a été mélangé avec 6mL d'eau distillée, de 500µL de réactif Folin-Ciocalteu et de 1,5mL d'une solution de carbonate de sodium à 20% et le volume total est ajusté à 10 mL avec l'eau distillée. Les tubes ont été agités et conservés pendant 1heure à l'obscurité et à température ambiante et l'absorbance a été lue à 760 nm.

Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique à différentes concentrations (Annexe 1). La teneur en

polyphénols totaux est exprimée en mg équivalent d'acide gallique de matière sèche d'échantillon (mg EAG/g MS).

II.3.2.2. Dosage des flavonoïdes

Le protocole utilisé est basé sur celui décrit par **Brahmi et al. (2015)**, avec quelques modifications. Dans des tubes à hémolyse, 1mL d'extrait, a été additionné de 1mL de solution de chlorure d'aluminium à 2%, le milieu est mélangé vigoureusement, incubé pendant 15min, à l'obscurité et à température ambiante. Les absorbances ont été lues à une longueur d'onde de 430nm. La teneur en flavonoïdes a été exprimée en mg équivalent Quercétine par g de matière sèche d'échantillon (mg EQ/g de MS) par référence à une courbe d'étalonnage (Annexe 1).

II.3.2.3. Dosages des flavonols

La méthode utilisée est basée sur celle décrite par **Mekhokhe et al. (2018)**, avec quelques modifications. Dans des tubes à hémolyse, 0,5mL d'extrait, a été additionné de 0,5mL de solution de trichlorure d'aluminium à 2 % et de 0,5mL d'acétate de sodium à 5% , l'ensemble est mélangé vigoureusement, incubé pendant 15min, à l'obscurité et à température ambiante. Les absorbances ont été lues à une longueur d'onde de 430nm.

La teneur en flavonols a été exprimée en mg équivalent rutine par g de matière sèche d'échantillon (mg ER/g de MS) par référence à une courbe d'étalonnage (Annexe 1).

II.3.2.4. Détermination de la teneur en tanins totaux

Le dosage des tanins a été réalisé selon le protocole mis au point par **Hagerman et Butler (1978)**. Un volume de 2 mL de la solution de BSA (1mg/mL) a été mélangé à 1mL de la solution de l'extrait éthanolique dilué; après une incubation de 24h à 4°C, le précipité a été récupéré par centrifugation à 4000 tours à 4°C pendant 15 minutes puis dissout dans 4mL de la solution tampon (sodium dodécylsulfate (SDS) (1%)/ triéthanolamine (TEA) (5%) et laissé à l'obscurité pendant 15min. Le mélange a été additionné de 1mL du réactif FeCl₃. Une incubation de 15 minutes a été suivie par la lecture de l'absorbance à 510 nm.

La teneur totale en tanins a été déterminée par l'utilisation de l'équation de régression linéaire obtenue à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide tannique (Annexe 1) et exprimée en milligramme équivalent acide tannique par gramme de matière sèche (mg EAT/g MS).

II.3.2.5. Dosage des caroténoïdes

L'extraction a été réalisée selon la méthode décrite par **Sass-Kiss et al. (2005)**. La poudre de graines (1 g) a été additionnée de 10mL du mélange hexane/acétone/éthanol (2/1/1). Après 30min d'agitation et séparation des deux phases, la phase supérieure, de couleur jaunâtre renfermant les caroténoïdes est récupérée. Le dosage des caroténoïdes totaux a été réalisé par spectrophotométrie à 420nm. Les teneurs en caroténoïdes ont été exprimées en mg équivalent β -carotène/100g de matière sèche (MS). Une courbe d'étalonnage a été préparée avec du β -carotène (mg/mL) (Annexe 1).

II.3.3. Evaluation des activités antioxydantes des extraits bruts des graines

II.3.3.1. Détermination de l'activité scavenger du DPPH'

Le protocole suivi est celui décrit par **Brahmi et al. (2015)**. Une série de dilutions a été préparée, puis chacune est additionnée par 1mL d'éthanol, suivie par un volume de 0,15mL de solution de DPPH. Un contrôle sans l'extrait a été préparé dans les mêmes conditions. Le tout a été incubé pendant une heure, à température ambiante et à l'obscurité. Les absorbances ont été mesurées à 517nm contre l'éthanol comme un blanc et servent à calculer le pourcentage d'inhibition du radical DPPH' qui est proportionnel au pouvoir anti-radicalaire de l'échantillon.

$$\% \text{ d'Inhibition (I \%)} = \frac{\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon}}{\text{Abs contrôle}} \times 100$$

II.3.3.2. Mesure de l'activité antioxydante par le test ABTS

Cette méthode est réalisée suivant le protocole décrit par **Ramful et al. (2010)**. Une solution mère d'ABTS a été préparée à 7 mmol/L avec du persulfate de potassium ($K_2S_2O_8$) à 2,45 mmol/L dissout dans de l'eau distillée. Le mélange obtenu a été conservé à l'obscurité, sous agitation et à température ambiante pendant 16 h avant usage. Il a été par la suite dilué avec de l'éthanol pur afin d'obtenir une absorbance de l'ordre de 0,7 à 734 nm. L'activité antioxydante a été mesurée en additionnant 0,1mL d'une solution éthanolique de l'extrait testé à 1,9mL de la solution d'ABTS⁺. Le mélange a été laissé pendant 7min à l'obscurité et à température ambiante avant de faire la lecture. Une courbe d'étalonnage du Trolox (Annexe 1) a été réalisée afin de quantifier l'activité des extraits en équivalents Trolox. Le pourcentage d'inhibition a été calculé de la même manière que pour le test au DPPH.

II.3.3.3. Détermination du pouvoir réducteur (FRAP ASSAY)

Le pouvoir réducteur des extraits a été évalué selon la méthode décrite par **Debbabi et al. (2016)**. Une série de dilutions des extraits et de trolox ont été préparées dans un tampon phosphate (0,2 M, pH 6,6). Puis, l'extrait ou le trolox, le ferrocyanure de potassium (1%, *p/v*) et le tampon phosphate ont été mélangés à des volumes égaux (500 μ L chacun). Le mélange a été incubé à 50°C pendant 20 min. Ensuite, 500 μ L d'acide trichloracétique (TCA : 10% *p/v*) ont été ajoutés au mélange réactionnel. Après centrifugation (1000 \times g/10 min), 1 mL de surnageant a été prélevé et additionné d'eau distillée (1mL) et de 0,2 mL de chlorure ferrique (0,1%, *p/v*). Après 30 min, l'absorbance a été mesurée à 700 nm. Le potentiel antioxydant des extraits a été estimé en équivalent Trolox après avoir établi une courbe d'étalonnage par l'utilisation de l'équation de régression linéaire obtenue à partir de cette dernière.

II.4. Elaboration d'un yaourt étuvé et enrichissement par les graines de cucurbitacées

La préparation des yaourts a été réalisée en respectant le diagramme de fabrication d'un yaourt standard avant l'ajout des poudres de graines. Les ingrédients utilisés pour cette préparation sont : l'eau minérale, la poudre de lait et du sucre cristallisé.

II.5. Analyses physico-chimiques des yaourts élaborés

L'humidité, le pH, l'acidité titrable, le taux de cendres, et le taux de protéines ont été déterminés en appliquant les mêmes protocoles que ceux décrits précédemment pour les poudres de graines avec quelques modifications.

D'autres paramètres physico-chimiques ont été déterminés, il s'agit de :

○ Capacité de rétention d'eau

Une masse de 20g de yaourt (Y) a été centrifugée à 4000g pendant 20 min à 4°C. Le surnageant a été versé et le précipité (W) a été pesé. La capacité de rétention d'eau a été calculée selon l'équation suivante :

$$\text{Capacité de rétention (\%)} = (W/Y) \times 100 \text{ (Ju et al., 2012).}$$

○ Degré Brix

Une goutte de l'échantillon du yaourt a été placée sur la surface du prisme, le réfractomètre a été dirigé vers une source lumineuse et à travers l'oculaire, deux zones sur l'échelle sont distinguées, une, claire et une autre foncée. La limite entre les deux zones marque la grandeur de la réfraction. Les résultats sont obtenus par simple lecture sur l'échelle de réfractomètre.

○ Teneur en matière grasse par méthode acido-butyrométrique

Une masse de 50g de yaourt est mise dans une fiole jaugée et le volume final est ajusté jusqu'à 100mL avec de l'eau distillée. L'acide sulfurique à 91% (11 mL) est ensuite introduit dans un butyromètre à lait puis 10 mL de yaourt dilué sont versés délicatement à la surface de l'acide et 1mL d'alcool isoamylique est rajouté. Le mélange est centrifugé à 1100tr pendant 5min dans un centrifugeur chauffant à 65°C. La lecture du résultat est effectuée en lisant les valeurs des deux graduations de la colonne de lecture (0-5%) séparant la matière grasse du reste du mélange puis une soustraction est faite ainsi le taux de matière grasse en % ou en g/L est déduit (**Chimie XIII-3B, 1985**).

○ Matière sèche totale

L'échantillon est préparé en brassant le yaourt jusqu'à homogénéité et la portion requise pour l'essai est prélevée. Ensuite, 1 à 2 g de l'échantillon homogénéisé ont été pesés dans une capsule d'aluminium, à fond plat, préalablement pesée. L'ensemble est chauffé sur un bain de vapeur, pendant 15min en exposant la plus grande surface possible de la capsule à la vapeur. Par la suite, le chauffage est réalisé pendant 3 heures dans une étuve ventilée maintenue à 100±2°C. Le refroidissement est fait dans un dessiccateur, le pesage est effectué rapidement et le résultat est reporté en % de matière sèche totale comme suit

$$\% \text{ de matière sèche totale} = \frac{P_2 - C}{P_1 - C} \times 100$$

Où : C : poids de la capsule vide ;

P₁ : poids de la capsule et de la prise d'essai ;

P₂ : poids de la capsule et du résidu après séchage (**AOAC, 1990**).

○ Viscosité

La mesure de la viscosité nous renseigne sur la consistance du yaourt. Elle a été mesurée par un viscosimètre rotatif modèle Brookfield digital et réalisée comme suit : sélectionner le mobile L3, la rampe de vitesse de cisaillement de 0,5 rpm, le temps de rampe pendant une minute, la mesure a été effectuée à température 5,5°C. La viscosité a été exprimée en centipoises (cp).

II.6. Analyses phytochimiques des extraits des yaourts élaborés

II.6.1. Extraction des composés phénoliques totaux

Une masse de 10g de yaourt a été additionnée de 2,5mL d'eau distillée. Le pH du mélange a été d'abord ajusté à l'aide d'une solution d'HCl (0,1M) à pH=4 avant d'être incubé à 45°C pendant 10min. Une centrifugation à 6000 tours/min pendant 20min a été réalisée pour

recupérer le surnageant dont le pH a été ajusté encore une fois par une solution de NaOH (0,1N) à pH = 7 avant de subir une 2^{ème} centrifugation à 6000 tours/min pendant 20min. Enfin, le surnageant récupéré a été conservé à 4°C (Muniandy et al., 2016).

II.6.2. Dosage des substances bioactives et évaluation des activités antioxydantes des extraits de yaourts élaborés

Les mêmes protocoles décrits précédemment pour le dosage des substances bioactives et l'évaluation des activités antioxydantes des extraits de graines sont adoptés pour les extraits de yaourts élaborés.

II.7. Analyse microbiologique des yaourts

A travers notre travail, nous avons recherché les différentes flores pathogènes dans les pots de yaourt enrichis et non enrichi, les résultats obtenus ont été comparé aux normes afin de juger leur conformité.

La détermination du nombre de coliformes totaux a été réalisé en suivant les étapes de la recherche et du dénombrement des coliformes par la technique du nombre le plus probable(NPP) (JORA N°58/2017). Pour les coliformes fécaux, la méthode de dénombrement des coliformes thermotolérants par comptage des colonies obtenues à 44°C conformément aux dispositions décrites dans le journal officiel N°75/2017 a été appliquée. Les *Salmonella spp.* ont été recherchées par la méthode ISO 21528-1, 2017.

Quant au dénombrement de *Staphylococcus aureus* la méthode utilisée spécifie une technique pour le dénombrement des Staphylocoques à coagulase positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces) par comptage des colonies obtenues en milieu solide (milieu au plasma de lapin et au fibrinogène) après incubation en aérobiose à 35°C ou 37° C (JORA N°14/2015; JORA N° 74/2017). Le dénombrement des levures et moisissures a été effectué par comptage des colonies.

Le dénombrement des bactéries sulfite-réductrices se développant en condition anaérobies a été réalisé en se référant à la méthode horizontale décrite dans le journal officiel N°51/2013.

NB : Le détail des différents protocoles utilisé est donné en Annexe 2.

II.8. Evaluation sensorielle des yaourts élaborés

L'analyse sensorielle est réalisée sur 4 échantillons de yaourt étuvé (1 témoin et 3 enrichis en poudre de graines de cucurbitacées), le panel de dégustation est composé de 10 membres experts. Ils ont été invités à déguster les échantillons de yaourt, servis dans des pots en verre transparent et présentés avec un code composé de 3 chiffres et exposés dans un ordre équilibré.

Un questionnaire a été remis au jury de dégustation pour évaluer les caractéristiques organoleptiques : couleur, odeur, sensation en bouche (gout sucré, arôme, acidité, arrière-goût), texture (consistance) des échantillons de yaourt formulé (Annexe 3).

Les données recueillies ont été traitées en se référant au logiciel XLSTAT version 16.5.3.2014, qui est un outil complet d'analyse de données et de statistiques. Les principales fonctionnalités de ce logiciel, utilisées pour interpréter les résultats sont comme suit : plan d'expérience, caractérisation de produits, Analyse en Composantes Principales (ACP), Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) et préférence Mapping (PREFMAP).

II.9. Etude statistique

L'analyse de variance dans cette étude est effectuée par le test ANOVA, ainsi des méthodes statistiques unies variées sont employées dans tous les tests. Les résultats sont ensuite suivis par le test Tukey's HSD avec un niveau de signification de 5% ($p = 0.05$). Le logiciel utilisé est JMP 10. Les données sont représentées par leur moyenne \pm erreur standard par rapport à la moyenne. Pour toutes les méthodes, trois répétitions sont effectuées (triplicata).

Résultats
Et Discussion

III.1. Analyses des graines étudiées

III.1.1. Analyses physicochimiques et composition chimique

Le **Tableau III** présente les propriétés physicochimique et la composition chimique de la poudre des graines des trois espèces de cucurbitacées (*C. melo*, *C. lanatus* et *C. pepo*).

Tableau III : Résultats des analyses des propriétés physico- chimiques et de la composition chimique de graines de cucurbitacées.

| Teneur | <i>Cucumis melo</i> | <i>Citrulus lanatus</i> | <i>Cucurbita pepo</i> |
|----------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Activité de l'eau | 0,598±0,002 ^a | 0,603±0,002 ^a | 0,542 ± 0,003 ^b |
| Humidité (%) | 28,84±0,25 ^b | 41,29±2,53 ^a | 25,73±1,39 ^c |
| pH | 7,04±0,01 ^a | 6,75±0,02 ^b | 7,03±0,01 ^a |
| Acidité titrable (%) | 1,05±0,75 ^a | 1,42±0,15 ^a | 1,2±0,04 ^a |
| Cendres(%) | 4,09±0,06 ^a | 3,32±0,21 ^b | 4,19±0,05 ^a |
| Fibres (%) | 19,17±4,27 ^a | 19,75±0,91 ^a | 15,15±1,48 ^b |
| Sucres totaux (mg/g) | 0,81± 0,10 ^a | 0,90 ±0,001 ^a | 0,92±0,10 ^a |
| Protéines (%) | 20,13±0,12 ^c | 22,07±0,18 ^b | 34,18±0,18 ^a |
| Lipides (g/100g MS) | 15,11± 1,12 ^c | 26,67±0,3 ^b | 31,76±0,5 ^a |

Les moyennes qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

○ Activité de l'eau

Les activités d'eau des poudres de *C. melo* (0,598±0,002%) et *C. lanatus* (0,603±0,002%), sont presque similaires sans différence significative ($p \geq 0,05$). Toutefois, celle de la poudre de *C. pepo* (0,542 ± 0,003%) est plus faible avec une différence significative ($P \leq 0,05$) et elle est comparable à celle rapportée par **Gemrot et al. (2006)** qui est de 0,544%.

○ Taux d'humidité

Les taux d'humidité des graines des trois espèces sont significativement différents ($p \leq 0,05$). La teneur la plus importante est attribuée à *C. lanatus* avec une valeur de 41,29±2,53%, suivie de celles de *C. melo* (28,84 ± 0,25%) et *C. pepo* (25,73±1,39%).

Comparativement aux travaux abordés par **Oko (2013)** sur *C. lanatus*, la valeur révélée dans cette étude est nettement inférieure à celle qu'il a enregistré (48,75%). Cependant, l'humidité de *Cucurbita maxima* (34,1%) notée par **Fedha et al. (2010)**, est supérieure à celle *C. pepo* étudiée.

La différence observée dans les taux d'humidité entre les données de cette étude et celles rapportées dans la bibliographie, pourrait être attribuée à l'influence de certains facteurs sur les propriétés physico- chimiques tels que la variabilité intra spécifique ou la procédure de séchage des graines (**Bankole et al., 2005 ; Chao et al., 2022**).

○ Valeurs de pH

Le potentiel d'hydrogène mesuré des deux espèces *C. melo* (7,04±0,01) et *C. pepo* (7,03±0,01) ne présentent pas de différence significative ($p \leq 0,05$). Toutefois, le pH de *C. lanatus* dont la valeur attribuée est de 6,75±0,02 est significativement est faible ($p \leq 0,05$). C'est ainsi que *C. lanatus* est plus acide que *C. melo* et *C. pepo*. **Kumar et Sasmal (2020)** ont déterminé un pH plus acide (4,5) pour *Curcubita moschata*.

Plusieurs recherches ont attribué le pH acide à une valeur approximative de 5,0 pour la famille des Cucurbitacées (**Bucko et al., 2015**). Un pH optimal de l'extrait des graines des cucurbitacées dépend de plusieurs facteurs, comme l'espèce et la maturité du fruit (**Murlidhar et al., 2017**).

○ Valeurs de l'acidité titrable

Les acidités titrables des trois espèces sont respectivement de 1,05±0,75 ; 1,42±0,15 et 1,2±0,04 mg EAT/100g MS pour *C. melo*, *C. lanatus* et *C. pepo*. La différence statistique entre les trois espèces est significative ($p \leq 0,05$). **Gohari et al. (2011)** ont rapporté une acidité nettement supérieure à celle de *C. pepo* (0,78 ± 0,02 mg KOH/g oil).

○ Teneurs en cendres

L'étude statistique a signalé une similitude ($p \leq 0,05$) en termes de teneurs en cendres des deux espèces *C. pepo* (4,19±0,05%) et *C. melo* (4,09±0,06%). Tandis que, *C. lanatus* renferme une teneur en cendre plus faible (3,32±0,21%) avec une différence significative ($p \leq 0,05$).

Pour *C. pepo*, **Chukwuemeka Ike (2020)** a rapporté un taux de 5,92±0,81% et **Gohari et al. (2011)**, un taux de 5,34 ± 0,04% qui sont plus élevés comparativement à ceux trouvés dans ce travail. Concernant l'espèce *C. melo*, une teneur légèrement inférieure est notée par **Mehra et al. (2015)** (3,636%). En outre, comparée à la teneur (2,48±0,01%) rapportée par **Cemaluk (2015)**, l'espèce de *C. lanatus* explorée dans cette étude est plus riche en cendres.

○ Teneurs en fibres

L'analyse statistique des poudres de graines de *C. lanatus* et *C. melo* a cerné la teneur la plus élevée en fibres brutes dont les valeurs respectives sont de $19,75 \pm 0,91\%$ et $19,17 \pm 4,27\%$ avec une différence non significative ($p \geq 0,05$). À l'opposé, *C. pepo*, a présenté la teneur la moins importante ($15,15 \pm 1,48\%$) avec une différence significative ($p \leq 0,05$).

La teneur en fibres de *C. lanatus* étudié a dépassé ceux trouvés par **Cemaluk (2015)** (2,37%), **Shahein et al. (2022)** ($3,65 \pm 0,05\%$) et **Gwana et al. (2014)** ($7,8 \pm 0,06\%$). Paradoxalement, les teneurs respectives en fibres de *C. lanatus* de $48,26 \pm 5,26$, 31,8% et $29,50 \pm 0,35$ déterminées par **Rezig et al. (2019)**, **Nyam et al. (2013)** et **Varghese et al. (2013)**, sont nettement supérieures.

○ Teneurs en sucres totaux

Les teneurs en sucres de *C. melo* ($0,81 \pm 0,10\%$), *C. lanatus* ($0,90 \pm 0,001\%$) et *C. pepo* ($0,92 \pm 0,10\%$) sont statistiquement similaires ($p \geq 0,05$). En revanche, **Rezig et al. (2019)** ont noté des teneurs en sucres plus élevées (*C. pepo* : $1,15 \pm 0,11\%$; *C. lanatus* : $1,85 \pm 0,16\%$ et *C. melo* : $1,05 \pm 0,11\%$).

○ Teneurs en protéines

L'analyse statistique a décelé une différence significative ($p \leq 0,05$) entre les teneurs en protéines des trois espèces. *C. pepo* marque la teneur la plus élevée ($34,18 \pm 0,18\%$) par rapport à *C. lanatus* ($22,07 \pm 0,18\%$) et *C. melo* ($20,13 \pm 0,12\%$).

La richesse des graines de *C. pepo* en protéines est confirmée par **Krimer-Malesevic (2020)** qui a rapporté qu'elles sont responsables de leur activité antiparasitaire (helminthes). En outre, le résultat obtenu par **Ahsan et al. (2015)** pour *C. pepo* (34,56%) est similaire à celui trouvé dans cette étude. Contrairement à **Elinge et al. (2012)** et **Nyam et al. (2013)** qui ont noté des teneurs inférieures de 27,48 et $24,27 \pm 0,70\%$ pour *C. pepo*, respectivement.

La différence entre proportions en protéines est probablement liée à la composition proximale de la graine de différents cultivars, ainsi qu'à la génétique et aux conditions de culture (**Singh et Kumar, 2021**).

○ Teneurs en lipides

Statistiquement, la différence de teneurs en lipides entre les trois espèces de cucurbitacées est significative ($p \leq 0,05$), celle de *C. pepo* est plus élevée ($31,76 \pm 0,5\%$) que celles de *C. lanatus* ($26,67 \pm 0,3\%$) et *C. melo* ($15,11 \pm 1,12\%$).

À l'opposé, **Ahsan et al. (2015)**, **Rezig et al. (2019)** et **Chukwuemeka Ike (2020)** ont noté des valeurs plus élevées de l'ordre de 36,70 ; 35,53±4,26 et 33,12 ±2,20% pour l'espèce *C. pepo*, respectivement. Quant à **Da Cunha et al. (2020)**, ils ont enregistré une teneur (30%) légèrement inférieure à celle trouvée dans cette étude. Pour *C. lanatus*, **Cemaluk (2015)** a décelé une grande richesse en termes de lipides (41,84%) chez cette espèce, contrairement à **Rezig et al. (2019)** qui ont noté une faible teneur (19,23±1,55%).

III.1.2. Dosage des minéraux

Les teneurs en minéraux des graines étudiées sont rapportées dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV : Teneurs en minéraux des graines de cucurbitacées étudiées.

| Minéraux (mg/100g) | <i>Cucurbita pepo</i> | <i>Citrulus lanatus</i> | <i>Cucumis melo</i> |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Cu | 2,005±0,040 ^a | 0,87±0,01 ^c | 1,31±0,02 ^b |
| Fe | 9,76±0,03 ^a | 5,05±0,01 ^b | 9,06 ±0,02 ^a |
| Mn | 3,31 ±0,03 ^a | 1,68±0,01 ^c | 2,09±0,02 ^b |
| Zn | 67,22±0,06 ^a | 6,96 ±0,01 ^c | 62,46 ±0,06 ^b |
| Ni | 0,37±0,08 ^b | 0,36 ±0,04 ^b | 0,39±0,02 ^a |
| Li | 0,28±0,01 ^b | 0,47 ±0,01 ^a | 0,15 ±0,05 ^c |
| Rb | 3305,88±0,06 ^c | 4162,08±0,02 ^a | 3625,65±0,02 ^b |

Les moyennes qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

- **Zinc (Zn)**

La différence statistique en teneurs en Zinc est significative entre les trois espèces ($p \leq 0,05$). Le taux le plus élevée a été enregistré pour la poudre de *C. pepo* (67,22±0,06%), suivi de *C. melo* (62,46 ±0,06%) puis de *C. lanatus* (6,96±0,01%). **Rezig et al. (2019)** et **Shalaby et al. (2020)** ont trouvé des concentrations inférieures (8,42±0,84% et 6,07%) comparativement aux résultats enregistrés dans notre travail.

- **Fer (Fe)**

L'analyse ANOVA a démontré une différence significative ($p \leq 0,05$) entre les concentrations en fer des les trois matières végétales dont les valeurs respectives sont de 9,76±0,03%, 9,06 ±0,02% et 5,05±0,01% pour *C. pepo*, *C. lanatus* et *C. melo*. Notons que la citrouille a présenté la teneur la plus élevée par rapport à celles signalées par **Mallek-Ayadi et al. (2019)** (2,69 ±0,81%) et **Biswas et al. (2012)** (3,75 ±0,02%).

- **Manganèse (Mn)**

Toutes les valeurs obtenues de manganèse sont significativement différentes ($p \leq 0,05$) entre les trois types de graines : *C. pepo* (3,30±0,03%), *C. lanatus* (1,68±0,01%) et *C. melo*

(2,09±0,02%). La teneur la plus prononcée est celle attribuée à *C. pepo*. Cependant, **Kale et al. (2020)** ont cerné un taux plus élevé (22,73%).

- **Cuivre (Cu)**

La proportion en cuivre est nettement différente avec une différence significative ($p \leq 0,05$) entre *C. pepo* (2,01±0,04%), *C. lanatus* (0,86±0,01%) et *C. melo* (1,31±0,02%) dont la meilleure est celle de la citrouille. Toutefois, **Shalaby et al. (2020)** ont exprimé une valeur supérieure (3,94 mg/100 g) pour cette dernière.

- **Nickel (Ni)**

Les concentrations en nickel enregistrées sont significativement différentes ($p \leq 0,05$) entre *C. pepo* (0,37±0,08%), *C. lanatus* (0,36 ±0,04%) et *C. melo* (0,39±0,02%) avec une richesse marquée de cette dernière.

- **Litium (Li)**

L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p \leq 0,05$) entre les pourcentages en litium de *C. pepo* (0,28±0,01%), *C. melo* (0,14±0,05%) et *C. lanatus* (0,46±0,01%). Cette dernière a marqué la concentration la plus élevée.

- **Rubidium (Rb)**

La teneur en rubidium des trois matrices est nettement différente en termes d'analyse statistique ($p \leq 0,05$). *C. lanatus* a manifesté le contenu le plus important (4162,08±0,02%) par rapport au *C. pepo* (3305,88±0,06%) et *C. melo* (3625,65±0,018%).

Cette différence dans les pourcentages des micronutriments peut être expliquée par la diversité variétale et la composition matricielle des graines étudiées (**Pashkova , 2009**).

III.1.3. Analyses phytochimiques

III.1.3.1. Rendement d'extraction

Pour l'extraction des molécules bioactives par bain ultrason, les conditions optimales (Température : 50C°, Temps : 40min, Fréquence : 50-60HZ, Puissance : 100 W et concentration du solvant : éthanol 40%) utilisées par **Fadimu et al. (2020)**, sont empreintées dans cette expérience. Après évaporation, les extraits du melon, pastèque et citrouille sont récupérés. Le rendement a été calculé et exprimé en pourcentage de masse d'extrait par rapport à la masse de la matière sèche (**Tableau V**).

Tableau V : Rendements d'extraction des extraits de : *Citrulus lanatus*, *Cucumis melo* et *Cucurbita pepo*.

| Espèce | <i>Citrulus lanatus</i> | <i>Cucumis melo</i> | <i>Cucurbita pepo</i> |
|---------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|
| Rendement (%) | 21,97 | 23,83 | 23,72 |

Il a été constaté que les rendements d'extraction des extraits éthanoliques de *C. melo* et *C. pepo* avec des taux respectifs de 23,83% et 23,72% sont presque similaires et celui de l'extrait de *C. lanatus*, est moins important (21,97%). Comparativement à **Fadimu et al. (2020)**, l'espèce *C. lanatus* a détenu dans les mêmes conditions d'extraction, un rendement plus faible (7,94%). De plus, **Neglo et al. (2021)**, ont noté un taux très largement inférieur qui est de 3,03% dans des conditions d'extraction différentes.

Les rendements d'extraction les plus élevés de *C. melo* et *C. pepo* peuvent être attribués à la polarité de leur composés bio actifs qui présentent une meilleure affinité avec le solvant utilisé (éthanol à 40%), d'où une solubilisation prononcée et par conséquent, extraction importante. Contrairement au *C. lanatus*, la récupération faible peut être expliquée par la composition chimique des ses métabolites secondaires qui présentent moins de solubilité dans le solvant éthanol/eau.

Cette différence peut être également liée à la dégradation oxydative probable produite par le traitement aux ultrasons prolongé (**Tsiaka et al., 2015**).

III.1.3.2. Analyse quantitative des composés actifs

○ Détermination des polyphénols totaux

La teneur en PTT a été déterminée par la méthode colorimétrique utilisant le réactif du Folin Ciocalcu dont les résultats donnés par la courbe de régression (Annexe 1) sont exprimés en milligrammes équivalent acide gallique (standard) par gramme (mg EAG/g) .

Les teneurs en polyphénols totaux des extraits des graines des cucurbitacées sont rapportées dans la Figure ci-dessous.

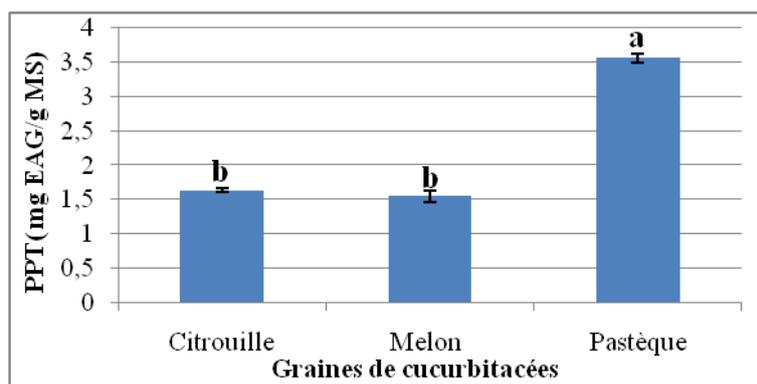


Figure 05 : Teneurs en polyphénols totaux des extraits de graines des cucurbitacées.

PPT : polyphénols totaux, EAG : Equivalent acide gallique, MS : Matière sèche.

Les moyennes qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$)

Comme le montre la figure 05, l'extrait *C. lanatus* a présenté la teneur la plus élevée en PTT ($3,56 \pm 0,06$ mg EAG/g MS) dont la différence est significative ($p \leq 0,05$) par rapport aux extraits de *C. pepo* et *C. melo* qui manifestent une similarité ($p \geq 0,05$) en termes de teneurs de $1,63 \pm 0,03$ et $1,55 \pm 0,08$ mg EAG/g, respectivement. Le résultat enregistré par **Mehra et al. (2015)** ($4,222$ mg EAG/g) pour l'extrait méthanolique de *C. lanatus*, est supérieur à celui trouvé dans cette étude. Contrairement à **Neglo et al. (2021)** et **Etim et al. (2013)**, ont enregistré des taux plus faibles de $0,04 \pm 0,03$ et $0,96 \pm 0,12$ mg EAG/g, respectivement. De même, **Seidu et Otutu (2016)** ont rapporté un contenu en PPT plus important de l'ordre de $5,63$ - $8,40$ mg EAG/g pour *C. lanatus*.

o Détermination des flavonoïdes

La spectrophotométrie a permis de quantifier les flavonoïdes dans les trois extraits. La teneur en flavonoïdes est exprimée en milligramme équivalent de quercétine par gramme de matière sèche (mg EQ/g MS) (Figure 06) par rapport à une courbe d'étalonnage (Annexe 1).

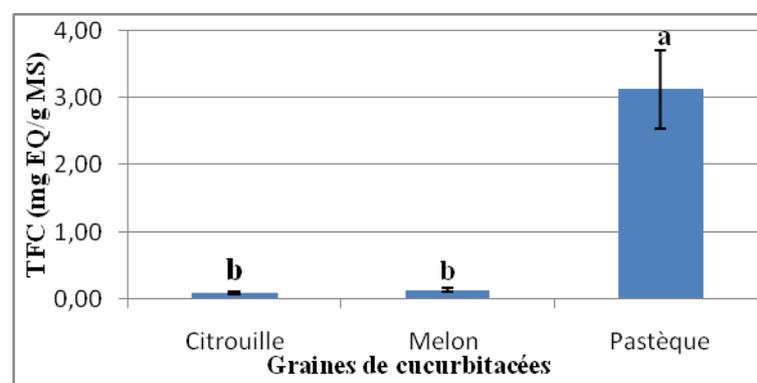


Figure 06: Teneurs en flavonoïdes des échantillons de graines de cucurbitacées

TFC : Flavonoïdes totaux, EQ : Equivalent Quercétine, MS : Matière sèche.

Les moyennes qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$)

La moyenne des teneurs en flavonoïdes de *C. lanatus* est significativement différente ($p \leq 0,05$) à celles de *C. pepo* et *C. melo*. *C. lanatus* détient la plus haute valeur en flavonoïdes ($3,13 \pm 0,58$ mg EQ/g) suivi de l'extrait de *C. pepo* et *C. melo* avec des teneurs respectives de $0,13 \pm 0,03$ et $0,10 \pm 0,02$ mg EQ/g MS. Mehra et al. (2015) et Seidu et Otutu (2016) ont rapporté des valeurs comparables pour *C. Lanatus* qui sont de 3,066 et $3,51 \pm 0,143$ mg/g), respectivement. Dans le même contexte, des teneurs supérieures de $9,96 \pm 0,86$ mg ER/g et $154,26 \pm 0,3$ mg/g sont décelées par Etim et al. (2013) et Verghese et al. (2013), respectivement.

Pour à *C. melo*, Mehra et al. (2015), ont estimé une teneur largement supérieure ($401,288$ μ g ECT/mg). De même Gabriela et al. (2014) ont signalé une richesse en flavonoïdes de graines de *C. pepo* ($32,03 \pm 1,39$ mg/g).

o Détermination des flavonols

La détermination de la teneur en flavonols a été effectuée en utilisant comme référence la quercétine dont les résultats obtenus (Figure 07) sont exprimés en milligrammes équivalent de quercétine par gramme de matière sèche (mg EQ/g MS), à partir de la courbe d'étalonnage (Annexe 1).

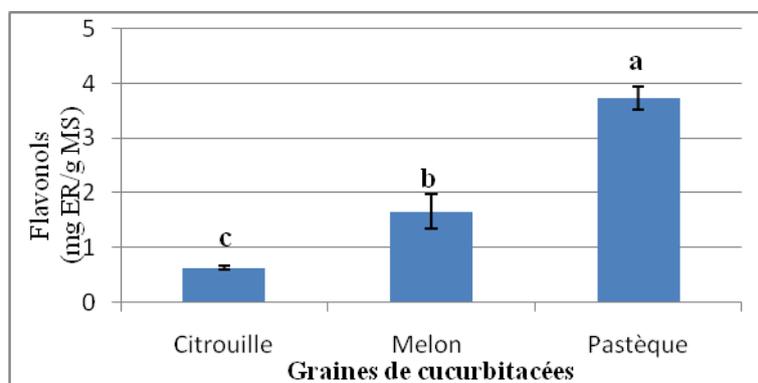


Figure 07: Teneurs en flavonols des extraits de graines de cucurbitacées

ER : Equivalent Rutine, MS : Matière sèche.

Les moyennes qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

Les teneurs moyennes en flavonols varient d'un extrait à un autre, d'où la différence statistique est significative ($p \leq 0,05$). Les résultats montrent que l'extrait des graines du *C. lanatus* s'est avéré être le plus riche en composés flavonoliques avec un contenu de $3,58 \pm 0,20$ mg EQ/g, comparé aux extraits de graines de *C. melo* ($1,66 \pm 0,31$ mg EQ/g) et *C. pepo* ($0,63 \pm 0,03$ mg EQ/g). Paradoxalement, Etim et al. (2013) ont rapporté une richesse plus exprimée en flavonols concernant *C. lanatus* ($39,56 \pm 6,47$ mg ER/g).

○ Détermination des tannins totaux

La détermination de la teneur des tannins est effectuée en utilisant comme référence l'acide tannique dont les résultats obtenus (Figure 08) sont exprimés en milligrammes équivalent d'acide tannique par gramme de matière sèche (mg EAT/g MS), à partir de la courbe d'étalonnage (Annexe 1).

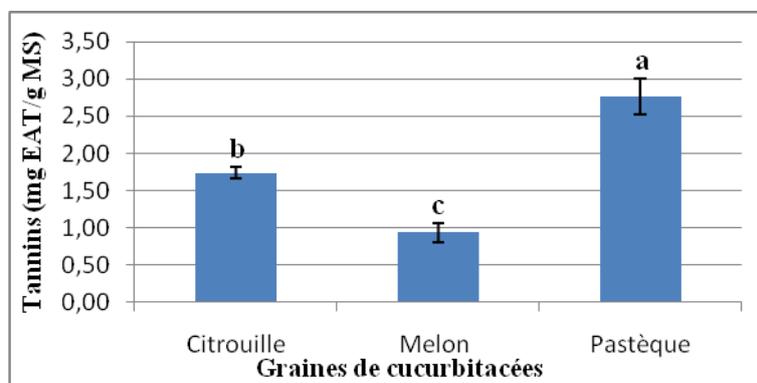


Figure 08: Teneurs en tannins des extraits de graines de cucurbitacées

EAT : Equivalent acide tannique, MS : Matière sèche.

Les moyennes qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

La quantification des tannins a donné comme résultats pour *C. lanatus* : $2,75 \pm 0,24$ mg EAT/g MS, *C. pepo* : $1,75 \pm 0,092$ mg EAT/g MS et *C. melo* : $0,94 \pm 0,12$ mg EAT/g MS. L'analyse statistique a révélé une différence significative ($p \leq 0,05$) entre les moyennes des tannins de ces espèces.

A la différence des résultats enregistrés par **Braide et al. (2012)** et **Gwana et al. (2014)** à des taux respectifs de 0,035 % et $0,04 \pm 0,001\%$, *C. lanatus* étudié a donné le taux le plus élevé. De même, **Sema et al. (2020)** ont dévoilé une diminution plus prononcée en tannins avec une proportion de 39,40 mg/100g chez *C. pepo*.

○ Détermination des caroténoïdes

La quantification des caroténoïdes exprimée en milligrammes équivalent β -carotène par gramme de matière sèche (mg E β C/g MS) est illustrée par un histogramme (Figure 09).

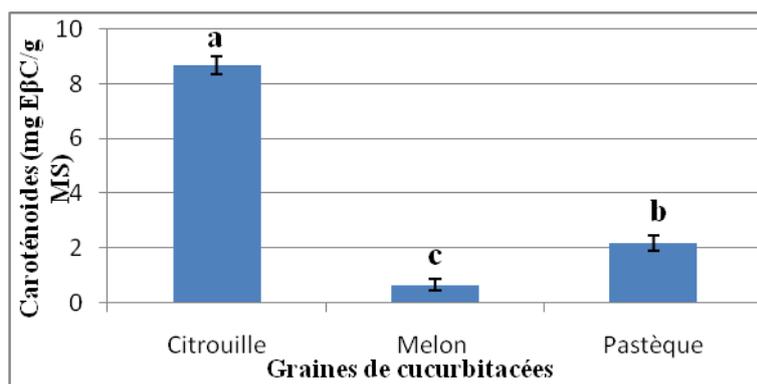


Figure 09: Teneurs en caroténoïdes des extraits de graines de cucurbitacées.

EβC : Equivalent β-carotène, MS : Matière sèche.

Les moyennes qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$)

La différence statistique est nettement significative ($p \leq 0,05$) entre les teneurs en caroténoïdes attribuées aux trois espèces. La moyenne la plus élevée dans cette étude est notée pour *C. pepo* ($8,69 \pm 0,31$ mg EβC/g), suivie de *C. lanatus* ($2,19 \pm 0,28$ mg EβC/g) et de *C. melo* ($0,65 \pm 0,20$ mg EβC/g). **Hussain et al. (2021)**, ont révélé une teneur plus faible en caroténoïdes dans les graines de *C. pepo* ($0,35 \pm 0,049$ mg/g) et **Mallek-Ayadi et al. (2019)** ont également rapportée pour *C. melo* une faible teneur de l'ordre de $0,0023$ mg/g.

D'une manière générale, il est à noter que la différence des résultats de la quantification des polyphénols totaux, flavonoïdes, flavonols et tannins lors de cette étude par rapport à la littérature, est à l'origine de plusieurs facteurs notamment, la nature chimique des composés, le solvant utilisé, le procédé d'extraction employé (**Nacz et Shahidi, 2006**), l'origine (**Ebrahimzadeh et al., 2008**), la variété, la saison de culture, la saison de récolte, les conditions climatiques et environnementales (**Park et Cha, 2003**).

III.1.4. Détermination de l'activité antioxydante

III.1.4. 1. Test au DPPH

Une courbe d'étalonnage (Figure 10) est établie en tenant compte des différentes solutions du standard DPPH. Les taux d'inhibition sont calculés en fonction de la mention dose- dépendante (IC_{50}) exprimée en mg/mL à partir de la courbe de régression.

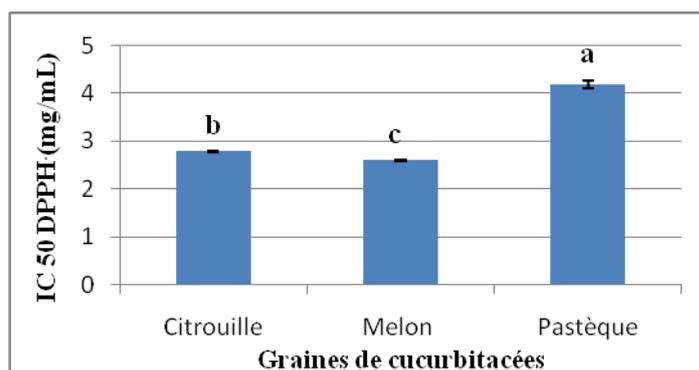


Figure 10 : Inhibition du radical DPPH exprimé en IC₅₀ (mg/mL) des extraits de graines de cucurbitacées.

Les moyennes qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$)

Le pourcentage d'inhibition à 50% du radical DPPH^{*} des extraits éthanoliques des trois espèces est illustré sous forme d'un histogramme (Figure 10). Les données des IC₅₀ (mg/mL) sont mentionnées par ordre d'importance en terme d'activité antioxydante : *C. melo* : 2,58±0,02 ; *C. lanatus* : 2,78±0,01, et *C. pepo* : 4,18±0,08 mg/mL. Statistiquement, il y a une différence significative ($p \leq 0,05$) entre les trois espèces étudiées.

Il n'est pas possible de comparer les valeurs obtenues à celles de d'autres chercheurs car les résultats ne sont pas exprimés de la même manière. Dans cette optique, **Neglo et al. (2020)** ont exprimé leur résultats en pourcentage de réduction des radicaux libres (DPPH^{*}) par l'extrait de *C. lanatus* qui est de 41,10±5,28% pour une concentration de 5 mg/mL et **Sathya et Shoba (2014)** ont révélé un pourcentage d'inhibition de 2,1% pour une concentration de 1,95 µg/mL.

III.1.4.2. Test à l'ABTS

L'histogramme obtenu (Figure 11), expriment le pourcentage d'inhibition à 50% du radical cationique ABTS⁺⁺, en se basant sur les densités optiques obtenues à partir des préparations éthanoliques des trois espèces de cucurbitacées.

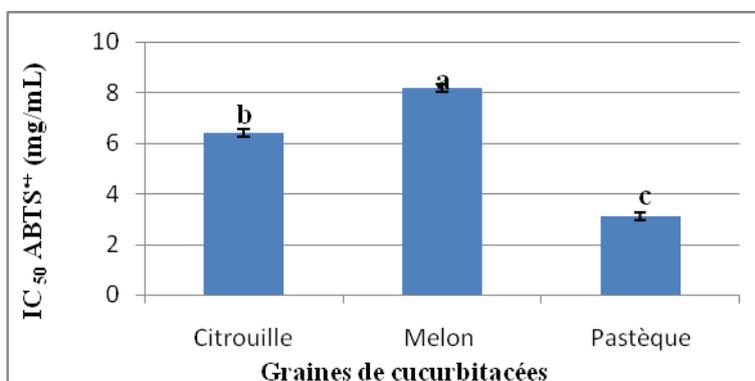


Figure 11 : Inhibition du radical ABTS⁺⁺ exprimé en IC₅₀ (mg/mL) des extraits de graines de cucurbitacées.

Les moyennes qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

L'analyse statistique de l'activité anti-ABTS⁺ de *C. melo* ($8,18 \pm 0,13$ mg/mL), *C. pepo* ($6,40 \pm 0,15$ mg/mL) et *C. lanatus* ($3,09 \pm 0,14$ mg/mL) a révélé une différence significative ($p \leq 0,05$) (Figure 11). *C. lanatus* est doté du pouvoir anti-ABTS⁺ à 50%, le plus prononcé par rapport aux deux autres espèces.

Neglo et al. (2021) ont déterminé un taux d'inhibition de $56,10 \pm 0,01\%$ à une concentration de 5mg/mL pour l'extrait méthanolique de *C. lanatus*.

L'examen de ces résultats a montré que les différents extraits, notamment celui *C. lanatus*, ce sont révélés plus actifs sur le radical DPPH[•] que sur le radical ABTS⁺ ce qui s'oppose aux résultats obtenus par **Kim et al. (2002)** et **Arnao (2000)**.

III.1.4.3. Test du pouvoir réducteur (FRAP)

Une courbe d'étalonnage (Annexe 1) est établie en tenant compte des différentes concentrations du Trolox (T). Les résultats des extraits éthanoliques obtenus sont exprimés en mg ET/g en fonction des densités optiques obtenues.

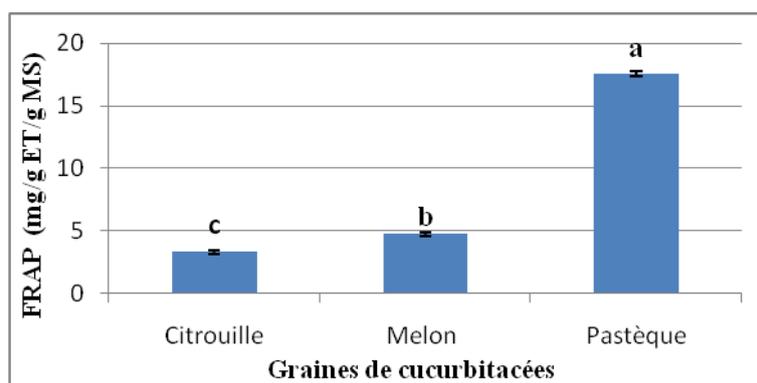


Figure 12: Pouvoir réducteur (FRAP) des extraits de graines de cucurbitacées.

FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Power, ET : Equivalent Trolox, MS : Matière sèche.

Les moyennes qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

L'analyse statistique a notée une différence significative ($p \leq 0,05$) entre les trois espèces (Figure 12). L'activité réductrice des ions ferreux par l'extrait de *C.* ($17,56 \pm 0,17$ mg ET/g), est plus prononcée que ceux des extraits de *C. melo* ($4,70 \pm 0,12$ mg ET/g) et *C. pepo* ($3,29 \pm 0,14$ mg ET/g). A titre comparatif, le statut réducteur, *C. lanatus*, testé par **Seidu et al. (2016)** est proche avec une valeur de 16 mg/g à celui trouvé dans cette étude. A l'opposé, **Mehra et al. (2015)** ont enregistré un pouvoir le plus faible ($1,23$ mg EB/g). Par ailleurs, ces auteurs ont noté un pouvoir réducteur modéré ($5,63$ mg EB/g) pour *C. melo*.

Il est à signaler que l'activité antioxydante est justifiée par la présence de molécules bioactives telles que les acides phénoliques, les flavonoïdes, les flavonols et les tannins. Ainsi, la variation observée en potentiels antioxydants peut être attribuée directement à la polarité du solvant utilisé, phénomène de solubilisation des molécules bioactives, et la méthode d'extraction utilisée (Ebrahimzadeh et al., 2008).

Les méthodes de séchage influencent également les propriétés physicochimiques et fonctionnelles des cucurbitacées utilisées sous forme de graines (Chao et al., 2022). De plus, les différences entre les espèces, les variétés, les stades de maturation, le système de fertilisation et les conditions de culture en font partie (Shalaby et al., 2020).

III.2. Analyses des yaourts enrichis de graines de cucurbitacées

III.2.1. Analyses physicochimiques et composition chimique

Le Tableau (VI) présente la composition physicochimique des quatre yaourts élaborés.

Tableau VI : Résultats d'analyses physicochimiques des yaourts élaborés.

| Teneur | Yaourt melon (YM) | Yaourt pastèque (YP) | Yaourt citrouille (YC) | Yaourt témoin (YT) |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Humidité (%) | 75,26 ± 0,99 ^a | 74,33 ± 0,91 ^a | 73,95 ± 0,14 ^a | 76,96 ± 0,59 ^b |
| pH | 4,71 ± 0,25 ^b | 4,55 ± 0,01 ^b | 5,17 ± 0,01 ^a | 5,65 ± 0,02 ^a |
| Acidité titrable (%) | 0,57 ± 0,05 ^b | 0,70 ± 0,01 ^a | 0,698 ± 0,005 ^a | 0,502 ± 0,005 ^b |
| Cendres (%) | 0,86 ± 0,05 ^a | 0,46 ± 0,15 ^b | 0,43 ± 0,05 ^b | 0,19 ± 0,15 ^c |
| Viscosité (cp) | 16980 ± 445,40 ^b | 16244,67 ± 797,84 _b | 28723,67 ± 826,16 ^a | 29236,67 ± 434,05 ^a |
| Matière sèche (%) | 22,66 ± 0,12 ^a | 23,98 ± 0,07 ^a | 24,50 ± 0,08 ^a | 21,85 ± 0,1 ^b |
| Brix | 19,70 ± 0,05 ^a | 17,63 ± 0,20 ^b | 18,33 ± 0,25 ^a | 17,33 ± 0,30 ^b |
| Rétention d'eau | 90,07 ± 0,54 ^a | 89,89 ± 0,10 ^a | 88,33 ± 1,14 ^a | 83,12 ± 0,10 ^b |
| Sucres totaux (mg/g) | 141,33 ± 12,54 ^b | 119,98 ± 15,66 ^c | 142,70 ± 9,30 ^b | 162,26 ± 4,95 ^a |
| Protéines (%) | 3,190 ± 0,005 ^b | 3,60 ± 0,03 ^b | 3,76 ± 0,085 ^a | 3,10 ± 0,01 ^b |
| Lipides | 3,4 ± 0,1 ^a | 3,5 ± 0,1 ^a | 3,7 ± 0,1 ^a | 3,26 ± 0,11 ^a |

Les moyennes qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

○ Taux d'humidité

L'étude statistique a révélé une différence non significative entre les trois yaourts (YM : 75,26 ± 0,99%, YP : 74,33 ± 0,91%, YC : 73,95 ± 0,14% ($p \geq 0,05$)). Quant au YT, il a montré un taux d'humidité de 76,96 ± 0,59%, la différence est significative ($p \leq 0,05$) par rapport aux YP et YC et similaire au YM. Les taux marqués sont inférieurs au taux d'humidité rapportés par Kibui et al. (2018) pour un yaourt enrichi en graines de chia (79,39 ± 0,07%).

- **Potentiel d'hydrogène (pH)**

Selon les résultats, le pH des trois yaourts fermes enrichis : YM ($4,71 \pm 0,25$), YP ($4,55 \pm 0,01$), YC ($5,17 \pm 0,01$) et YT ($5,65 \pm 0,02$) est significativement différent ($p \leq 0,05$). Ce pH qualifié d'acidité est dû à la production d'acide lactique par l'action des bactéries lactiques à partir du lactose présent dans le yaourt. Le pH normal du yaourt commercial varie de 4,0 à 4,4 (Sahan et al., 2008).

- **Acidité titrable**

Une différence significative ($p \leq 0,05$) est notée entre les valeurs d'acidité des yaourts étudiés et le témoin. La valeur la plus élevée de $0,70 \pm 0,01$ est attribuée au YP, ce qui nous renseigne sur la proportion importante de l'acide lactique produit par la flore bactérienne du yaourt. Cela peut être dû au temps consommé par le ferment lactique pour qu'il s'adapte aux nouvelles conditions du milieu (Corrieu et Luquet, 2008).

- **Cendres**

Le test ANOVA indique une différence significative ($p \leq 0,05$) entre le taux de cendres de YM ($0,86 \pm 0,05\%$) et ceux des deux autres yaourts YP ($0,46 \pm 0,15\%$), YC ($0,43 \pm 0,05\%$), y compris YT ($0,19 \pm 0,15\%$). Shahein et al. (2022) ont élaboré un yaourt à base de lait de poudre de graines pastèque et ont noté une teneur en cendres ($0,94 \pm 0,06\%$) supérieure à celles trouvées dans cette étude.

- **Viscosité (cp)**

Concernant le paramètre rhéologique relatif à la viscosité, le test ANOVA a mis en évidence une différence significative ($p \leq 0,05$) entre YP ($16980,00 \pm 445,40$ cp) et YM ($16244,67 \pm 797,84$ cp) par rapport au YT ($29236,67 \pm 434,05$ cp). Tandis que, les viscosités des YC ($28723,67 \pm 826,16$ cp) et le YT ($29236,67 \pm 434,05$ cp) sont statistiquement similaires ($p \leq 0,05$) et sont conformes aux normes laitières de Soummam (27500-32500 cp).

Les faibles valeurs de la viscosité des YP et YM pourraient être attribuées à la nature des protéines des graines végétales, à leur interaction avec les sucres du lait lors de la pasteurisation, au nombre et pouvoir de liaison entre les micelles de caséines du yaourt et le type de la culture de départ (Ahmad et al., 2009).

- **Matière sèche**

L'analyse ANOVA a montré une différence significative ($p \leq 0,05$) entre les matières sèches des quatre yaourts élaborés: YM ($22,66 \pm 0,12\%$), YP ($23,98 \pm 0,07\%$), YC ($24,50 \pm 0,075\%$) et YT ($21,85 \pm 0,1\%$).

- **Brix**

La différence est nettement significative ($p \leq 0,05$) en termes de Brix entre les trois yaourts: YM ($19,70 \pm 0,05$), YP ($17,63 \pm 0,20$), YC ($18,3 \pm 0,2,5$). Tandis que, le YT ($17,33 \pm 0,30$) et YM présentent une similarité statistique ($p \geq 0,05$).

Ces résultats sont nettement supérieurs à celui rapporté par **Gupta et al. (2022)** pour un yaourt enrichi en graines de soja ($6,5 \pm 0,29$).

- **Rétention d'eau**

La différence statistique est significative ($p \leq 0,05$) entre la rétention d'eau de YM ($90,07 \pm 0,54\%$), YP ($89,89 \pm 0,10\%$), YC ($88,33 \pm 0,14\%$) et le témoin YT ($83,12 \pm 0,10\%$). Toutefois, tous les pourcentages de rétention d'eau sont considérables et cela est probablement lié à la composition des graines utilisées pour la fortification des yaourts.

- **Sucres totaux**

Les teneurs en sucre exprimées en mg/g présentent une différence statistique significative ($p \leq 0,05$) entre les échantillons testés (YM: $141,33 \pm 12,54$ mg/g, YP: $119,8 \pm 15,66$ mg/g, YC: $142,70 \pm 9,30$ mg/g et YT: $162,26 \pm 4,95$ mg/g). Ce dernier présente la teneur la plus importante en sucres.

- **Taux de protéines**

Statistiquement, la différence est significative ($p \leq 0,05$) entre YC ($3,76 \pm 0,09\%$) qui détient la teneur la plus élevée par rapport aux YP ($3,60 \pm 0,03\%$), YM ($3,190 \pm 0,005\%$) et YT ($3,10 \pm 0,01\%$). Selon **Heidari et Jafar (2022)** qui ont élaboré une boisson à base de *C. melo*, une teneur en protéines de 1,3% est enregistrée qui est inférieure au résultat noté dans cette étude.

Il est constaté que les poudres de graines utilisées ont amélioré la composition du yaourt en protéines.

- **Lipides**

Les teneurs en matière grasse des yaourts enrichis avec les trois poudres des graine sont révélé que YM ($3,4 \pm 0,1\%$) et le témoin ($3,26 \pm 0,11$) sont identiques, d'où une différence non significative ($p \geq 0,05$). Tandis que, les taux de matières grasses des YP ($3,5 \pm 0,1\%$) et YC ($3,7 \pm 0,1\%$) sont statistiquement différents ($p \leq 0,05$).

L'augmentation de la teneur en matière grasse des YP et YC par rapport au témoin pourrait être due à la richesse de graines incorporées en lipides.

III.2.2. Analyses phytochimiques des yaourts enrichis en graines de cucurbitacées

○ Teneur en polyphénols totaux (PTT)

Les teneurs en polyphénols totaux des yaourts enrichis en graines des cucurbitacées sont reportées dans la figure 13 ci-dessous.

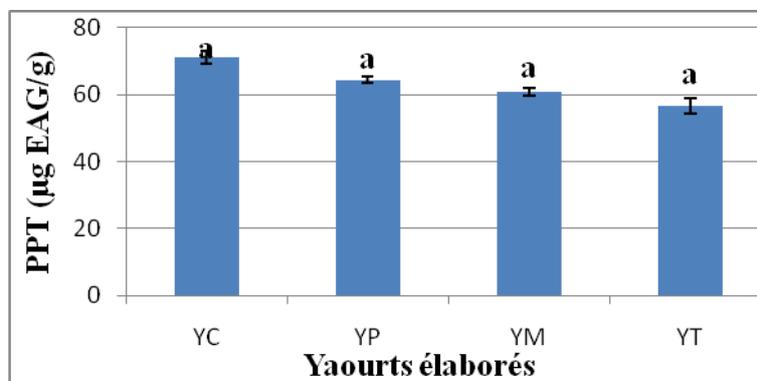


Figure 13 : Teneurs en polyphénols totaux des yaourts enrichis en graines de cucurbitacées.

PPT : polyphénols totaux, EAG : Equivalent acide gallique.

Les moyennes qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

Les niveaux en polyphénols illustrés dans l'histogramme (Figure 13) sont statistiquement similaires ($p \geq 0,05$) dont les proportions attribuées sont : YM ($12,94 \pm 1,17 \mu\text{g EAG/g}$), YT ($12,82 \pm 1,54 \mu\text{g EAG/g}$), YP ($14,0 \pm 1,28 \mu\text{g EAG/g}$) et YC ($14,38 \pm 1,11 \mu\text{g EAG/g}$). En contre partie, **Heidari et Jafarpour (2022)** ont trouvé une teneur en PTT considérable à une valeur de ($66,87 \text{ mg/g}$) dans une boisson enrichie par la graine de *C. melo*.

○ Teneurs en flavonoïdes (TFC) et flavonols

Le dosage des flavonoïdes et des flavonols des yaourts formulés par l'addition des poudres de graines de cucurbitacées n'a pas révélé de composés flavonoïques.

○ Teneurs en tannins

Les proportions en tanins des yaourts formulés sont illustrées dans l'histogramme (Figure 14).

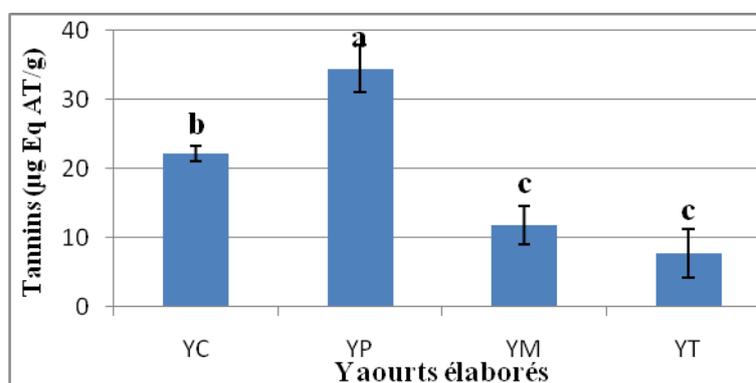


Figure 14 : Teneurs en tannins des yaourts enrichis en graines de cucurbitacées

Les moyennes qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

Les teneurs en tannins des yaourts YM ($11,84 \pm 3,34 \mu\text{g EAT/g}$) et YT ($7,75 \pm 1,06 \mu\text{g EAT/g}$) ne présentent pas de différence significative ($p \geq 0,05$). Ces taux sont inférieurs à ceux de YC ($34,5 \pm 2,82 \mu\text{g EAT/g}$) et YP ($22,18 \pm 3,48 \mu\text{g EAT/g}$). Ces derniers sont statistiquement différents ($p \leq 0,05$). Les différences notées pourraient être dues à l'enrichissement des yaourts avec les graines incorporées en molécules bioactives y compris tannins.

○ Test au DPPH

Après l'addition des poudres des graines étudiées aux yaourts, leur activité à inhiber le radical libre DPPH est mesurée (Figure 15).

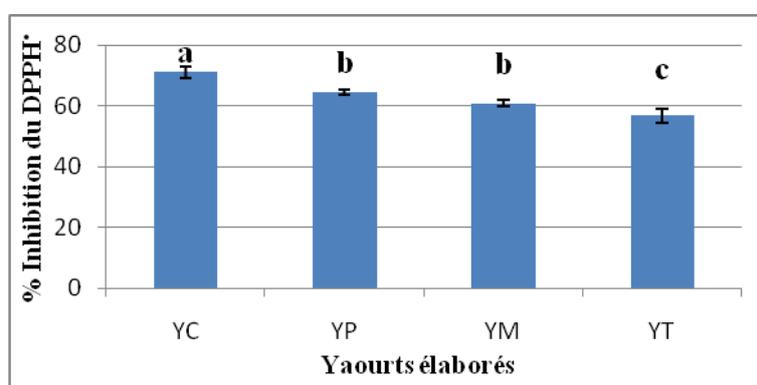


Figure 15 : Inhibition du radical DPPH[•] des yaourts enrichis en graines de cucurbitacées.

Les moyennes qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

L'inhibition maximale du radical libre DPPH[•] est attribuée au YC ($71,11 \pm 1,92\%$), suivie de celle YP ($64,44 \pm 0,96\%$) puis de celle de YM ($60,66 \pm 1,17\%$). L'ANOVA montre une différence significative ($p \leq 0,05$) entre les trois échantillons de yaourts enrichis par rapport au YT ($58,88 \pm 4,19\%$).

○ Test à l'ABTS

Les taux d'inhibition du radical ABTS^{•+} des yaourts enrichis sont déterminés (Figure 16).

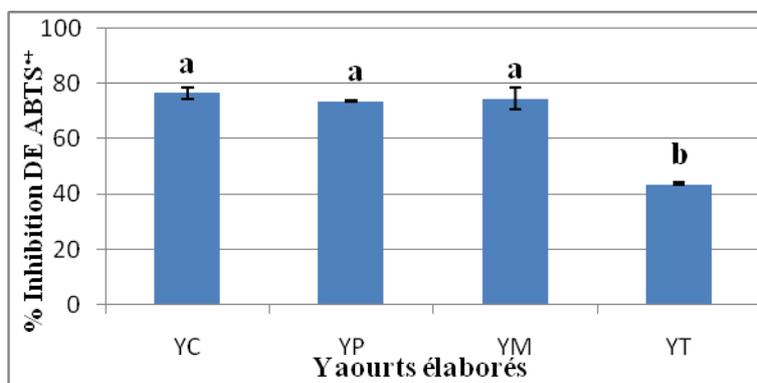


Figure 16 : Inhibition du radical ABTS^{•+} des yaourts enrichis en graines de cucurbitacées

Les moyennes qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

La différence statistique est non significative ($p \geq 0,05$) entre les capacités des trois yaourts formulés à inhiber le radical $ABTS^{\cdot+}$: YC ($76,66 \pm 2,07\%$), YP ($73,73 \pm 0,13\%$) et YM ($74,60 \pm 3,86\%$) et nettement significative ($p \leq 0,05$) comparativement au témoin YT ($43,65 \pm 0,41\%$). YC est doté d'une meilleure activité inhibitrice du radical $ABTS^{\cdot+}$.

○ Pouvoir réducteur (FRAP)

La capacité des extraits des différents yaourts à réduire le fer ferrique en fer ferreux a été également démontrée et les résultats sont illustrés dans la figure 17.

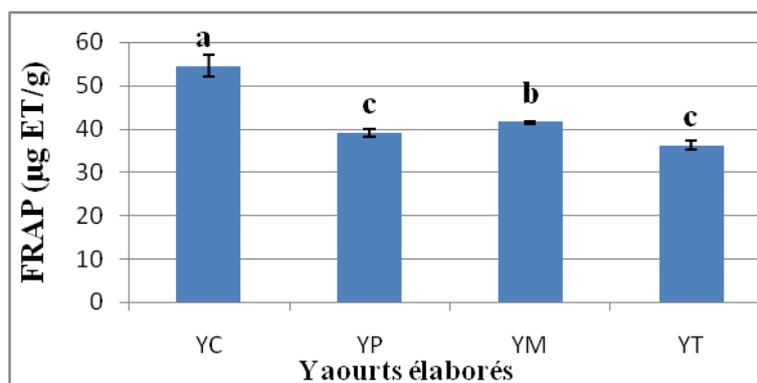


Figure 17 : Pouvoir réducteur (FRAP) des yaourts enrichis en graines de cucurbitacées.

Les moyennes qui portent les mêmes lettres ne présentent aucune différence significative ($p \geq 0,05$).

Les concentrations qui réduisent les ions ferreux relatives à YM ($41,53 \pm 0,30 \mu\text{g ET/g}$) et YC ($54,48 \pm 2,48 \mu\text{g ET/g}$) sont nettement significatives ($p \leq 0,05$) par rapport au YT ($36,15 \pm 1,01 \mu\text{g ET/g}$). Tandis que, le pouvoir réducteur de ce dernier est statistiquement similaire à celui du YP ($38,99 \pm 0,93 \mu\text{g ET/g}$) ($p \geq 0,05$). L'activité réductrice la plus marquée est attribuée au YC.

III.2.3. Analyses microbiologiques des yaourts élaborés

D'après les résultats obtenus (VI), les trois échantillons de yaourts enrichis avec des graines de *Cucurbitacées* (*Cucumis melo*, *Citrullus lanatus* et *Cucurbita pepo*) et non enrichi (le témoin), sont conformes aux normes exigés par la réglementation Algérienne avec une qualité microbiologique et hygiénique très satisfaisante.

Tableau VII : Résultat des analyses microbiologiques des yaourts élaborés.

| Germes recherchés | Résultat | | | | Référence |
|--------------------------------------|----------|-----|-----|-----|---|
| | YT | YP | YC | YM | |
| Coliformes | <10 | <10 | <10 | <10 | Arrêté du 19/03/17 (JO N° 58 du 15/10/17) |
| Coliformes fécaux | <10 | <10 | <10 | <10 | Arrêté du 11/11/17 (JO N°75 du 27/12/17) |
| Levures | <10 | <10 | <10 | <10 | Arrêté du 02/06/15 (JO N°48 du 09/09/15) |
| Moisissures | Abs | Abs | Abs | Abs | Arrêté du 02/06/15 (JO N°48 du 09/09/15) |
| Entérobactéries | <10 | <10 | <10 | <10 | ISO 21528-1 |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | <10 | <10 | <10 | <10 | Arrêté du 31/07/14 (JO N°14 du 25/03/15) |
| <i>Salmonella</i> | Abs | Abs | Abs | Abs | Arrêté du 05/02/17 (JO N°44 du 23 07 17) |
| Germes anaérobies sulfite-réducteurs | Abs | Abs | Abs | Abs | Arrêté du 29/07 12 paru au JO N°51 du 13/10/13 |

III.2.4. Analyse sensorielle

Pour l'analyse sensorielle, avant d'effectuer les différents tests sur XLSTAT, un plan d'expérience a été réalisé. Une fois les données des jurys experts sont rapportées sur le logiciel ; la procédure de génération d'un plan d'expérience est lancée.

III.2.4.1. Caractérisation de produit

La caractérisation d'un produit permet de décrire les caractéristiques organoleptiques des produits en se basant sur les résultats du panel expert. Elle permet également d'identifier quels sont les descripteurs qui discriminent le mieux les produits et quelles sont les caractéristiques qui ne varient pas significativement entre les échantillons analysés (**Husson et Pages, 2009**).

A. Pouvoir discriminant par descripteur

Les résultats de ce test sont illustrés dans la figure 18, il permet d'afficher les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant sur les quatre échantillons de yaourt analysés.

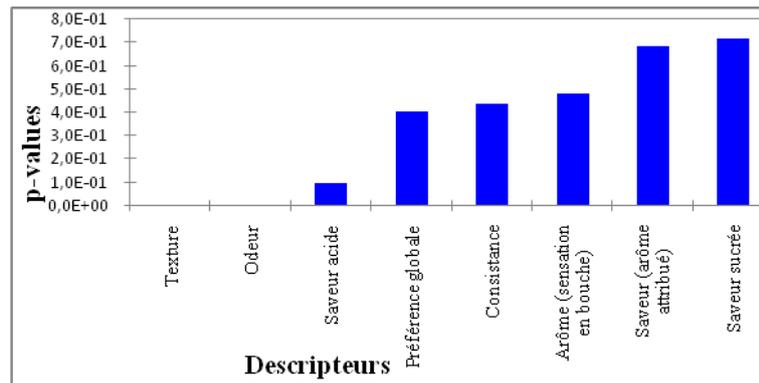


Figure 18: Pouvoir discriminant par descripteur.

Le graphe précédent permet de visualiser que la texture et l'odeur sont les descripteurs les plus discriminants, c'est-à-dire que ces caractéristiques diffèrent entre les quatre yaourts. Par contre, le descripteur le moins discriminé est la saveur sucrée cela veut dire qu'il n'y a pas de différence de goût sucré pour les quatre yaourts selon les juges.

B. Coefficients des modèles

Dans la figure 19 sont affichés, pour chaque descripteur et pour chaque produit, les coefficients du modèle sélectionné:

La figure qui suit permet de voir en un coup d'œil ce qui définit les produits (YT, YM, YP et YC).

Les caractéristiques dont le coefficient est significativement positif sont données en bleu, en rouge celles dont le coefficient est significativement négatif et en blanc les caractéristiques dont les coefficients ne sont pas significatifs.

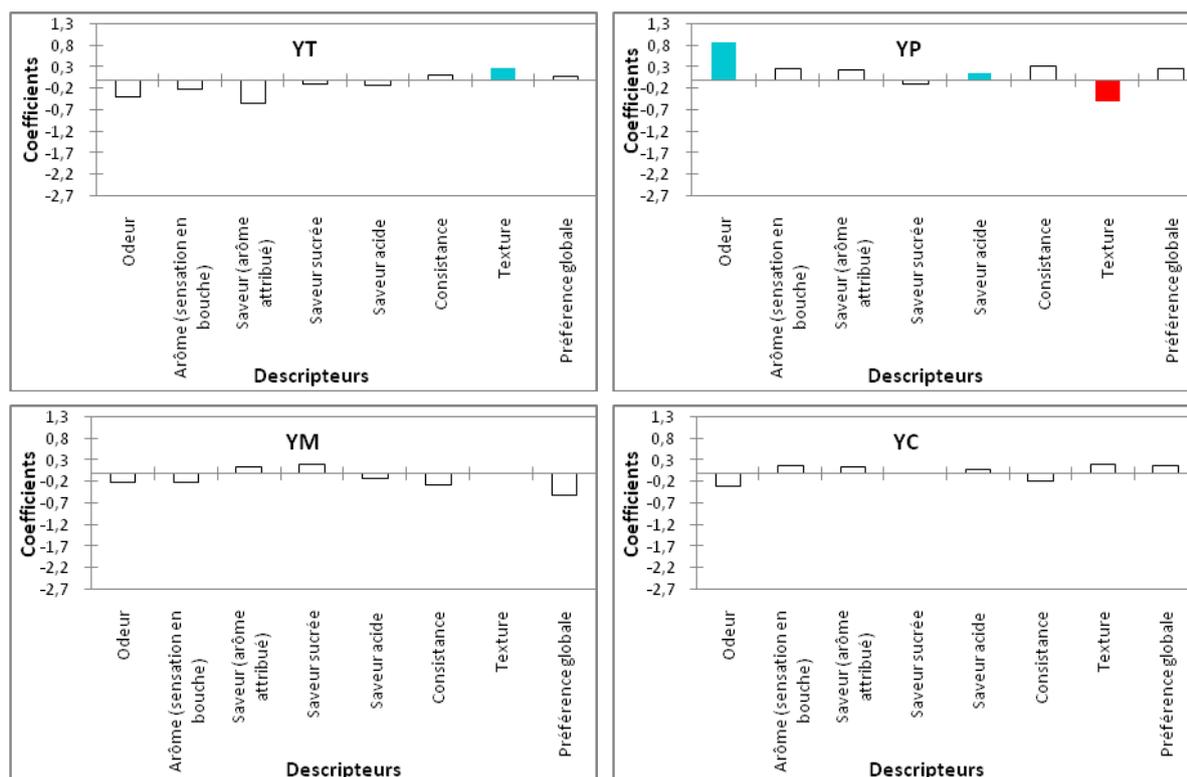


Figure 19: Coefficients des modèles des quatre échantillons de yaourts.

- ▶ **YT** : En bleu, est affichée la caractéristique dont le coefficient est significativement positif, donc selon les juges cet échantillon est caractérisé par une texture très lisse. En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ont des notes proches de la moyenne, ces caractéristiques sont: odeur, arôme, saveur, saveur sucrée saveur acide et la consistance, elles ont une intensité moyenne d’après les notes attribuées par les juges experts.
- ▶ **YM** : caractérisé par des intensités des caractéristiques analysées proches à la moyenne des notes attribuées par les juges. L’arôme identifié par les juges est celui de la pastèque.
- ▶ **YP**: caractérisé par une texture très molle, une odeur intense et une saveur un peu acide. Les autres caractéristiques sont proches de la moyenne des notes que les juges ont donnée.
- ▶ **YC**: caractérisé par une odeur ; arôme, saveur (arôme attribué), saveur sucrée, saveur acide, consistance et texture, proches de la moyenne des notes que les juges ont donné.

C. Moyennes ajustées par produit

Ce test permet de faire ressortir les moyennes lorsque les différents produits et les caractéristiques sont croisés. En bleu sont illustrées les moyennes qui sont significativement plus grandes que la moyenne globale et en rouge celles qui sont significativement plus petites que la moyenne globale. En blanc, sont données les moyennes qui ne sont pas significativement plus grandes ou plus petites que la moyenne globale (**Tableau VII**).

Tableau VII : Moyennes ajustées par produits.

| | Saveur acide | Arôme (sensation en bouche) | Odeur | Préférence globale | Consistance | Saveur (arôme attribué) | Saveur sucrée | Texture |
|-----------|--------------|-----------------------------|-------|--------------------|-------------|-------------------------|---------------|---------|
| YP | 1,800 | 3,000 | 3,300 | 7,300 | 4,000 | 3,800 | 3,100 | 3,700 |
| YC | 1,700 | 2,900 | 2,100 | 7,200 | 3,500 | 3,700 | 3,200 | 4,400 |
| YT | 1,500 | 2,500 | 2,000 | 7,100 | 3,800 | 3,000 | 3,100 | 4,500 |
| YM | 1,500 | 2,500 | 2,200 | 6,500 | 3,400 | 3,700 | 3,400 | 4,200 |

► **YP**: les descripteurs saveur acide et odeur ont un effet significativement positif sur le produit. Contrairement à la texture qui a un effet significativement négatif sur ce dernier. Cet échantillon est caractérisé par une forte saveur acide, une odeur fortement intense et une texture granuleuse.

► **YC**: les caractéristiques sont proches de la moyenne des notes que les juges ont donnée.

► **YT**: la texture a un effet significativement positif sur le produit. Cet échantillon est caractérisé par une texture très lisse.

► **YM**: les caractéristiques sont proches de la moyenne des notes que les juges ont donnée.

III.2.4.2. Cartographie externe de préférence (PREFMAP)

Cette méthode permet de relier les préférences exprimées par les consommateurs aux caractéristiques organoleptiques des produits déterminées par le panel expert. Cette approche est essentielle car c'est sur cette base que les équipes marketing pourront adapter les produits aux goûts des consommateurs.

La préférence MAPPING permet de visualiser sur une même représentation graphique (en deux ou trois dimensions) d'une part des objets, et d'autre part des indications montrant le niveau de préférence des produits par le consommateur.

Pour réaliser cette carte de préférence, il faut d'abord une ACP et une CAH.

A. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP peut être considéré comme une méthode de projection qui permet de projeter les observations, depuis l'espace à p dimensions des p variables vers un espace à k dimension. ($k < p$) tel qu'un maximum d'information soit conservé (l'information est ici mesurée à travers la variance totale du nuage de points) sur les premières dimensions. Les observations peuvent être représentées sur un graphique à 2 ou 3 dimensions, facilitant ainsi grandement l'interprétation (Jolliffe, 2002).

La figure 20 permet de représenter les corrélations entre les variables et les facteurs par l'ACP :

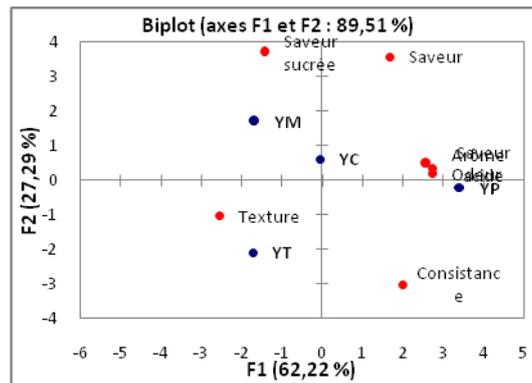


Figure 20 : Corrélation entre les variables et les facteurs.

D’après cette figure nous voyons clairement que les échantillons YT, YC, YP et YM ont des caractéristiques différentes.

- ▶ **YT** est caractérisé par sa texture ferme.
- ▶ **YM** est caractérisés par une forte saveur sucrée.
- ▶ Les échantillons **YC et YP** sont caractérisés par leur saveur, arôme, saveur acide et odeur intenses. YP est caractérisé par une texture molle.

B. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

L’application de l’analyse des données CAH génère plusieurs tableaux et graphes. Le graphe du profil des classes (réalisé à partir des données de préférences) permet de comparer visuellement les moyennes des différentes classes créées (Figure 21).

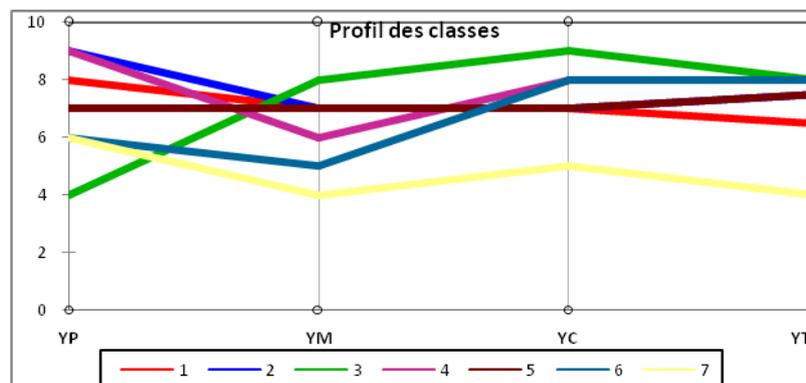


Figure 21 : Profil des classes créées.

D’après la figure 21: sept classes de consommateurs ont été créés à partir des notes de préférence attribuées par le panel consommateur (résultats de l’analyse hédonique) :

La classe 1 : préfère YP, suivi des échantillons YM et YC avec le même degré, puis enfin YT.

La classe 2 : préfère YM, suivi de l'échantillon YT puis des YM et YC avec le même degré de préférence.

La classe 3 : préfère YC suivi des YM et YT avec le même degré et enfin YP.

La classe 4 : préfère YP, puis YC et YT avec le même degré de préférence, puis YM.

La classe 5 : préfère YT puis les échantillons, YC et YM avec le même degré.

La classe 6 : préfère les échantillons YC et YT avec le même degré de préférence, suivi de YP et enfin YM.

La classe 7: préfère YP, suivi de YC, puis les YM et YT avec le même degré de préférence.

III.2.4.3. Cartographie de préférence PREFMAP

Ce test a été réalisé dans le but de connaître les préférences du consommateur vis-à-vis de nos produits et connaître les raisons pour lesquelles ils les ont choisis.

Les deux courbes de niveau et cartes de préférences sont superposées et la figure 22 est obtenue.

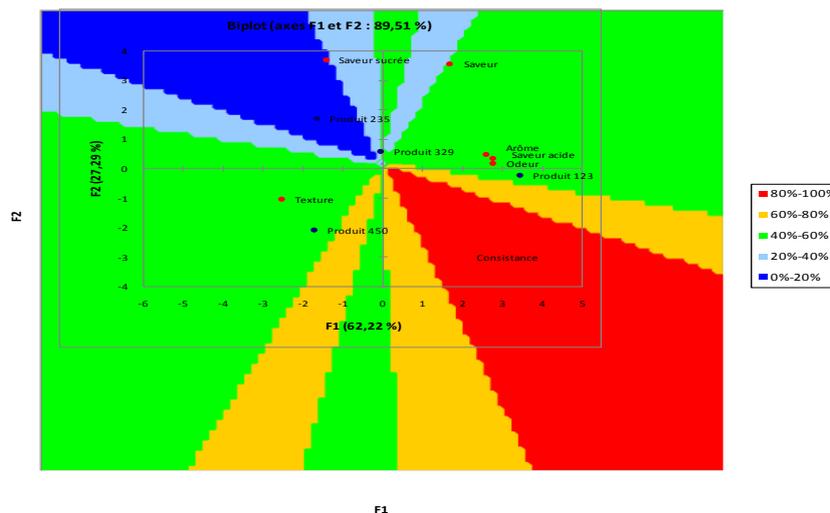


Figure 22 : Carte de préférence PREFMAP

D'après la figure précédente, YT (yaourt sans enrichissement) et YP (yaourt enrichi avec des graines de pastèque) sont les plus appréciés (préférés par 57% des dégustateurs), ensuite l'échantillon YC (yaourt enrichi avec des graines de citrouille) préféré par 29% des dégustateurs. Enfin le produit YM (yaourt enrichi avec des graines de melon) est le moins apprécié (appréciée par 14% des dégustateurs uniquement).

Conclusion

L'objectif de ce travail est de contribuer à la valorisation des graines de quelques cucurbitacées en l'exploitant dans la fortification d'un produit laitier fermenté (le yaourt). A cet égard, des analyses physico-chimiques et phytochimiques ont été réalisées. A travers les résultats obtenus, quatre points principaux ont été retenus.

Les paramètres physico-chimiques ont mis en évidence la richesse des graines de pastèque (*C. lanatus*) en fibres ($19,75 \pm 0,91\%$) et en cendres ($4,19 \pm 0,05\%$). Quant à la teneur la plus marquée en protéines ($34,18 \pm 0,18\%$) et en lipides ($31,76 \pm 0,5\%$), l'espèce citrouille (*C. pepo*) la détient et l'analyse ICP-AES l'a identifié comme la plus riche en minéraux (Zn, Fe, Mn et Cu).

L'analyse phytochimique a démontré le meilleur rendement d'extraction ($23,83\%$) pour le melon (*C. melo*). La teneur la plus élevée en PTT ($3,56 \pm 0,06$ mg EAG/g), flavonoïdes ($3,13 \pm 0,58$ mg EQ/g), flavonols ($3,58 \pm 0,20$ mg EQ/g) et tannins ($2,75 \pm 0,24\%$) est attribuée à la pastèque (*C. lanatus*). Tandis que l'espèce citrouille (*C. pepo*) est riche en caroténoïdes ($8,69 \pm 0,31$ mg E β C/g).

L'activité antioxydante la plus prononcée évaluée par le test au DPPH a été notée pour l'espèce melon (*C. melo*) à une concentration inhibitrice à 50% (IC₅₀) de $2,58 \pm 0,02$ mg/mL alors que la pastèque (*C. lanatus*) a enregistré la meilleure capacité à réduire le radical ABTS⁺ ($3,09 \pm 0,14$ mg/mL) et fer ferrique en fer ferreux ($17,56 \pm 0,17$ mg/g).

L'incorporation de la poudre de graines de melon dans la formulation du yaourt a montré une augmentation de la teneur en cendres. En revanche, l'addition de graines de citrouille et de pastèque ont apporté une valeur ajoutée en termes nutritionnel (protéines et matières grasses).

La recherche de germes pathogènes et de la flore sulfito-réductrice des quatre yaourts formulés a révélé une qualité microbiologique et hygiénique très satisfaisante et conforme aux normes Algériennes.

Enfin, une analyse sensorielle par des jurys experts (10 personnes), a été réalisée et a permis d'étudier l'acceptabilité et l'appréciation des dégustateurs envers les yaourts élaborés. Le produit enrichi avec les graines de pastèque est le plus apprécié.

D'après tous les résultats énumérés, nous pouvons déduire que l'ajout de graines de pastèque dans la formulation du yaourt a modifié positivement ses propriétés physico-chimiques et sa composition chimique, sa texture et ses propriétés sensorielles.

En continuité à ce travail, il serait intéressant de :

- ✓ Utiliser une technique d'encapsulation appropriée peut contribuer à préserver les substances bioactives des contraintes environnementales.
- ✓ Produire un lait végétal à partir des graines de cucurbitacées pourrait contribuer à l'enrichissement des produits laitiers.
- ✓ Varier et optimiser des méthodes d'extraction.
- ✓ Torréfier les graines avant extraction pour apporter plus de saveur.
- ✓ Optimiser les concentrations de la poudre de graines incorporées dans la formulation du yaourt.
- ✓ Suivre l'évolution du profil phénolique durant le stockage du yaourt.
- ✓ Caractériser et identifier les composés phénoliques des graines étudiées.
- ✓ Déterminer le profil d'acides gras des différentes huiles extraites des graines.
- ✓ Déterminer d'autres types d'activités telles que anti-inflammatoires, antibactériennes etc.
- ✓ Reproduire les formulations de cette étude à l'échelle pilote dans une industrie agro-alimentaire.

Références
Bibliographiques

A

Agrawal A. & Amrutkar S. (2019). Novel Use of Waste Fruit-Seeds for Enhancing Anti-Corrosive Performance in Epoxy System. *The Bombay Technologist* 66(1).

Ahmad S., Piot M., Rousseau F., Grongnet J. & Gaucheron F. (2009). Physico-chemical changes in casein micelles of buffalo and cow milks as a function of alkanisation. *Dairy Science & Technology*, EDP sciences/Springer, 89 (3-4), pp.387-403.

Ahsan H., Biswas S., Siddique A. , Manirujjaman M., Uddin B., Hasan S., Khan H., Uddin M., Minarul I., Mahadi H., Muedur R., Asaduzzaman M. , Sohanur R. , Khatun M , Islam MA. & Matiar R. (2015). Nutritional and Lipid Composition Analysis of Pumpkin Seed (*Cucurbita maxima Linn.*). *Nutrition and Food Sciences*, 5 : 4.

Andres (2003). Assessment report on *Cucurbita pepo L.*, semen.44. In European medicines agency, 20112.

AOAC (1990).

AOAC (2007).

Arnao M.B. (2000). Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. *Trends in Food Science & Technology*.

Arpa M.I., Dermott Mc., Chanrojand S. & Choksawangkar W. (2020). Watermelon seeds and peels : fatty acid composition and cosmeceutical potential. *Lipids and Cosmetics*, 27: 54. Volume 11, Issue 11, Pages 419-421.

B

Bankole S.A., Osho A. , Joda A.O & Enikuomelin O.A. (2005). Effect of drying method on the quality and storability of 'egusi' melon seeds (*Colocynthis citrullus L.*). *African Journal of Biotechnology* volume 4 (8), pp. 799-803.

Benalia M. (2016). Etude de la fraction lipidique de quelques graines de cucurbitacées. Thèse de doctorat, Université Kasdi Merbah-Ouargla.

Bhardwaj A., Kumar R., Dabas V. & Alam , N. (2012). Of anti-ulcer activity of *Citrullus lanatus* seed extract in Wistar albino rats. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4:135-139.

Biswas M.S., Habib A., Manirujjaman M., Uddin B., Khan M.M.H., Hasan S., Uddin M., Minarul Islam M. & Khatun M. (2012). cytotoxicity and phytochemical studies of pumpkin seed (*Cucurbita Maxima Linn.*) EXTRACT. *Journal of Biomedical and Pharmaceutical Research* 3 (2) 2014, 29-36.

Brahmi F., Didier H., Guendouze N., Madani K., Kiendrebeogo M., Kamagaju L Stévigny C ., Chibane M. & Duez P. (2015). Phenolic composition, *in vitro* antioxidant effects and tyrosinase inhibitory activity of three Algerian *Mentha* species: *M. spicata* (L.), *M. pulegium* (L.) and *M. rotundifolia* (L.) Huds (Lamiaceae). *Industrial Crops and Products*, vol. 74, p. 722-730.

Braide W., Odiong I.J., & Oranusi S. (2012). Phytochemical and Antibacterial properties of the seed of watermelon (*Citrullus lanatus*). *Prime Journal of Microbiology Research (PJMR)* ISSN: 2251-127X Vol. 2(3), pp. 99-104.

Bučko S., Katona J., Popović L., Vaštag Z., Petrović L. & Vučinić–Vasić M. (2015). Investigation on solubility, interfacial and emulsifying properties of pumpkin (*Cucurbita pepo*) seed protein isolate. *LWT - Food Science and Technology*, volume 64, Issue 2, Pages 609-615.

C

Cemaluk E.A.C. (2015). Comparative Investigation of the Proximate and Functional Properties of Watermelon (*Citrullus lanatus*) Rind and Seed. *Research Journal of Environmental Toxicology* 9(3):160-167.

Chan K., Liu L., Chu K., Toh M. & Xie D. (2010). Cucurbitacin B inhibits STAT 3 and the Raf /MEK/ERK pathway in leukemia cell line K562. *Cancer Letters*, 289 (1):46-52.

Chao E., Tian J., Fan L. & Zhang T. (2022). Drying methods influence the physicochemical and functional properties of seed-used pumpkin. *Food Chemistry* 369, 130937.

Chukwuemeka Ike C. (2020). Nutritional and microbiological qualities of pumpkin (*Cucurbita pepo*) seed composite flours. *GSC Biological and Pharmaceutical Science* 12(03), 051-060.

Cidil et Inra (2009). *Du lait aux produits laitiers*. Paris : Cidil. p19.

Corrieu G. & Luquet F.M. (2008). *Bactéries lactiques : De la génétique aux ferments*. Coll. Sciences et techniques agroalimentaires.

D

Da Cunha J., Rolim P., Damasceno C., Sousa J., Nabas R. & Seabra L. (2020). From seed to flour: Sowing sustainability in the use of cantaloupe melon residue (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*). *Plosone* 15(1): 0219 -229.

Dabija A., Codină G., Gâțlan A. & Rusu L. (2018). Quality assessment of yogurt enriched with different types of fibers. *CyTA - Journal of Food*, 16(1), 859–867.

Danulik J. (2021). *Graines de citrouille : 15 puissants bienfaits santé*.

Debbabi M., Nury T., Zarrouk A., Mekahli N., Bezine M., Sghaier R., Grégoire S., Martine L., Durand P., Camus E., Vejux A., Jabrane A., Bretillon L., Prost M., Moreau T., Ben Ammou S., Hammamoi M. & Lizard G. (2016). Protective Effects of α -Tocopherol, γ -Tocopherol and Oleic Acid, Three Compounds of Olive Oils, and No Effect of Trolox, on 7-Ketocholesterol-Induced Mitochondrial and Peroxisomal Dysfunction in Microglial BV-2 Cells. *Int. J. Mol. Sci.*

Demirkol M. & Tarakci Z. (2018). Effect of grape (*Vitis labrusca* L.) pomace dried by different methods on physicochemical, microbiological and bioactive properties of yoghurt. *Food science and technology* 97 p.770-777.

Devi M., Prasad RV. & Palmei G. (2018). Physico-chemical characterisation of pumpkin seeds *International journal of chemical studies*: 6 (5): 828-831.

E

Ebrahimzadeh M.A., Pourmorad F. & Bekhradnia A.R. (2008). Iron chelating activity, phenol and flavonoid content of some medicinal plants from Iran. *African Journal of Biotechnology* Vol. 7 (18), pp. 3188-3192.

Elinge C. , Muhammad A., Atiku F. , Itodo A., Penil J., Sanni O. & Mbongo A. (2012). Proximate, Mineral and Anti-nutrient Composition of Pumpkin (*Cucurbitapepo* L) Seeds Extract. *International Journal of Plant Research*, 2(5): 146-150.

Erhirhie E. & Ekene N. (2013). Medicinal values on *Citrullus lanatus* (Watermelon): Pharmacological review. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 4(4):1305–1312.

Etim, O.E., Ekanem, S.E. & Sam, S.M. (2013). *In Vitro* Antioxidant Activity and Nitric Oxide Scavenging Activity of *Citrullus Lanatus* Seeds. *Journal of Natural Sciences Research*. ISSN 2224-3186. Vol.3, No.12.

Ezzat S., Adel R. & Abdel-Sattar E. (2022). Pumpkin bio-wastes as source of functional ingredients. In *Mediterranean Fruits Bio-wastes*, 667–696.

F

Fadimu G.J, Ghafoor K., Babiker E., Al-Juhaimi F., Abdulraheem A. & Monilola K. (2020). Ultrasound-assisted process for optimal recovery of phenolic compounds from watermelon (*Citrullus lanatus*) seed and peel. *Journal of Food Measurement and Characterization* Volume 14 Issue 3 Page 1784-1793.

Falleh H., Ksouri R., Chaieb K., Karray-Bouraoui N., Trabelsi N., Boulaaba M. & Abdelly C. (2008). Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Compt. Rend. Biol.* Vol. 331. pp. 372-379.

Fedha M.S., Mwasaru, M.A., Njoroge, C. K, Ojijo, N. O & Ouma, G. O. (2010). Effect of drying on selected proximate composition of fresh and processed fruits and seeds of two pumpkin species. *Agriculture and Biology Journal of North America*. ISSN Print: 2151-7517, ISSN Online: 2151-7525.

Fraser P. & Bramley P. (2004). The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. *Progress in Lipid Research*, 43(3):228–265.

Fredot E. (2005). *Connaissance des aliments: bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique*. Technique et Documentation, 424 (150): Lavoisier.

G

Gabriela R., Diego A., & Alejandro B. (2022). Tomato (*Solanum lycopersicum*) specialized pollination is isolated from neighboring plants and pollinators. *Journal of Pollination Ecology*, 31, 29–38.

Gemrot F., Barouh N., Vieu J.P., Pioch D. & Montet D. (2006). Effect of roasting on tocopherols of gourd seeds (*Cucurbita pepo*). *GRASAS Y ACEITES*, 57 (4), 409-414.

Ghedira K. & Goetz P. (2013). *Cucurbitaceae : Cucurbita pepo*. *Phytothérapie* 11:46-51.

Gill N., Bajwa J., Sharma P., Dhiman K., Sood S., Sharma P., Singh B. & Bali M. (2011). Evaluation of antioxydant and anti ulcer activity of traditionnally consumed *Cucumis melo* seeds. *Journal of pharmacology and toxicology*, 6(1):82-89.

Gill N., Sood S., Muthuraman A., Bali M. & Sharma P. (2011). Evaluation of antioxidant and anti-ulcerative potential of *Citrullus lanatus* seed extract in rats. *Latin American Journal of Pharmacy (formerly Acta Farmacéutica Bonaerense)*, 30(3):429-434.

Gohari A., Farhoosh R. & Khodaparast H. (2011). Chemical Composition and Physicochemical Properties of Pumpkin Seeds (*Cucurbita pepo* Subsp. *pepo* Var. *Styriaka*) Grown in Iran A. J. *Agr. Sci. Tech*. Volume 13: 1053-1063 1053.

Grubben G.J.H. (2004). *Plant Resources of Tropical Africa: Vegetables (PROTA 2)*.

Gupta M.K., Viejo C.G., Sigfredo, Fuentes S., Torrico D.D., Saturno P.C., Gras S.L., Dunshea F.R. & Cottrell J.J. (2022). Digital technologies to assess yoghurt quality traits and consumers acceptability. *Journal of The Science of Food and Agriculture*; 102: 5642–5652/5652.

Gwana M., Bako M., Bagudu B., Sadiq A. & Abdullahi M. (2014). Determinations of phytochemical, vitamin, mineral and proximate compositions of varieties of watermelon seeds cultivated in Borno State, North – Eastern Nigeria. *International Journal of Nutrition and Food Sciences* 2014; 3(4): 238-245.

H

Hagerman A.E. & Butler L.G. (1978). Protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. *J. Agric. Food Chem.* 26, 4, 809–812.

Hammadi R. (2016). Contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique du yaourt brassé et liquide de la laiterie de WANISS, Projet de fin d'études en vue de l'Obtention du Diplôme De Docteur Vétérinaire, Université Saad Dahlab-Blida, 8-9p.

Hansen E. (2011). Approche microbiologique des yogourts et probiotiques, AUGUSTE PICCARD Gymnase, 3m2 : 6-7-10p.

Hassan L., Koko S., Osman E., Dahab M. & Sirat H. (2011). In vitro Antigiardial activity of *Citrullus lanatus* var. *citroides* extracts and cucurbitacins isolated compounds. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(15):3338-3346.

Hassan L., Sirat H., Yagi S., Koko S. & Siddig A. (2011). In vitro antimicrobial activities of chloroformic, hexane and ethanolic extracts of *Citrullus lanatus* var. *citroides* (Wild melon). *Journal of medicinal plants research*, 5(8): 1338 – 1344.

Heidari P. & Jafarpour D. (2022), Preparation of sustainable beverage from melon seed (*Cucumis melo* cv. Khatooni) and studying its physicochemical, sensory, and nutritional properties. *Journal of food science and technology (Iran)*. 18(119): 293-306.

Husson F., Le S. & et Pages J. (2009). Evaluation sensorielle – Manuel.

I

Ibrahim R. (2010). New 2-(2-phenylethyl) chrome derivatives from the seeds of *Cucumis melo* L var. *reticulatus*. *Natural Product. Communications*, 5(3):403-406. *Earth and Environmental Science*, Volume 736.

Irié A., Zoro B., Kévin K. & Djè Y. (2003). Caractérisation botanique et agronomique de trois espèces de cucurbites consommées en sauce en Afrique de l'Ouest : *Citrullus* sp., *Cucumeropsis mannii* Naudin et *Lagenaria siceraria* (Molina) Stand. *Biotechnology Agronomy Société Environmental*: 7 (3–4):189–199.

Ismail H., Chan K., Mariod A. & Ismail M. (2010). Phenolic content and antioxidant activity of cantaloupe (*Cucumis melo*) methanolic extracts. *Food Chemistry*, 119(2): 643-647.

ISO 21528-1, 2017.

J

Jolliffe P., Jolliffe T. & Jones B. (2002). *Statistical inference*.

JORA N°14/2015
JORA N°51/2013
JORA N°58/2017
JORA N°74/2017

Jukic M., Lukinac J., Čuljak J., Pavlović M., Šubarić D. & Koceva Komlenić D. (2018). Quality evaluation of biscuits produced from composite blends of pumpkin seed oil press cake and wheat flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 54 (3): 602–609.

K

Kibui A., Owaga E. & Mburu M. (2018). Proximate composition and nutritional characterization of chia enriched yoghurt. *afr. j. food agric. nutr. dev.*; 18(1): 13239-13253.

Kiki. M. S. (1993). Thèse de doctorat 3e cycle. Facultés des Sciences-Université de Cocody, Côte d'Ivoire.

Kim S.J., Matsushita Y., Fukushima K., Aoki D., Yagami S., Yuk H.G., Lee S.C. (2002). Antioxidant activity of a hydrothermal extract from watermelons. *LWT - Food Science and Technology*, Volume 59, Issue 1, Pages 361-368.

Kormin F., Iwansyah C., Desnilasari D. & Hesani A. (2021). Physicochemical properties and characterization of fermented cassava flour by lactic acid bacteria. *Earth and Environmental Science* 736.

Krimer-Malešević V. (2020). Chapter 37 - Pumpkin Seeds: Phenolic Acids in Pumpkin Seed (*Cucurbita pepo* L.). *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention (Second Edition)*, Pages 533-542.

Kumar A. & Sasmal S. (2020). Rheological and physico-chemical properties of milk gel using isolate of pumpkin (*Cucurbita moschata*) seeds: A new source of milk clotting peptidase. *Food Hydrocolloids*. Volume 106, 105866.

L

Lahcene S. (2020). Caractérisation biochimique et activités biologiques des extraits de l'olivier de Laperrine *Olea europaea* subsp *laperrinei* (Batt. et Trab.) Cifferi. Thèse de doctorat. Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou.

Lecerf J.M. (2016). Particularités et bienfaits des yaourts, *Aliments et nutriments. Santé*, Vol.05 N°01 : 24-32.

M

Madhavi P., Kamala V. & Habibur R. (2012). Hepatoprotective Activity of *Citrullus Lanatus* Seed Oil on CCIR4R Induced Liver Damage in Rats. *Scholars Academic Journal of Pharmacy (SAJP)*, 1(1):30-33.

Madhavi P., Rao M., Vakati K., Rahman H. & Eswaraiah, M.C. (2012). Evaluation of anti-inflammatory activity of *Citrullus lanatus* seed oil by in-vivo and in-vitro models. *International research journal applied sciences*, 2(4):104-108.

Mallek-Ayadi S., Bahloul N. & Kechaou N. (2019). *Cucumis melo* L. seeds as a promising source of oil naturally rich in biologically active substances: compositional characteristics, phenolic compounds and thermal properties. *GRASAS Y ACEITES* 70 (1), e284.

Mallick M.F.R. & Masui M. (1986). Origin, distribution and taxonomy of melons. *Scientia Horticulturae*, 28 (1986) 251-261.

Mehra M., Pasricha V. & Gupta R. (2015). Estimation of nutritional, phytochemical and antioxidant activity of seeds of musk melon (*Cucumis melo*) and water melon (*Citrullus lanatus*) and nutritional analysis of their respective oils. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 3(6): 98-102.

Mekhoukhe A., Kicher H., Ladjouzi A., Medouni-Haroune L., Brahmi F, Medouni-Adrar S. & Madani K. (2018). Antioxidant activity of carob seeds and chemical composition of their bean gum by- products. *Journal of Complementary and Integrative Medicine* 16(1).

Milind P. & Kulwant S. (2011). Musk melon is eat-must melon. *International Research Journal of Pharmacy* (8), 52-57.

Muniandy A., Ahmad S. & Baba S. (2016). Influence of green, white and black tea addition on the antioxidant activity of probiotic yogurt during refrigerated storage. *Food packaging and Shelf Life*, Volume 8, p 1-8.

Murlidhar V., Reddy R.M., Fouladdel S., Zhao L., Ishikawa M.K., Grabauskiene S., Zhang Z., Lin J., Chang A.C., Carrott P., Lynch W.R., Orringer M.B., Kumar-Sinha C., Palanisamy N., Beer D.G., Wicha M.S. Ramnath N., Azizi E. & Nagrath S. (2017). Poor Prognosis Indicated by Venous Circulating Tumor Cell Clusters in Early-Stage Lung Cancers. *Cancer Research* (2017) 77 (18): 5194–5206.

N

Naczki, M. and Shahidi, F. (2006) Phenolics in Cereals, Fruits and Vegetables: Occurrence, Extraction and Analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41, 1523-1542.

Neglo D., Tettey C., Essuman E. K., Kortei N. K., Boakye A. A., Amah F., Kwashie P., Devi W. S. (2021). Comparative antioxidant and antimicrobial activities of the peels, rind, pulp and seeds of watermelon (*Citrullus lanatus*) fruit. *Scientific African* 11.

Nunes P. & Bhat R. (2021), Valorization of seeds of the genera Cucumis, Citrullus. Valorization of Agri-food wastes and by-products and Cucurbita (livre). *Cite Recent Trends, Innovations and Sustainability Challenges 2021*, Pages 317-329.

Nyam K.L., Lau M. & Tan C.P. (2013). Fibre from Pumpkin (*C. pepo* L.) Seeds and Rinds: Application as Bakery Product Ingredients 99 Fibre from Pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) Seeds and Rinds: Physico-chemical Properties, Antioxidant Capacity and Application as Bakery Product Ingredients. *Mal J Nutr* 19(1): 99 – 109.

O

Ojeh G.C. Oluba O.M., Ogunlowo Y.R., Adebisi K.E., Eidangbe G.O. & Orole R.T. (2008). Compositional studies of *Citrullus lanatus* (Egusi melon) seed. *The Internet Journal of Nutrition and Wellness*, 6(1).

Oko O.M. (2013). Comparative Proximate Compositions of Watermelon *Citrullus Lanatus*, Squash *Cucurbita Pepo* and Rambutan *Nephelium Lappaceum*. *International Journal of Science and Technology* Volume 2 No. 1, ISSN 2049-7318.

P

Park H.J. & Cha H.C. (2003). Flavonoids from leaves and exocarps of the grape Kyoho, Korean. *Journal of Biological Sciences*, 7:4, 327-330.

Pashkova G.V. (2009). X-ray Fluorescence Determination of Element Contents in Milk and Dairy Products. *Food Analytical Methods* 2:303–310

Perner H., Schwarz D. & George E. (2006). Effect of mycorrhizal inoculation and compost supply on growth and nutrient uptake of young leek plants grown on peat-based substrates. *Horticultural Science*, 41: 628-632.

Petkova, Z. & Antova, G. (2015). Proximate composition of seeds and seed oils from melon (*Cucumis melo* L.) cultivated in Bulgaria. *Cogent Food and Agriculture*, 1 (1) : 87-79.

Poduri, A., Rateri, D.L., Saha, S.K., Saha, S. & Daugherty, A. (2013). *Citrullus lanatus* 'sentinel' (watermelon) extract reduces atherosclerosis in LDL receptor-deficient mice. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 24(5): 882–886.

Prakash Maran J., Mekala V., Manikandan S. (2013). Modeling and optimization of ultrasound-assisted extraction of polysaccharide from *Cucurbita moschata*. *Carbohydr. Polym.* 92 : 2018–2026.

R

Rajeev B. & Kok M.G. (2017). Sonication treatment convalesce the overall quality of hand-pressed strawberry juice. *Food Chemistry* . Volume 215, 15, Pages 470-476.

Ramful D., Bahorun T., Bourdon E., Tarnus E., & Aruoma O. (2010). Bioactive phenolics and antioxidant propensity of flavedo extracts of Mauritian citrus fruits: Potential prophylactic ingredients for functional foods application. *Toxicology* 278(1):75-87.

Rezig L., Chouaibi M., Meddeb W., Msaada K., Hamdi S.(2019). Chemical composition and bioactive compounds of Cucurbitaceae seeds: Potential sources for new trends of plant oils. *Process Safety and Environmental Protection*. Pages 73-81.

Rodriguez J., Hernández B., Herman E., Carlos A. Aldapa G., Hugo S., Garcia . & Sánchez M. 2013. Effect of some variables on oil extraction yield from Mexican pumpkin seeds. *Journal of Food*.

S

Sahan N., Yasar K. & Hayaloglu A. (2008). Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a β -glucan hydrocolloidal composite during storage. *Food Hydrocolloids*.

Sari-Hassoun M., Clement M., Hamdi I., Bollot G., Bauvais C., Joshi V., Toma F., Burgo A., Ailleret A., Hernández M., Pérez M., Sari D. & Curmi A. (2016). Cucurbitacin elicits the formation of actin/phospho-myosin ii co-aggregates by stimulation of the rhoa/rock pathway and inhibition of lim-kinase. *biochem.Pharmacology*, 102 : 45-63.

Sari-Hassoun M., Clement MJ., Hamdi I., Bollot G., Bauvais C., Joshi V., Toma F., Burgo A., Ailleret Sass-Kiss A., Kiss J., Milotay P., Kerek I &Toth-Markus M. (2005). Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*, Vol.38, p1023 1029.

Sathya J., and Shoba F. G. (2014), "A study on the phytochemistry and antioxidant effect of methanolic extract of *Citrullus lanatus* seed." *Asian Journal of Plant science and Research*, 4 (5). 35-40.

Seidu K.T. & Otutu O.L. (2016). Phytochemical composition and radical scavenging activities of watermelon (*Citrullus lanatus*) seed constituents. *Croatian Journal Food Science and Technology* 8 (2).

Senhaji. S., Lamchouri F. Boulfia M., Lachkar N., Bouabid K. & Toufik H. (2022). Mineral composition, content of phenolic compounds and in vitro antioxidant and antibacterial activities of aqueous and organic extracts of the seeds of *Peganum harmala* L. *South African Journal of Botany* 147 : 697712.

Seydi M. (2002). Le lait fermenté type yaourt ou yoghourt : EISMV/ HIDAOA.- 5p.

Shahein, M.R.; Atwaa, E.S.H.; El-Zahar, K.M.; Elmaadawy, A.A.; Hijazy, H.H.A.; Sitohy, M.Z.; Albrakati, A.; Elmahallawy, E.K. (2022). Remedial Action of Yoghurt Enriched with Watermelon Seed Milk on Renal Injured Hyperuricemic Rats. *Fermentation*. 8, 41.

Shalaby, H.G.F., Elsohaimy S.A., Zeitoun A.A., Zeitoun M.A.M. (2020). Chemical Composition and Physical Properties of Some Egyptian Cucurbitaceae Seeds and Oils. *Journal of the Advances in Agricultural Researches* 25 (3).

Spichiger R. & Figeat M. (2002). *Botanique systématique des plantes à fleurs: une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales*. Ed.Presse Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 413p.

Syndifrais, (1997). Yaourts, laits fermentés. *Dairy Science and Technology*, 77(3): 321 – 358. . Yaourts, laits fermentés, Mission Scientifique de Syndifrais, Le Lait, INRA Editions, 77(3), 321-358.

T

Tsiaka T., Zoumpoulakis P. , Sinanoglou V.J. , Makris C., Heropoulos G.A.& Calokerinos A.C. (2015). Response surface methodology toward the optimization of high-energy carotenoid extraction from *Aristeus antennatus* shrimp. *Analytica Chimica Acta*, volume 877, Pages 100-110.

V

Varghese S., Narmadha R., Gomathi D., Kalaiselvi M., Devaki K. (2013). Phytochemical screening and HPTLC finger printing analysis of *Citrullus lanatus* (Thunb.) seed. *Journal of Acute Disease* 122-126.

Vierling E. (2008). *Science des aliments*, 3e édition .Ed . Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. Bordeaux .PP 236-237.

W

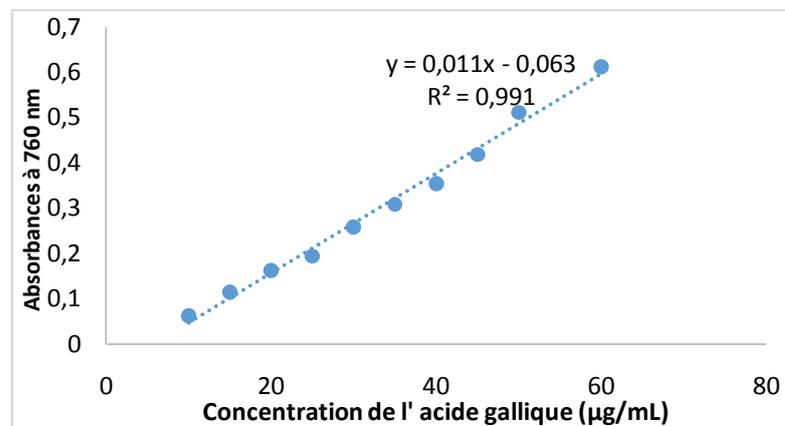
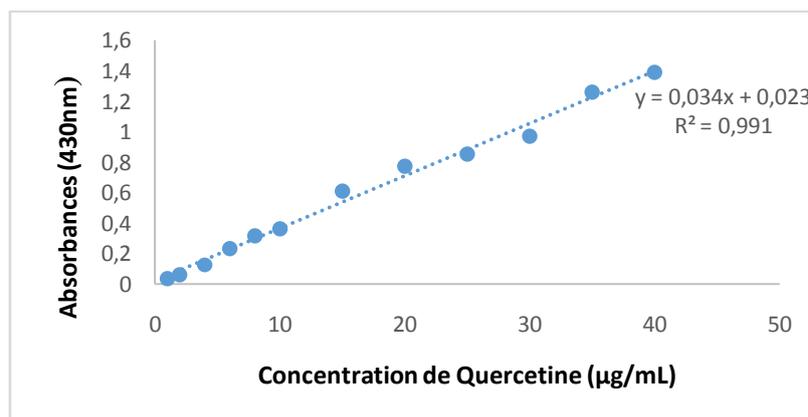
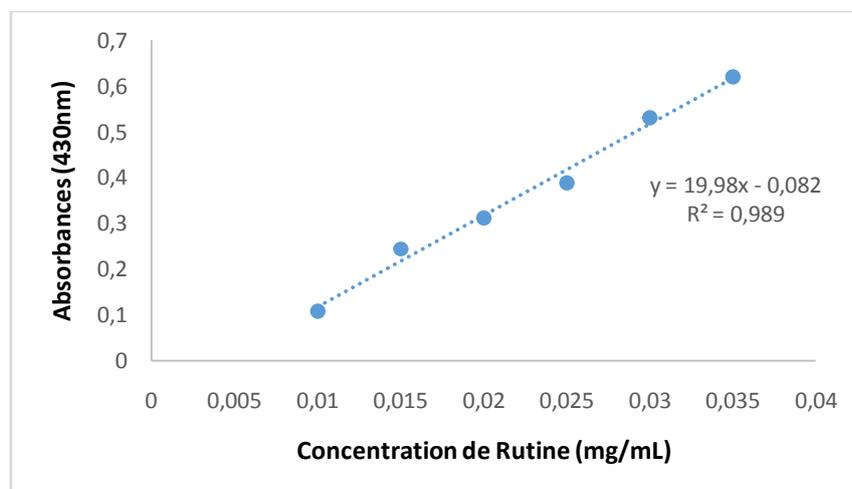
Wang, J., Zhou, X., Cao Y., Xiao, Deng Y. & Chen D. (2007). The antitumor activities of cucurbitacin liposome for injection both in vitro and in vivo. *Asian journal of Traditional Medicines*, 2(3):98-103.

Wright, C.I., Van-Buren L., Kroner C.I. & Koning, M.M.G. (2007). Herbal medicines as diuretics: a review of the scientific evidence. *Journal of Ethnopharmacology*, 114(1):1-31.

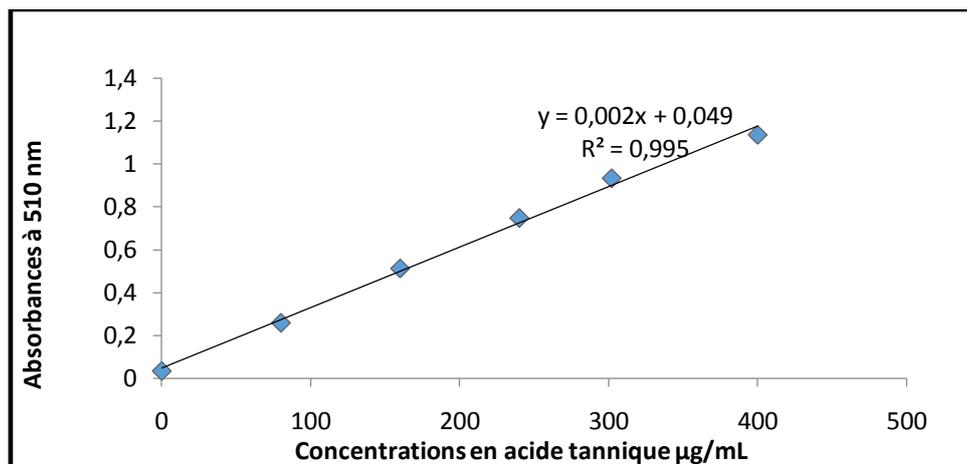
Z

Zhang Y., Vared K. & Nair M. (2005). Human tumor cell growth inhibition by nontoxic anthocyanidins, the pigments in fruits and vegetables. *Life Sciences*, 76 (13): 1465-1472.

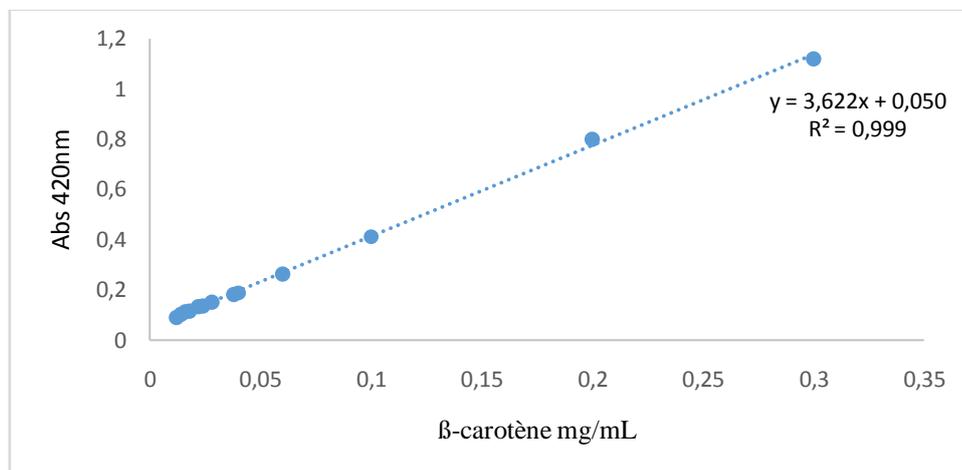
Annexes

Annexe N°1: les courbes d'étalonnage**1. Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols totaux****2. Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes****3. Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonols**

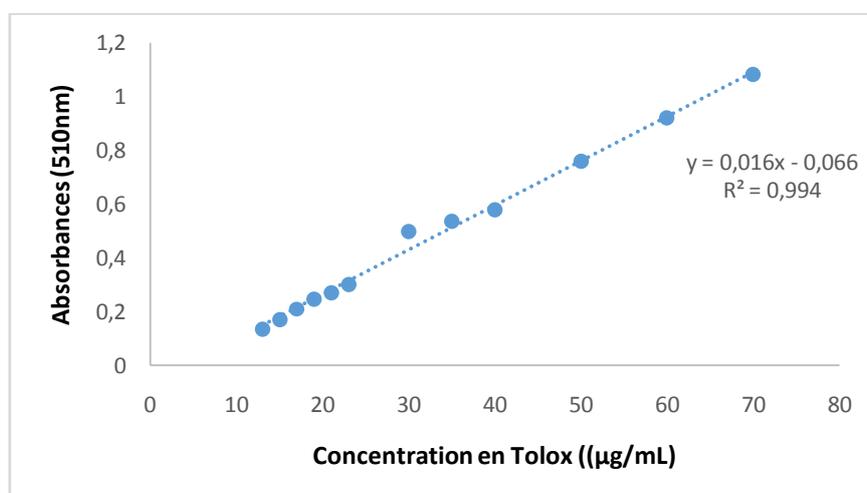
4. Courbe d'étalonnage pour le dosage des tannins



5. Courbe d'étalonnage pour le dosage des caroténoïdes



6. Courbe d'étalonnage pour le pouvoir réducteur (FRAP)



Annexe N°2: protocoles des analyses microbiologiques des yaourts élaborés

- **Détermination du nombre de coliformes totaux**

Les étapes de la recherche et du dénombrement des coliformes par la technique du nombre le plus probable (NPP) sont comme suit :

a) Inoculation

10 mL de dilution dans un tube contenant 10 mL de milieu sélectif d'enrichissement double concentration (**Bouillon à latryptose et au lauryle sulfate**) pour 1 mL de milieu sélectif d'enrichissement simple concentration.

b) Incubation

- Laisser le tube de milieu de culture double concentration dans l'étuve à 30 °C ou à 37 °C pendant 24 ± 2 h.
- Laisser le tube de milieu de culture simple concentration (**Bouillon à latryptose et au lauryle sulfate**) dans l'étuve à 30 °C ou à 37 °C pendant 24 h ± 2 h pendant 48 ± 2 h si la production de gaz ou d'un trouble empêchant la détection de formation de gaz n'est pas observée à ce stade.

c) Confirmation

Le milieu de culture utilisé pour la confirmation est le Bouillon lactosé bilié au vert brillant) : il est considéré comme tube positif, dans lequel la production de gaz après 24 h ± 2 h ou après 48 h ± 2 h est observée.

d) Interprétation

Pour chaque dilution, compter le nombre total de tubes dans lesquels on observe un dégagement gazeux après 24 h ± 2 h, éventuellement, après 48 h ± 2 h est observé.

e) Calcul et expression des résultats

Conformément à la technique d'interprétation des résultats indiquer la présence ou l'absence de coliformes dans un échantillon de x g du produit testé.

Calculer le nombre le plus probable (NPP) des coliformes de chacun des tubes positifs pour chacune des dilutions, par référence aux tables statistiques de Mac Grady (**JORA N°58/2017**).

- **Détermination du nombre de coliformes fécaux**

La méthode de dénombrement des coliformes thermotolérants par comptage des colonies obtenues à 44 °C conformément aux dispositions décrites dans le **journal officiel N°75/2017**.

a) Préparation de l'échantillon pour essai

Une suspension mère et des dilutions décimales ont été préparées dans de l'eau distillée stérile.

b) Ensemencement et incubation

- Transférer 1 mL de la suspension mère dans une boîte de Pétri et recommencer ces opérations avec les dilutions qui suivent.
- Couler dans chaque boîte de Pétri environ 15 mL du milieu gélosé à la bile, au rouge neutre, au cristal violet et à une température comprise entre 44 °C et 47 °C et mélanger soigneusement l'inoculum au milieu de culture.
- Après solidification du mélange, ajouter une couche d'environ 5 mL de milieu V.R.B.L et les incuber dans l'étuve réglée à 44 °C ± 1 °C durant 24 ± 2 h.

c) Comptage des colonies

Après la période d'incubation, procédera au comptage des colonies caractéristiques de coliformes thermotolérants dont les colonies caractéristiques sont violacées, d'un diamètre supérieur ou égal à 0,5 mm et parfois entourées d'un anneau rougeâtre dû à la précipitation de la bile.

L'ISO 21528-1, 2017 : Cette méthode est applicable lorsque les micro-organismes recherchés nécessitent une revivification par enrichissement, et détermination de la présence ou de l'absence de *Salmonella* dans une quantité déterminée de produit.

- **Recherche des *Salmonella* spp**

Un pré enrichissement et un enrichissement sélectif sont souvent nécessaires, afin de pouvoir rechercher les *Salmonella* en nombre restreint ou ayant subi une altération.

a) Pré-enrichissement en milieu non sélectif liquide

Ensemencement de la prise d'essai dans de l'eau peptonée tamponnée à la température ambiante, puis incubation à $37\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ pendant $18\text{ h} \pm 2\text{ h}$.

b) Enrichissement en milieux sélectifs liquides

Ensemencement du bouillon **Rappaport-Vassiliadis** avec Soja (bouillon **RVS**) à $41,5\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ pendant $24\text{ h} \pm 3\text{ h}$ et d'un bouillon **Muller-Kauffmann** au **Tétrathionate-novobiocine (MKTTn)** à $37\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ pendant $24\text{ h} \pm 3$ avec la culture du milieu d'enrichissement.

c) Isolement et identification

Confirmation : Repiquage des colonies présumées de *Salmonella* isolées en RVS et MKTTn) et confirmation au moyen des essais biochimiques et sérologiques appropriés.

NB : Etant donné que la culture était négative, donc les étapes d'isolement et d'identification ont été négligées.

- **Dénombrement de *Staphylococcus aureus***

La présente méthode spécifie une technique pour le dénombrement des *Staphylocoques* à coagulase

positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces) par comptage des colonies obtenues en milieu solide (milieu au plasma de lapin et au fibrinogène) après incubation en aérobie à 35 °C ou 37 °C .

a) Préparation de la suspension mère et des dilutions décimales

10g de yaourt pesés dans un flacon stérile auquel ont été rajoutés 90ml de diluant (eau peptonée tamponnée à température ambiante (il s'agit là de la 1^{ère} dilution)).

Les dilutions décimales sont préparées en transférant 1ml de la suspension mère dans un tube contenant 9ml du même diluant et en répétant l'opération sur chaque dilution préparée jusqu'à obtention d'une série de dilutions décimales (**JORA N° 74/2017**).

b) Ensemencement

Ensemencement en profondeur du milieu gélosé au plasma de lapin et au fibrinogène, (deux boîtes de Pétri) avec une quantité déterminée de la suspension mère et des dilutions décimales.

c) Incubation

Incubation de ces boîtes à 35 °C ou 37 °C pendant 18h à 24h et, si nécessaire, 24h supplémentaires.

d) Interprétation et expression des résultats

Après une période d'incubation, les staphylocoques forment de petites colonies noires ou grises ou même blanches, entourées d'un halo de précipitation indiquant une activité de coagulase. Procéder au comptage des colonies caractéristiques pour chaque boîte.

$$Ne = C/2 * d$$

Où :

Ne : nombre estimé de Staphylocoques à coagulase positive par gramme de produit.

C : somme des colonies de Staphylococcus à coagulase positive comptées sur les deux boîtes retenues ;

d : taux de dilution de la suspension mère.

• **Expression du résultat**

Si les deux boîtesensemencées par la suspension mère ne contiennent aucune colonie de Staphylocoques à coagulase positive, exprimer le résultat comme suit : moins de 1/d Staphylocoque à coagulase positive par gramme de produit, où d est le taux de dilution de la suspension mère (**JORA N°14/2015**).

• **Détermination du nombre de levures et de moisissures**

Méthode du dénombrement des levures et moisissures par comptage des colonies.

a) Ensemencement par étalement

Transférer 0,1 ml de la suspension mère ou les dilutions décimales dans des boîtes de pétri contenant le milieu de culture **DRBC** (Dichloran rose bengale chloramphenicol agar) et étaler l'inoculum sur surface de ce dernier.

b) Incubation

Incuber en aérobiose les boîtesensemencées, couvrir les boîtes, à 25°C ± 1°C pendant cinq (5) jours.

c) Expression des résultats

Compter le nombre de colonies en utilisant une loupe binoculaire (**JORA N°48/2015**).

• **Dénombrement des bactéries sulfite-réductrices**

Le dénombrement des bactéries sulfite-réductrices se développe en condition anaérobies a été réalisé en se référant à la méthode horizontale décrite dans le journal officiel N°51/2013.

a) Prisé d'essai, suspension mère et dilutions

Un traitement thermique de la suspension mère à 75 °C pendant 20 min a été effectué pour éliminer les formes végétatives.

b) Ensemencement

Prendre deux boîtes de Pétri stériles, transférer dans chaque boîte 1 mL de suspension mère et 1 mL de dilution décimale (10⁻²), ajouter dans chacune des boîtes de Pétri environ 15 mL de gélose au sulfite de fer refroidie. Après solidification du milieu, verser dans la boîte 5 mL à 10 mL du même milieu, de manière à recouvrir la couche précédente.

c) Incubation

Après solidification, incuber les boîtes de Pétri dans des jarres pour anaérobiose à 7°C 10°C pendant 24 h à 48 h.

d) Comptage des colonies

Lire les résultats après 24 h et après 48 h, selon le degré de coloration noire et le taux de croissance des micro-organismes. Les colonies noires, éventuellement entourées d'une zone noire, sont dénombrées comme des bactéries sulfite-réductrices.

Annexe N°3: Questionnaire d'analyse sensorielle du yaourt étuvé (panel expert)

Nom : prénom : Age:.....Date :

Sexe : Féminin Masculin

Quatre échantillons de yaourts étuvés codés 123, 235, 329 et 450 vous sont présentés. Il vous est demandé d'évaluer différentes caractéristiques et d'attribuer une note de 1 à 5 pour chaque échantillon sur l'échelle suivante :

1. Odeur (flairer les yaourts sans goûter)

1. Très peu intense
2. Faiblement intense
3. Moyennement intense
4. Fortement intense
5. Très fortement intense

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 123 | 235 | 329 | 450 |
| | | | |

2. Arôme (sensation en bouche)

1. Absent
2. Faiblement intense
3. Moyennement intense
4. Fortement intense
5. Très fortement intense

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 123 | 235 | 329 | 450 |
| | | | |

3. Saveur ou arôme attribué

- 1- aucun arôme
- 2- Melon
- 3- Citrouille
- 4- Pastèque
- 5- non identifié

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 123 | 235 | 329 | 450 |
| | | | |

4. Saveur sucrée

1. Absente
2. Faiblement intense
3. Moyennement intense
4. Fortement intense
5. Très fortement intense

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 123 | 235 | 329 | 450 |
| | | | |

5. Saveur acide

1. Absent
2. Faible
3. Moyen
4. Forte
5. Très forte

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 123 | 235 | 329 | 450 |
| | | | |

6. Consistance

1. Liquide
2. Trop mou
3. Mou
4. Ferme
5. Très ferme

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 123 | 235 | 329 | 450 |
| | | | |

7. Texture

1. Très granuleuse
2. Granuleuse
3. Moyenne
4. Lisse
5. Très lisse

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 123 | 235 | 329 | 450 |
| | | | |

8. Préférence globale

Attribuez pour chaque échantillon une note de préférence entre 1 à 9, sachant que le numéro 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et 9 à celui le plus préféré, selon l'échelle présentée ci-dessous :

- 1 : Extrêmement désagréable,
- 2 : Très désagréable,
- 3 : Désagréable,
- 4 : Assez désagréable,
- 5 : Ni agréable ni désagréable,
- 6 : Assez agréable,
- 7 : Agréable,
- 8 : Très agréable,
- 9 : Extrêmement agréable.

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 123 | 235 | 329 | 450 |
| | | | |

"Merci pour votre coopération"

Résumé

L'étude a été menée sur la composition physicochimique et phytochimique des graines de trois espèces de cucurbitacées (*Cucumis melo*, *Citrulus lanatus* et *Cucurbita pepo*) et des yaourts formulés à base de ces dernières. Les poudres de graines de *C. lanatus* détiennent la plus forte teneur en humidité ($41,29 \pm 2,53\%$), en fibres ($19,75 \pm 0,91\%$) et en cendres ($4,19 \pm 0,05\%$). Tandis que, l'espèce *C. pepo* a marqué les concentrations les plus élevées en protéines ($34,18 \pm 0,18\%$) et en lipides ($31,76 \pm 0,5\%$) ainsi qu'en minéraux (Zn, Fe, Mn et Cu) identifiés par ICP-AES. L'analyse phytochimique a déterminé le meilleur rendement d'extraction ($23,83\%$) pour *C. melo*. La teneur la plus élevée en PTT ($3,56 \pm 0,063$ mg EAG/g), flavonoïdes ($3,13 \pm 0,58$ mg EQ/g), flavonols ($3,58 \pm 0,20$ mg EQ/g) et tannins ($2,75 \pm 0,24\%$) est attribuée au *C. lanatus*, tandis que l'espèce *C. pepo* est riche en caroténoïdes ($8,69 \pm 0,31$ mg E β C/g). L'activité antioxydante la plus élevée évaluée par le test au DPPH est notée pour l'espèce *C. melo* à une concentration inhibitrice à 50% (IC₅₀) de $2,58 \pm 0,02$ mg/mL et *C. lanatus* a révélé la meilleure capacité dans le test ABTS ($3,09 \pm 0,14$ mg/mL) et le pouvoir réducteur (FRAP) ($17,56 \pm 0,17$ mg/g). L'incorporation de la poudre de graines de melon dans la formulation du yaourt a montré une augmentation de la teneur en cendres. En revanche, l'addition de la graine de citrouille et de pastèque a apporté une valeur ajoutée en termes nutritionnel (protéines et matières grasses). L'analyse microbiologique des quatre yaourts élaborés est conforme aux normes Algériennes. L'analyse sensorielle des yaourts enrichis par les graines a montré que le yaourt fortifié par les graines de pastèque a été appréciée par le jury de dégustation.

Mots clés : cucurbitacées, graines, melon, pastèque, citrouille, composition chimique, activité antioxydante, yaourt.

Abstract

The study was conducted on the physicochemical and phytochemical composition of the seeds of three species of cucurbits (*Cucumis melo*, *Citrulus lanatus* and *Cucurbita pepo*) and on the yogurts formulated with them. *C. lanatus* seed powders have the highest moisture ($41.29 \pm 2.53\%$), fiber ($19.75 \pm 0.91\%$) and ash ($4.19 \pm 0.05\%$) contents. While, *C. pepo* species marked the highest concentrations of proteins ($34.18 \pm 0.18\%$) and lipids ($31.76 \pm 0.5\%$) as well as minerals (Zn, Fe, Mn and Cu) identified by ICP-AES. Phytochemical analysis determined the best extraction yield (23.83%) for *C. melo*. The highest content of TPC (3.56 ± 0.063 mg EAG/g), flavonoids (3.13 ± 0.58 mg EQ/g), flavonols (3.58 ± 0.20 mg EQ/g) and tannins ($2.75 \pm 0.24\%$) was attributed to *C. lanatus*, while the *C. pepo* species was rich in carotenoids (8.69 ± 0.31 mg E β C/g). The highest antioxidant activity evaluated by the DPPH test was noted for the *C. melo* species at a 50% inhibitory concentration (IC₅₀) of 2.58 ± 0.02 mg/mL, and *C. lanatus* revealed the better antioxidant ability in ABTS test (3.09 ± 0.14 mg/mL) and reducing power (FRAP) (17.56 ± 0.17 mg/g). The incorporation of melon seed powder in the yogurt formulation showed an increase in ash content. On the other hand, the addition of pumpkin and watermelon seeds provided added value from a nutritional point of view (proteins and fats). The microbiological analysis of the four yogurts produced complies with Algerian standards. The sensory analysis of the seed-enriched yogurts showed that the yogurt fortified with the watermelon seeds was appreciated by the tasting panel.

Keywords: cucurbits, seeds, melon, watermelon, pumpkin, chemical composition, antioxidant activity, yogurt.