

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
**Université A. MIRA - Béjaia**

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département de SCIENCES Alimentaires**  
**Spécialité : Qualité des produits et sécurité alimentaire**



**Réf :.....**

**Mémoire de fin de cycle**  
**En vue de l'obtention du diplôme**

**MASTER**

***Thème***

**Enrichissement de la galette et du flan par des substances bioactives d'origine végétales**

Présenté par :

**AZOUG Bisma & MOUHOUBI Yasmine**

Soutenu le : **30 Septembre 2021**

Devant le jury composé de :

Melle BRAHMI Fatiha	MCA	Présidente
Mme GUENDOUZE Naima	MCA	Encadreur
Mme GUEMGHAR Hayet	MCA	Examinatrice

**Année universitaire : 2020/ 2021**



## *Remerciements*

Je rends grâce à Allah, le Clément, le tout Miséricordieux, pour la chance qu'Il nous a donné pour poursuivre nos études, et pour le courage et la volativité qu'Il nous a donné pour mener à bien ce travail et d'être là où on est. Gloire à Allah.

Nous commençons tout d'abord, par remercier notre encadreur de notre mémoire **GUENDOUZE -BOUCHEFA Naima** professeur à l'université de Bejaia, pour la confiance qu'il nous a attribuée et d'avoir accepté de diriger notre travail, pour ses précieux conseils qu'il n'a cessé de prodiguer, ainsi que sa rigueur scientifique et ses encouragements qui nous a illuminé le chemin pour l'élaboration de ce mémoire.

Nos remerciements s'étendent également à M<sup>lle</sup> **BRAHMI Fatiha** Professeur à l'université de Bejaia, pour son aide, ses conseils, et pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury et d'examiner notre travail. En souhaitant que ce travail soit le témoignage de notre reconnaissance, On vous présente nos respects les plus profonds.

Nous tenons également à exprimer nos sincères remerciements aux égards des membres de jury, **GUAMGHAR Hayet** pour nous avoir fait l'honneur de siéger à notre jury et d'examiner ce travail, nous souhaitons que ce travail soit le témoignage de notre reconnaissance, nos profonds respects

Nos vifs remerciements à nos familles qui nous ont été d'un énorme soutien durant toute la période de la recherche.

Que tous ceux et celles qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce travail trouvent ici l'expression de nos remerciements les plus chaleureux.

**Besma et Yasmine**

## *Dédicace*

*Je remercie ALLAH qui est le tout puissant, de m'avoir donné la volonté, la santé et la force pour accomplir ce travail.*

*A mes chers parents aucun dédicace peut exprimer mon amour éternel, je vous remercie pour l'amour, et votre tendresse, votre compréhension, votre patience et vos prières sont toujours pour moi sans limite, vous m'avez soutenue le long de mes études et vous avez tout sacrifié pour ma réussite, que dieu vous garde en bonne santé.*

*A mes grands-parents*

*Mon grand-père Allaoua, mes grand-mères Halima et Zouhra .*

*Que dieu vous bénisse et vous garde en bonne santé.*

*A mon grand-père Allah yrahmo*

*Qui est toujours présents dans mon cœur*

*A ma chère sœur*

*Amel*

*A mes tantes maternel et paternel et à mes oncles maternel et paternel, Un spécial dédicace pour mon oncle Fahem qui m'as aidé.*

*Aux personnes qui m'ont toujours aidée et encouragée, qui étaient toujours à mes côtés, mes aimables ami(es)*

*Yousra, Kahina, Silya ,Silya ,Halim,Nadjet*

*A ma chère amie et binôme besma et sa famille avec qui j'ai vécu des beaux moments au cours de notre parcours.*

*A tout personnes que j'estime et je n'ai pas cité*

*M. Yasmine*



## Dédicaces

C'est avec l'aide et la grâce du Dieu qu'on a achevé ce modeste travail que je dédie :

A mes très chers parents (*Amar & Djida*), sans votre affection, vos sacrifices, vos prières et vos efforts que vous avez déployés durant toute ma vie, ce travail n'aurait jamais pu être réalisé. J'espère que Dieu vous accorde une longue vie pleine de santé et de bonheur ;

*A mes adorables sœurs*

*(Tima, Sabah & Sabrina) et*

*A mes anges (Houhou & momouh) que j'aime beaucoup ;*

*A mes grands-parents maternels et paternels, que dieu vous protègent et vous garde pour nous ;*

*A mes tentes et oncles maternel et paternel ;*

*Un spécial dédicace pour mon meilleur Moussa ;*

*A mes amis qui m'ont épaulé et encouragé particulièrement : Houda, Lydia, Nesrine, Siham, Halim, Wawa, Lamia, Chaouki, Kahina, Nadjet ; Youssra, oncle de Yasmine Faham ;*

*A ma chère amie et binôme Yasmine et sa famille avec qui j'ai vécu des beaux moments au cours de notre parcours ;*

*A toute personnes qui ont participé de près ou de loin afin de réaliser mon mémoire.*



*Besma*

# Liste des abréviations

- ABTS<sup>+</sup>** : 2,2'-azino-bis (acide 3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)
- APG** : Groupe Phylogénie Angiospermes.
- CAT** : Catalase.
- ERO** : Espèces Réactives de l'Oxygène
- FAO** : Food and Agriculture Organization.
- GSHPx** : Glutathion peroxydase.
- ha** : hectare.
- UF** : Unité Fourragère.
- ROS** : Reactive Oxygen Species.
- SOD** : SuperOxyde Dismutase

# Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Photographie de la pastèque.....	02
<b>Figure 2:</b> Photographie des différentes variétés de graines de pastèque .....	03
<b>Figure 3:</b> Photographie de Hedysarum coronarium .....	07
<b>Figure 4 :</b> Structure chimique des acides phénoliques.....	14
<b>Figure 5 :</b> Structure chimique de base d'une molécule de flavonoïde.....	14
<b>Figure 6 :</b> Structure d'un tanin hydrolysable (a) et d'un tanin condensé (b).....	15
<b>Figure 7 :</b> Photographie des graines de pastèques .....	16
<b>Figure 8 :</b> Photographie de Sulla.....	16
<b>Figure 9:</b> Représentation géographique du site de prélèvement des échantillons de Sulla.....	17
<b>Figure 10 :</b> Représentation géographique du site de provenance des pastèques.....	17
<b>Figure 11:</b> Les étapes de préparation des flans.....	18
<b>Figure 12:</b> Les étapes de préparation des galettes.....	18
<b>Figure 13 et 14 :</b> Pourcentage des cendres des différents échantillons analysés. ....	30
<b>Figure 15 et 16:</b> Teneurs en polyphénols totaux des différents échantillons analysés. ....	31
<b>Figure 17 et 18 :</b> Teneurs en flavonoïdes des différents échantillons analysés .....	32
<b>Figure 19 et 20 :</b> Teneur des tanins condensés des différents échantillons.....	34
<b>Figure 21:</b> Pourcentages d'inhibition du radical ABTS <sup>•+</sup> par les différents échantillons à différentes concentrations.....	36
<b>Figure 22:</b> Pouvoir discriminant par descripteur des produits galette témoin et galette Sulla.....	39
<b>Figure 23:</b> Pouvoir discriminant par descripteur des flans témoin et flan enrichi en graines de pastèque.....	40
<b>Figure 24:</b> Coefficients des modèles du produit 1 (galette témoin).....	41
<b>Figure 25 :</b> Coefficients des modèles du produit 2 (galette enrichi en Sulla).....	41
<b>Figure 26 :</b> Coefficients des modèles de produit 3 (flan témoin).....	42
<b>Figure 28 :</b> Corrélation entre les variables (a) et les facteurs (b) pour les produits galettes...	45
<b>Figure 29 :</b> Corrélation entre les variables (a) et les facteurs (b) pour les flans.....	46

# Listes des tableaux

<b>Tableau I</b> : Les constituants des graines de pastèque.....	04
<b>Tableau II</b> : : Classification systématique d' <i>H. coronarium</i> .....	06
<b>Tableau III</b> : : Composition chimique de Sulla .....	08
<b>Tableau IV</b> : Pourcentage d'humidité des différents échantillons.....	27
<b>Tableau V</b> : pH, acidité titrable et taux de Brix des deux flans analysés.....	28
<b>Tableau VI</b> : Valeurs des IC50 des différents extraits et de l'acide gallique lors de la réduction du radical ABTS <sup>•+</sup> .....	37
<b>Tableau VII</b> : Valeurs des IC50 des différents extraits et de l'acide gallique lors de la réduction du molybdate.....	38
<b>Tableau VIII</b> : Moyennes ajustées pour les produits de galettes.....	43
<b>Tableau IX</b> : Moyennes ajustées pour les échantillons de flans.....	44
<b>Tableau X</b> : Pourcentage de juges satisfaits pour chaque objet.....	46

## Table des matières

Liste des abréviations

Liste de figures

Liste des tableaux

**Introduction..... 1**

### **Chapitre I : Généralités sur les plantes étudiées**

I.1 Graines de pastèque ..... 2

I.1.1. Présentation de la pastèque .....2

I.1.2. Description botanique de la pastèque ..... 2

I.1.3. Classification.....3

I.1.4. Origine et production.....3

I.1.5. Composition chimique.....4

I.1.6. Utilisation des graines de pastèque .....5

I.1.7. Effets des graines de pastèque.....5

I.1.7.2. Effets toxiques.....5

**I.2. Sulla.....6**

I.2.1. Présentation de Sulla .....6

I.2.2. Classification .....6

I.2.3. Description botanique.....7

I.2.4.Répartition géographique.....7

I.2.5. Composition chimique.....8

I.2.6. Usages .....8

I.2.7. Effets thérapeutiques.....9

### **Chapitre II : Activité antioxydante**

II.1. Définition d'un antioxydant.....10

II.2. Radicaux libres.....10

II.3. Espèces réactives de l'oxygène.....10

II.4. Stress oxydatif.....11

II.5. Système antioxydant..... 11



II.5.1. Système antioxydant enzymatique.....	12
II.5.2. Système antioxydant non enzymatique.....	12
II.5.2.1. Vitamines.....	12
II.5.2.2. Caroténoïdes (β-carotène).....	12
II.5.2.3. Oligoéléments.....	13
II.5.2.4. Polyphénols.....	13

### **III. Matériel et méthodes**

I. Matériel.....	16
I.1 Description du matériel végétal.....	16
I.2 Récolte des échantillons.....	16
II. Méthodes.....	17
II.1. Élaboration des produits.....	18
II.1.1. Préparation des flans.....	18
II.1.2. Préparation des galettes.....	18
II.2. Analyses physico-chimiques.....	19
II.2.1. Test d'humidité.....	19
II.2.2. Détermination du taux de cendres.....	19
II.2.3. Mesure de l'acidité titrable.....	20
II.2.4. Détermination du degré Brix.....	21
II.2.5. Mesure du pH.....	21
II.3. Analyse phytochimique.....	21
II.3.1 Extraction.....	21
II.3.2. Dosage des polyphénols totaux.....	22
II.3.3. Dosage des Flavonoïdes.....	23
II.3.4. Dosage des proanthocyanidines.....	23
II.3.6. Activité antioxydante.....	24
II.4. Analyse sensorielle.....	25
II.5. Analyses statistique.....	26

### **III. Résultats et discussion**

I. Analyses physico-chimiques.....	27
------------------------------------	----

I.1. Détermination de la teneur en eau.....	27
I.2. Détermination du pH, acidité titrable, taux de Brix.....	28
I.3. Détermination de taux des cendres.....	29
II. Analyses phytochimiques .....	31
II.1. Teneur en polyphénols totaux.....	31
II.2. Teneurs en flavonoïdes.....	32
II.3. Teneur en proanthocyanidines.....	34
II.4. Activité antioxydante.....	35
II.4.1. Activité antiradicalaire ABTS.+.....	35
II.4.2. Test au phosphomolybdate d'ammonium.....	37
III. Analyse sensorielle.....	38
III.1. Caractérisation du produit.....	38
III.1.1. Pouvoir discriminant par descripteurs.....	38
III.1.2. Coefficient des modèles.....	40
III.1.3. Moyennes ajustées par produits.....	43
III.1.4. Analyse en composantes principales.....	44
III.1.5. Préférence MAPPING.....	46
<b>Conclusion.....</b>	<b>47</b>
Références bibliographique	
Annexes	

# Introduction

### Introduction

Les plantes médicinales sont à la fois un produit destiné à la consommation et une matière première pour l'obtention de substances bioactives (Chabrier, 2010). En effet, les plantes sont la source de nombreux composés bénéfiques pour la santé tels que les vitamines, les minéraux, les acides aminés, les composés phénoliques...

Ces derniers requièrent une attention particulière et sont de plus en plus étudiés. Leur diversité structurelle leur confère de nombreuses propriétés intéressantes. Leur rôle d'antioxydants naturels suscite de plus en plus d'intérêt pour la prévention et le traitement de plusieurs maladies (Jean, 2009).

Les substances naturelles connaissent un intérêt croissant dans de nombreux domaines. En effet, avec des consommateurs de plus en plus réticents à utiliser des produits contenant des molécules issues de la synthèse chimique, un certain nombre de secteurs industriels (cosmétique, pharmaceutique et agroalimentaire) se tournent de nouveau vers l'incorporation de ces molécules d'origine naturelle aux caractéristiques chimiques et biologiques originales, dans leurs formulations (Michel, 2011). Dans ce fait, la valorisation de ces principes actifs d'origine naturelle et l'exploitation des plantes médicinales représente donc un potentiel économique énorme (Zergui, 2016). Parmi ces plantes : le Sulla (*Hedysarum coronarium* L.) et les graines de *Citrullus lanatus* (pastèque).

L'objectif de ce présent travail est d'étudier le contenu phénolique de Sulla et des graines de pastèque, leur activité antioxydants ainsi d'enrichir deux aliments en l'occurrence la galette et le flan par Sulla et les graines de pastèque respectivement. Ensuite, Les aliments élaborés subissent une analyse sensorielle, pour étudier d'une manière ordonnée et structurée leurs propriétés.

Ce manuscrit est composé de deux parties distinguées qui sont complémentaires :

- La première partie est consacrée à une revue bibliographique comportant des généralités sur la plante *Hedysarum coronarium* L. (Sulla) et des graines de *Citrullus lanatus* (pastèques), et le deuxième est un bref rappel sur l'activité antioxydante ;
- La deuxième partie est consacrée à la démarche expérimentale, et qui présente le matériel et méthodes, l'ensemble des résultats obtenus et leurs interprétations.

# Chapitre I

## Généralités sur les plantes

## Synthèse bibliographique

### I. Généralités sur les plantes étudiées

#### I.1. Graines de pastèque

##### I.1.1. Présentation de la pastèque

La pastèque (*Citrullus lanatus*) est une plante herbacée rampante appartenant à la famille des cucurbitacées (Enemor et al., 2019). Il s'agit d'une plante tropicale qui a besoin de beaucoup de soleil et d'une température supérieure à 25°C pour une croissance optimale (Tabiri et al., 2016).

##### I.1.2. Description botanique de la pastèque

Les feuilles de la pastèque sont herbacées mais rigides. Elles mesurent 60 à 200 mm de long et 40 à 150 mm de large, avec 3-5 lobes (Alka et al., 2018 ; Erhirhie et Ekene, 2013). Ses fleurs sont jaunes et poussent sur la même plante (monoïque) (Deshmukh et al., 2015). Ses fruits sont de forme sphérique, plus ou moins oblongue, et de couleur vert foncé généralement marbré de blanc. Leur largeur va de 30 à 40 cm de diamètre, et leur poids peut aller de 3 à 4 kg pour une variété, et jusqu'à 20 kg pour une autre variété (Johnson et al., 2012) (figure 1). Les graines de pastèque sont ovales à elliptiques, aplaties, de 0,5 à 1,5 cm de longueur, 0,5 à 1 cm de largeur, lisses, jaunes à brun ou noir tachetée, et rarement blanche (Erhirhie et Ekene, 2013) (figure 2). La couleur blanche des graines n'est généralement pas préférée car elle suggère que le fruit est immature (Wehner, 2008).

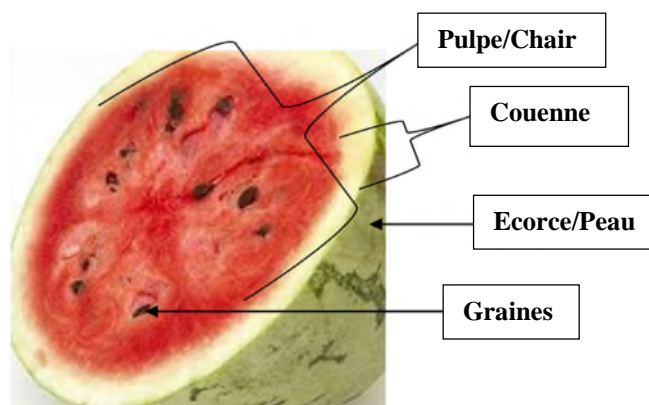


Figure 1 : Photographie de la pastèque (Neglo et al., 2021).



Figure 2 : Photographie des différentes variétés de graines de pastèque (Guo et al., 2020).

### I.1.3. Classification

Selon Erhirhie et Ekene (2013), la classification systématique de la pastèque est comme suit :

- Règne : Plantea
- Division : Embryophyta
- Classe : Dicotyledoneae
- Ordre : Cucurbitales
- Famille : Cucurbitaceae
- Genre : *Citrullus*
- Espèces : *Citrullus lanatus*

### I.1.4. Origine et production

Selon la FAO (2004), les principaux pays producteurs de la pastèque sont : la Chine, la Turquie, l'Iran, les USA, l'Égypte, le Mexique, la Russie, l'Espagne, la Corée du Sud, le Maroc, le Kazakhstan, la Grèce, le Brésil, la Syrie, l'Italie, le Japon, l'Algérie, l'Ouzbékistan, la Tunisie et le Pakistan.

En Algérie, la culture de la pastèque est pratiquée dans les régions où les ressources hydriques sont disponibles à savoir: Tlemcen (périmètre de Maghnia et Mansourah), Tizi-Ouzou (Freha), Skikda, Mascara (Ghris), Annaba, Mostaganem, Boumerdes (Legata), Ain Defla (Haut-Chelif), Relizane (Oued-Rhiou), El Oued, Ghardaïa et El-Menea (Hassi-Lefhal et Hassi El-Gara) (Anonyme 1 et Anonyme 2).

### I.1.5. Composition chimique

Le fruit de la pastèque est très riche en eau (91%) (Alka et al., 2018). Son goût sucré est principalement dû à une combinaison de saccharose, de glucose et de fructose. La présence des caroténoïdes tels que le lycopène et le  $\beta$ -carotène est responsable des couleurs rouge et orange de la pastèque (Maoto et al., 2019). Ce fruit est une source de vitamines A, E et C, de minéraux (phosphore, potassium, magnésium, calcium), d'acides aminés et d'antioxydants (Feng et al., 2013).

Les graines de pastèque sont généralement jetées en dépit de leur haute valeur nutritionnelle. Elles contiennent une quantité appréciable de protéines (68,4%), matières grasses (47,1 %) et glucides (25,1 %). Ces graines contiennent des sels minéraux et certains composants phytochimiques (Sajjad et al., 2019), ainsi que des vitamines et des fibres alimentaires (1,20 %) (Neglo et al., 2021) (tableau I).

**Tableau I :** Les constituants des graines de pastèque.

Composition	Constituants	Références
<b>Protéines</b>	Arginine, glutamine, acide aspartique, leucine glycoprotéine	(Wani et al., 2010)
<b>Matières grasses</b>	Acide linoléique et acide oléique	(Łukasz, 2018)
<b>Composants phytochimiques</b>	Alcaloïdes, flavonoïdes, polyphénols, terpènes	(Sajjad et al., 2019)
<b>Vitamines</b>	Complexe vitaminique B : la thiamine (Vit. B1), la riboflavine (Vit. B2), la niacine (Vit. B3), l'acide pantothénique (B5), la vitamine B6 et le folate (Vit. B9). Vitamines A, C, E et K	(Deshmukh et al., 2015)  (Enemor et al., 2019)
<b>Minéraux</b>	Calcium, fer, magnésium, phosphore, potassium et zinc	(Maakelo et al., 2021)
<b>Pigments</b>	Lycopène, bêta-carotène et xanthophylles	(Alka et al., 2018)
<b>Autres</b>	2-dodécyclobutanone, 2-tétracyclobutanone et radicaux cellulosiques Carbohydate	(Sin et al., 2006)  (Deshmukh et al., 2015)



### I.1.6. Utilisation des graines de pastèque

Les graines de pastèque sont connues pour leur importance économique notamment dans les pays où la culture est en augmentation (Tabiri *et al.*, 2016).

Les graines brunes peuvent être consommées telles quelles ou sous forme grillée, et peuvent être additionnée dans des mélanges de farine. La pulpe des graines est utilisée comme épaississant dans les soupes (Alka *et al.*, 2018). Elles sont ajoutées comme additif dans divers plats : comme farce dans le Kheer indien, les sucreries et les garnitures en remplacement des amandes et des pistaches en Inde (Wani *et al.*, 2010). Elles sont également employées dans l'industrie cosmétique et pharmaceutique. Les graines fermentées sont exploitées pour produire un édulcorant (Alka *et al.*, 2018).

En raison de leur teneur élevée en protéines et en graisses, les graines de pastèque sont utilisées pour améliorer la nutrition des nourrissons (Alka *et al.*, 2018).

### I.1.7. Effets des graines de pastèque

#### I.1.7.1. Effets thérapeutiques

Les graines de pastèque ont des propriétés antioxydantes et sont utilisées dans le traitement du diabète, des troubles cardiovasculaires et du cancer (Sajjad *et al.*, 2019). Elles ont également un rôle anti-inflammatoire et sont employées dans le traitement des infections des voies urinaires et des calculs rénaux (Erhirhie *et Ekene*, 2013). De plus, les graines de pastèque présentent des propriétés (Braide *et al.*, 2012), antibactérienne (Deshmukh *et al.*, 2015) et antiulcéreuse (Alka *et al.*, 2018).

#### I.1.7.2. Effets toxiques

Les facteurs antinutritionnels les plus importants dans les graines de pastèque sont les tanins, les phytates, les oxalates, les saponines et l'acide cyanhydrique. Les tanins se lient et forment des complexes avec les protéines, les minéraux, les enzymes digestives et les vitamines, inhibant ainsi leur métabolisme dans l'organisme. Les phytates lient les minéraux et inhibent leur absorption par l'intestin. L'oxalate forme un complexe avec le calcium et le rend indisponible pour son absorption. Celui-ci se précipite sous forme de sels insolubles qui s'accumulent dans les glomérules rénaux, contribuant ainsi au développement d'un dysfonctionnement rénal (Vinhas *et al.*, 2021).

## I.2. Sulla

### I.2.1. Présentation de Sulla (*Hedysarum coronarium* L.)

*Hedysarum* vient du mot grec Hedys qui signifie fourrage doux à brouter (**Bonnier, 1934**). C'est un groupe d'espèces fourragères spontanées qui poussent sur des sols variés et dans des conditions climatiques différentes, présentant ainsi une grande diversité (**Abdelguerfi et al., 1988**).

*Hedysarum coronarium* L. (*H. coronarium*) est appelée couramment Sulla, Sulla du nord ou Sainfoin d'Espagne (**Bullita et al., 2000**).

Le Sulla, une légumineuse pérenne à courte durée de vie, est largement cultivée comme culture fourragère dans toute la Méditerranée (**Bonanno et al., 2007 ; Ruisi et al., 2011**). Cette plante herbacée est adaptée aux sols calcaires, mais capable de pousser sur des sols neutres à légèrement acides (**Southwell et al., 2005**).

### I.2.2. Classification

Selon le groupe phylogénie angiospermes (APG), la classification systématique de Sulla est présentée dans le **tableau II**.

**Tableau II** : Classification systématique d'*H. coronarium* selon APG (2009).

<b>Règne</b>	Planta
<b>Embranchement</b>	Spermaphytes
<b>Sous-embranchement</b>	Angiospermes
<b>Classe</b>	Dicotylédone
<b>Sous-classe</b>	Rosidées
<b>Ordre</b>	Fabales
<b>Famille</b>	Fabaceae
<b>Genre</b>	<i>Hedysarum</i>
<b>Espèce</b>	<i>Hedysarum coronarium</i> L.

### I.2.3. Description botanique

Le Sulla est une plante de 20 à 50 cm de hauteur. Sa racine est pivotante et ramifiée, et peut atteindre jusqu'à deux mètres de profondeur. Ses fleurs, rose vif ou rouge, sont dressées et groupées par plus de 10, formant des grappes qui terminent chacune un rameau florifère plus long que la feuille située en dessous. Les feuilles présentent 7 à 11 folioles, ovales dont la foliole terminale est souvent un peu plus large que les autres. Les folioles les plus grandes peuvent atteindre jusqu'à 2cm de largeur. Les fruits présentent 2 à 4 articles ovales et sont couverts de petits tubercules saillants sur leurs faces (**Bonnier, 1934**) (**figure 3**).



**Figure 3** : Photographie de *Hedysarum coronarium* (**Edwaed, 1897**).

### I.2.4. Répartition géographique

L'aire de distribution du genre *Hedysarum* est l'Europe tempérée, les régions méditerranéennes de l'Afrique du nord (**Hyam et Pankhurst, 1995 ; Polunin, 1969**), l'Asie mineure, la Sibérie et l'Amérique du nord, allant de l'Arizona jusqu'au Canada et les régions arctiques (**Bentham et Hooker, 1865**).

Comme c'est une espèce fourragère appréciée, *H. coronarium* est cultivée de plus en plus en Europe méditerranéenne, comme la Grèce, l'Espagne, l'Italie et la Turquie, et aussi en Australie (**Bullita et al. 2000 ; Martiniello et al., 2000**).

En Algérie, l'aire de distribution de cette espèce est limitée en raison de la forte dégradation, voire même de la disparition, des prairies naturelles (**Abdelguerfi et al., 1999**).

### I.2.5. Composition chimique

Comme d'autres légumineuses fourragères, la valeur nutritive du Sulla et sa digestibilité sont élevées. Il est très productif (600 UF/ha), riche en protéines brutes, cendres (**Martiniello et al., 2000**) et tanins condensés (**Julier et al., 2003**).

Les tiges ont un contenu élevé de sucres solubles totaux (même supérieure à 200 g/kg) et de polysaccharides nettement supérieur à celui des feuilles, qui contiennent la plupart des protéines de la plante (**Dien et al., 2006**). Le Sulla a aussi une teneur variable en fibres détergents (neutre et acide) (**Gasmi-boubakar et al., 2012**). *H. coronarium* renferme également des phénols, des flavonoïdes et des terpènes (saponines) (**Arabe et al., 2009**).

La composition chimique de Sulla sont reportés dans les **tableaux III**.

**Tableau III** : Composition chimique de Sulla (**Arabe et al., 2009**).

Composés chimiques	Matière sèche résiduelle	Cendres insolubles	Matière azotée totale	Matière organique	Matière minérale
Teneur (%)	90,84	0,58	21,03	87,96	12,04

### I.2.6. Usages

Le Sulla représente un exemple efficace d'une espèce à usages multiples exploitée pour la protection de l'environnement, l'amélioration du paysage et la production de miel (**Igor et al., 2010**). Il est aussi utilisé pour améliorer la productivité et la durabilité des systèmes agricoles. *H. coronarium* est planté pour protéger le sol et revégétaliser les terres perturbées (**Ruisi et al., 2011**), et la réduction de l'érosion hydrique des sols en pente (**Abdelguerfi et al., 1991**).

L'intérêt des cultures fourragères à base de légumineuses est la réduction de l'énergie fossile nécessaire à la synthèse des engrais azotés inorganiques et la transformation d'autres sources de protéines en aliments utiles pour le bétail, utilisé pour le pâturage, la fenaison et l'ensilage (**Issolah et al., 2006; Sulas, 2005**).

### I.2.7. Effets thérapeutiques

*H. coronarium* joue le rôle d'un agent antibactérien et antioxydant. Il est employé pour traiter le diabète, la diphtérie, le rhumatisme et le cancer (Bektas et al., 2018). Le Sulla est considérée comme laxatif, anti-hypercholestérolémiant et permet de lutter contre les parasites gastro-intestinaux (Burlando et al., 2017)

# Chapitre II

## Activités antioxydantes

## II. Activité antioxydante

### II.1. Définition d'un antioxydant

Un antioxydant est toute substance, qui en faible concentration par rapport au substrat, susceptible d'être oxydé, de retarder ou d'inhiber l'oxydation de ce substrat (**Halliwell, 2008 ; Sindhi et al., 2013**). Il intervient en protégeant les cellules des dommages oxydatifs induits par les radicaux libres en les piégeant (**Kumar et al., 2017 ; Sindhi et al., 2013**).

### II.2. Radicaux libres

Un radical libre est un atome ou une molécule dont la structure chimique est caractérisée par la présence d'un électron libre sur leur orbitales externes ce qui le rend extrêmement réactifs (**Valko et al., 2006**). Il est très instable et réagit rapidement avec d'autres composants en essayant de capturer l'électron nécessaire pour acquérir la stabilité. Une réaction en chaîne débute lorsqu'un radical libre attaque la molécule stable la plus proche en lui arrachant son électron, et la molécule attaquée devient elle-même un radical libre (**Fettah, 2019**).

### II.3. Espèces réactives de l'oxygène

L'ensemble des radicaux libres et de leurs précurseurs est souvent appelé espèces réactives de l'oxygène (ERO) ou Reactive Oxygen Species (ROS). Ces ROS sont produits par divers mécanismes physiologiques car ils sont utiles pour l'organisme à dose raisonnable ; mais la production peut devenir excessive ou résulter de phénomènes toxiques exogènes et ces excès vont être neutralisés par différents systèmes antioxydants (**Favier, 2003**).

Les principales espèces réactives de l'oxygène sont (**Nimse et al., 2015**) :

*O <sub>2</sub> : Oxygène singulet	* O <sub>2</sub> <sup>-</sup> : Radical anion superoxyde
* H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> : Peroxyde d'hydrogène	* OH : Radical hydroxyle
* RO <sup>•</sup> : Radical alkoxyle	* ROO <sup>•</sup> : Radical peroxyde
* LOOH : Hydroperoxyde lipidique	

## II.4. Stress oxydatif

Le stress oxydatif est un état physiologique causé par un déséquilibre entre la production et l'accumulation d'espèces réactives de l'oxygène dans les cellules et les tissus, et la capacité d'un système biologique à détoxifier ces produits réactifs. Ce déséquilibre entraîne une modification oxydative des macromolécules biologiques, des lésions tissulaires et une mort cellulaire accélérée (Apak *et al.*, 2016 ; Pizzino *et al.*, 2017). Il engendre ainsi de nombreuses maladies tels que les cancers, les maladies cardiovasculaires, ainsi qu'un vieillissement prématuré (Belaïch *et al.*, 2016).

Cette perturbation peut avoir diverses origines, telle qu'un déficit nutritionnel en antioxydants ou une exposition environnementale à des facteurs pro-oxydants (Poirier, 2004).

## II.5. Système antioxydant

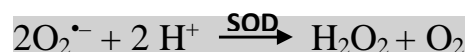
Les cellules disposent de systèmes complexes de défense anti-oxydants, enzymatique et non enzymatique localisé dans les compartiments intra- et extracellulaires (Yue *et al.*, 1992).

### II.5.1. Système antioxydant enzymatique

Les antioxydants endogènes ou enzymatiques se composent d'enzymes qui neutralisent les radicaux libres à savoir : la superoxyde dismutase, la glutathion peroxydase et la catalase (Li *et al.*, 2009; Vincent *et al.*, 2004).

- **Superoxyde dismutase (SOD)**

Les SOD sont des métalloenzymes à manganèse, à cuivre, ou à zinc présentes dans la mitochondrie. Ces enzymes catalysent la dismutation de l'anion superoxyde en peroxyde d'hydrogène qui pourra être pris en charge par des enzymes à activité peroxydase selon la réaction suivante (Baudin, 2006 ; Papa *et al.*, 2014 ; Ighodaro *et al.*, 2018) :



- **Catalase (CAT)**

L'enzyme CAT présente dans le peroxydosome, convertit le  $\text{H}_2\text{O}_2$  en eau et en oxygène selon la réaction suivante (Nimse *et al.*, 2015) :





- **Glutathion peroxydase (GSHPx)**

Les GSHPx sont présentes à la fois dans le cytoplasme et de manière extracellulaire dans presque tous les tissus humains. Elles ont une forte activité à la fois envers la molécule de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> et les hydro-péroxydes d'acides gras comme le montre les réactions suivantes (**Nimse et al., 2015**) :



## II.5.2. Système antioxydant non enzymatique

Le système antioxydant non enzymatique fait appel à des molécules non enzymatiques exogènes telles que les vitamines antioxydantes (vitamine C et vitamine E), les caroténoïdes et les composés phénoliques (**Samarth et al., 2008**).

### II.5.2.1. Vitamines

- **Vitamine E ( $\alpha$ -tocophérol)**

La vitamine E est un excellent antioxydant membranaire. Elle a la capacité de mettre fin à la réaction en chaîne de transfert d'un radical peroxyde d'un lipide à un autre (peroxydation lipidique) (**Descamps et al., 2006**).

- **Vitamine C**

La vitamine C est une molécule hydrosoluble présente dans la plupart des fruits et légumes. Elle est connue pour son action protectrice contre l'oxydation membranaire. Elle est capable de piéger très efficacement les espèces : O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, OH, ROO', O<sub>2</sub> (**Haleng et al., 2007; Hyardin, 2008; Priymenko, 2005; Valko et al., 2006**).

### II.5.2.2. Oligoéléments

Les oligoéléments antioxydants sont des cofacteurs indispensables pour les réactions métaboliques des enzymes antioxydantes (**Guillouty, 2016**). Parmi ces oligoéléments : le cuivre, le zinc et le sélénium.

- **Cuivre** : C'est un antioxydant en stimulant la SOD, protégeant ainsi la cellule contre l'effet toxique des radicaux libres (**Guillouty, 2016**).

- ✚ **Zinc** : Il protège le groupement thiol des protéines. Il peut inhiber partiellement les réactions de formation d'espèces oxygénées induites par le fer ou le cuivre (**Mezzetti et al., 1998**).
- ✚ **Sélénium** : C'est un constituant de la glutathion peroxydase. Cet effet antioxydant est capital dans la détoxification des radicaux libres produits par le métabolisme cellulaire (**Wolters et al., 2005**).

### II.5.2.3. Caroténoïdes ( $\beta$ -carotène)

Les caroténoïdes sont de bons capteurs de radicaux hydroxyles et peroxydes. Ils sont susceptibles d'inhiber les chaînes de peroxydation lipidique, et ont un rôle spécifique de capteur d'oxygène singulet, ce qui leur permis d'exercer une protection vis-à-vis des dommages induits par les rayons ultraviolets (Gardès-Albert et al., 2003).

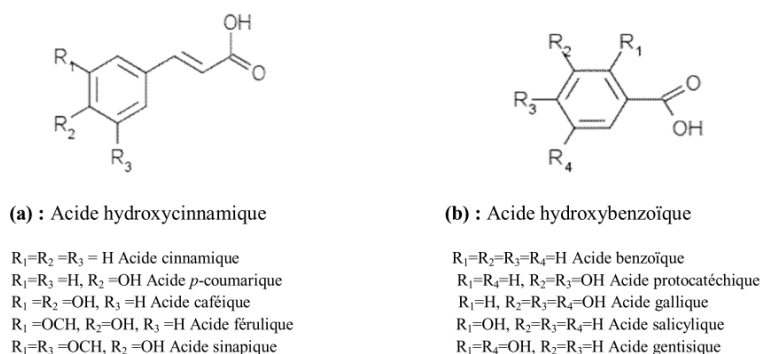
### II.5.2.4. Polyphénols

Les polyphénols ou les composés phénoliques regroupent un vaste ensemble de molécules qui présente un point commun : la présence dans leur structure d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonction hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction (**Bruneton, 1999; Marouf et Reynaud, 2007; Sarni-Manchado et Cheynier, 2006**).

Ces composés sont des antioxydants naturels puissants; en luttant contre la production des radicaux libres, ainsi qu'en restaurant les antioxydants enzymatiques (**Neve et Pincemail, 2008; Pourreza, 2013**). Ils présentent des propriétés anti-inflammatoires et anti-allergènes (**Wollgast et Anklam 2000**), et ont un rôle probable dans la prévention de diverses pathologies telles que le cancer et les maladies cardiovasculaires (**Manach et al., 2004**). Les principaux composés phénoliques sont : les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins.

#### ➤ **Acides phénoliques**

Un acide phénolique est tout composé organique qui présente au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique (**Jean, 2009**). Ces composés sont répartis en deux groupes: les acides hydroxycinnamiques et les acides hydroxybenzoïques (**Lafay et Gil-Izquierdo, 2008 ; Robbins, 2003**).

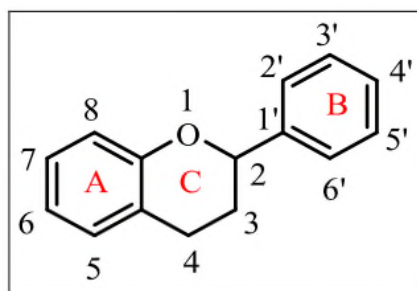


**Figure 4:** Structure chimique des acides phénoliques (Liu, 2004).

Selon **Bossokpi (2002)**, les acides caféïque, gallique et chlorogénique possèdent des activités antioxydante et antiradicalaire.

### ➤ Flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent un groupe de plus de 9000 composés naturels qui sont quasiment universels chez les plantes vasculaires (**Wang et al., 2018**). Ils constituent des pigments responsables des colorations jaune, orange et rouge des différents organes végétaux (**Ghedira, 2005**). Leur structure de base comprend un squelette composé de deux cycles aromatiques, porteurs de plusieurs fonctions phénol, reliés par un hétérocycle oxygéné à trois atomes de carbone (**Stoclet et Schini-Kerth, 2011**) (**figure 5**). Ils présentent de nombreuses activités : antioxydante, anti-inflammatoire, antimicrobienne, antiulcéreuse, etc. (**Sharma et al., 2008**). Les flavonoïdes peuvent empêcher les dommages oxydatifs par différents mécanismes d'actions, soit par capture des OH, O<sub>2</sub>, ROO<sup>•</sup> (**Hodek et al., 2002**), ou par chélation des métaux (le fer et le cuivre) qui sont d'importance majeure dans l'initiation des réactions radicalaires, ou bien par l'inhibition d'enzymes responsables de la génération des radicaux libres (**Van Acker et al., 1996 ; Benavente-Garcia et al., 1997**).

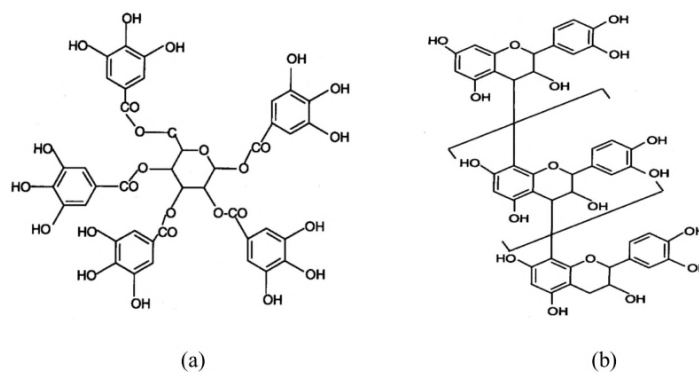


**Figure 5:** Structure chimique de base d'une molécule de flavonoïde (**Balasundram et al., 2006**).

## ➤ Tanins

Les tanins sont des composés solubles dans l'eau dont le poids moléculaire varie de 500 à 3000 Da (Farha et al., 2020). Ils sont classés en deux grands groupes : les tanins hydrolysables et les tanins condensés (Sexana et al., 2013) (figure 6).

Ces composés ont un rôle contre la diarrhée et les tumeurs de l'estomac et du duodénum. Ils agissent également comme anti-inflammatoire, antiseptique, antioxydant, hémostatique et diurétique (Sexana et al., 2013). Les tanins doivent leur pouvoir antioxydant à leurs noyaux phénols (Rahman et al., 2006).



**Figure 6:** Structure d'un tanin hydrolysable (a) et d'un tanin condensé (b) (Ribereau-Gayon, 1968).

# Chapitre III

## Matériel et méthodes

## Matériel et méthodes

### I. Matériel

#### I.1. Description du matériel végétal

Les graines de pastèque utilisées sont de forme oblongue, mesurant environ 1 cm de longueur et 0,8 cm de largeur, aplaties et de couleur brun tachetée de blanc (**figure 7**).

Les échantillons de Sulla mesurent 20 à 50 cm de hauteur. Ils possèdent des tiges épaisses, des feuilles de couleur verte composées de nombreuses folioles ovales avec une foliole terminale, et des fleurs rose pâle (**figure 8**).



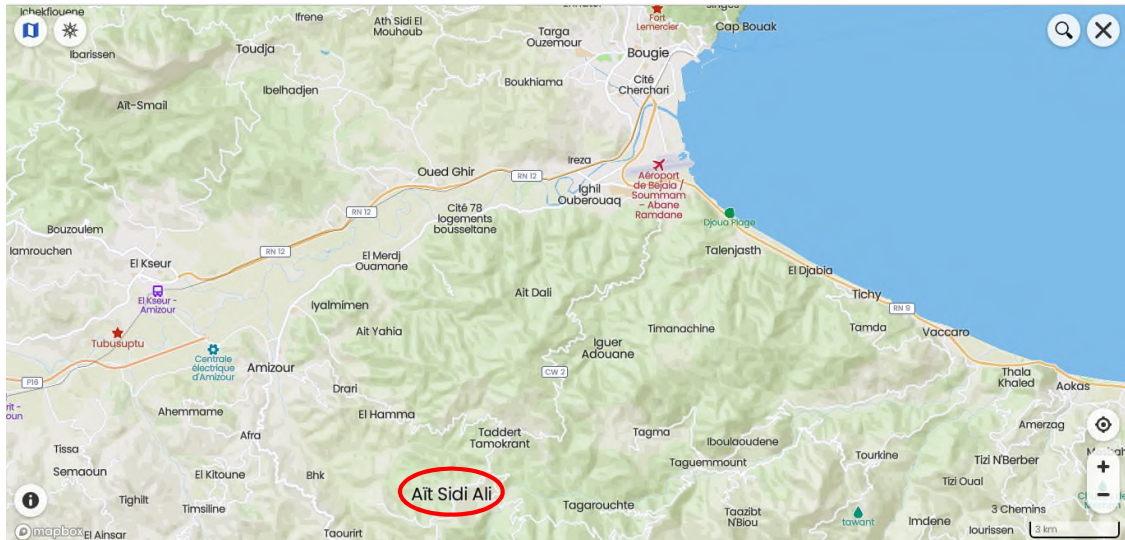
**Figure 7:** Photographie des graines de pastèques



**Figure 8:** Photographie de Sulla.

#### I.2. Récolte des échantillons

Les échantillons de Sulla ont été récoltés à la fin du mois de Mai 2021 (en période de floraison) à la commune d'Ait Sidi Ali de la Daïra de Barbacha, située à 36 Km du chef-lieu de la wilaya de Bejaïa (**figure 9**). Tandis que les graines de pastèques ont été récupérées à partir de pastèques achetés au niveau d'un marchand de fruits et légumes, dont l'origine est la wilaya d'El Menia. Cette wilaya est située à 942 Km du chef-lieu de la wilaya de Bejaia (**figure 10**).



**Figure 9:** Représentation géographique du site de prélèvement des échantillons de Sulla (**anonyme 3**).



**Figure 10:** Représentation géographique du site de provenance des pastèques (**anonyme 4**).

## II. Méthodes

Ce travail vise à enrichir deux aliments, la galette et le flan par les poudres de deux matrices végétales la partie aérienne de Sulla et les graines de pastèque, respectivement. Ensuite, une étude des caractéristiques physico-chimiques et sensorielles de ces deux aliments a été réalisée. En parallèle, la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante des matrices végétales et des aliments enrichis ont été déterminées.

Néanmoins, avant de réaliser cet objectif, l'ensemble des échantillons a été nettoyé, lavé et séché dans un endroit sec et à l'abri des rayonnements solaires pour une période de 15 jours en moyenne. Une fois séchés, ces échantillons ont été broyés, puis conservés dans des flacons en verre, bien hermétique à l'abri de la lumière.

## II.1. Élaboration des produits

### II.1.1. Préparation des flans

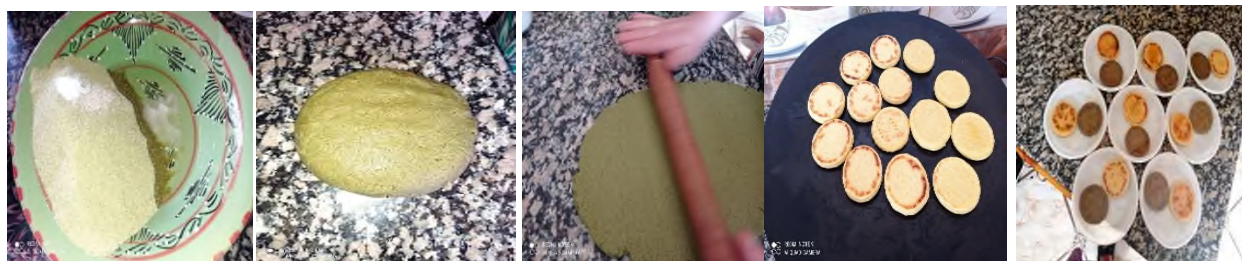
Afin d'élaborer un flan, un ensemble d'ingrédients a été mélangé dans un récipient: des œufs, du lait, du sucre et de la poudre des graines de pastèque. Ensuite, le mélange est versé dans des moules. En parallèle, un flan témoin sans graines de pastèque a été préparé. Les flans sont cuits dans un bain marie au four allumé à 170°C pendant une heure (**figure 11**).



**Figure 11:** Les étapes de préparation des flans.

### II.1.2. Préparation des galettes

La préparation de la galette se fait par le mélange des ingrédients suivants : la semoule, le sel, la levure, l'huile, l'eau et la poudre de Sulla. Puis, la pâte obtenue a subi un pétrissage, avec l'ajout progressive d'eau. Ensuite, elle est façonnée en boule, puis abaissée avec un rouleau à pâtisserie jusqu'à l'obtention d'une galette uniforme avec une épaisseur d'environ 5 mm. Avec un moule rond, de petites galettes étaient formées. Ces dernières sont cuites des deux faces sur un tadjine préchauffé posé sur une tabouna (**figure 12**). En parallèle une galette témoin a été préparée.



**Figure 12:** Les étapes de préparation des galettes.



## II.2. Analyses physico-chimiques

### II.2.1. Test d'humidité

#### ❖ Principe

Le principe du test d'humidité est basé sur le séchage des matrices végétales à 105°C (dessiccation totale). L'opération de séchage est réalisée sur une quantité déterminée de matière végétale avec des pesées successives jusqu'à l'obtention d'une masse constante (Pinelo et al., 2004).

#### ❖ Mode opératoire

L'humidité des différents échantillons (Sulla, graines de pastèque, flan enrichi en graines de pastèque et galette enrichie en Sulla) a été déterminée comme suit : 1 g de chaque échantillon a été pesé dans des béchers en verre, puis placés à l'étuve à 105°C jusqu'à ce que le poids soit stable (NF V 18-109, 1982).

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante :

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

Tels que,

**H** : Humidité (%).

**M1** : Masse du bécher + échantillon avant séchage (g).

**M2** : Masse du bécher + échantillon après séchage (g).

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

### II.2.2. Détermination du taux de cendres

#### ❖ Principe

La détermination des cendres consiste à faire calciner une prise d'essai jusqu'à combustion complète des matières organiques, puis la pesée du résidu obtenu. Le résidu obtenu est floconneux après incinération à 550 °C et vitrifié après incinération à 900 °C (JORA n° 35, 2013).

#### ❖ Mode opératoire

Un gramme de chaque échantillons (graines de pastèque, Sulla, flan et galette enrichis) ont été mis dans des creusets, ensuite placés dans un four à moufle réglé à 900°C pendant 1

heures et demi. Après refroidissement dans un dessiccateur, les creusets sont pesés et le taux de cendres est déterminé comme suit:

$$Cd\% = \frac{(M1 - M0)}{M2} \times 100$$

Soit,

**Cd** : Teneur en cendres (%).

**M0** : Masse du creuset vide (g).

**M1** : Masse de la prise d'essai (g).

**M2** : Masse du creuset + cendres (g).

### II.2.3. Mesure de l'acidité titrable

- **Principe**

L'acidité titrable correspond à la quantité d'acide lactique contenu dans un produit laitier, ou à la quantité d'acide citrique contenu dans un jus. Pour la déterminer, un titrage acido-basique des échantillons est réalisé en utilisant une solution basique d'hydroxyde de sodium (NaOH) (NF V 04-385, 1971).

- **Mode opératoire**

Un volume de 10 ml d'eau distillée ont été ajoutées à 5 g des flans témoin et enrichi en graines de pastèque. Ensuite, deux à trois gouttes de phénolphtaléine ont été également ajoutées, puis le mélange est titré avec une solution de NaOH (1N) jusqu'au virage de la couleur vers un rose qui persiste quelques secondes (NF V 04-206, 1969).

L'acidité titrable des flans est déterminée selon la formule suivante :

$$D^{\circ} = (N.V.100/20).10.0,9$$

Avec,

**N** : Normalité de la solution de NaOH (1N) ;

**V** : Volume de NaOH titré (ml)

**100** : Masse molaire de l'acide lactique (g/mol) ;

**20** : Volume de l'eau distillée ajoutée à 2 g de flan (ml)

## II.2.4. Détermination du degré Brix

- **Principe**

Le degré Brix est traduit comme étant la teneur en sucre, exprimé en gramme (g), dans 100 g d'échantillon (Smati et al., 2017), par conséquent le taux de matière sèche soluble que contient une solution. Ce paramètre est défini par le réfractomètre qui mesure l'indice de réfraction (Reid, 2003).

- **Mode opératoire**

Une goutte de flan diluée dans un peu d'eau, est déposée simplement à la surface du premier prisme du réfractomètre, puis le deuxième prisme est placé sur le premier. Face à une source lumineuse, la valeur est directement lue à travers l'œil de l'appareil (Witherspoon et Jackson, 1995).

## II.2.5. Mesure du pH

- **Principe**

La détermination de la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre plongées dans un échantillon est la base pour déterminer le pH de ce dernier. Cette analyse est réalisée dans le but de déterminer l'aptitude de quelques aliments à la conservation (Norme AFNOR V 05-108).

- **Mode opératoire**

La sonde du pH-mètre est immergée directement dans les échantillons de flan témoin et flan enrichi en graines de pastèque. Ensuite, la valeur du pH est directement affichée sur l'écran du pH-mètre.

## II.3. Analyses phytochimiques

### II.3.1. Extraction

L'extraction consiste à extraire le maximum des substances bioactives contenues dans les graines de pastèque, de Sulla et de galette, en utilisant l'eau distillée comme solvant d'extraction (extraction solide/liquide). Ainsi, une prise d'essai de la poudre de chaque échantillon (5g) est mise en contact avec un volume 100 mL d'eau distillée. Le mélange est soumis à une agitation magnétique. Après une heure d'agitation, les extraits étaient filtrés et conservés dans des flacons en verre au réfrigérateur à 4°C à l'abri de la lumière (Soares et al., 2009).

Concernant les flans, la méthode d'extraction utilisée est celle de **Zainoldin (2009)** avec quelques modifications. Elle consiste à ajouter un volume de 2,5 mL d'eau distillée à 10 g du flan enrichi, puis cette solution est bien homogénéisée sous une agitation magnétique. Ensuite, son pH est ajusté à 4 avec une solution d'HCl (1N), suivie d'une incubation à 45°C pendant 10 minutes. Après, le mélange est centrifugé à 3000 tour/min pendant 40 minutes. Le pH du surnageant obtenu est ajusté à 7 avec une solution de NaOH (1N), suivie d'une deuxième centrifugation à 3000 tour/min pendant 40 min. Enfin, le surnageant récupéré et stocké dans des flacons en verre au réfrigérateur à 4°C à l'abri de la lumière.

### II.3.2. Dosage des polyphénols totaux

#### ❖ Principe

La teneur phénolique totale est habituellement déterminée par colorimétrie avec un spectrophotomètre en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu qui réagit avec les composés phénoliques des matrices végétales. Le mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ) est réduit, lors de l'oxydation des polyphénols, en un mélange d'oxyde bleu de tungstène ( $W_8O_{23}$ ) et de molybdène ( $Mo_8O_{23}$ ). La coloration bleue produite est proportionnelle à la quantité de polyphénols présente dans les extraits végétaux (**Boizot et al., 2006**).

#### ❖ Mode opératoire

La teneur en composés phénoliques totaux a été déterminée selon la méthode décrite par **Singleton et Rossi (1965)** qui est décrite comme suit : un volume de 0,5 mL du réactif de Folin-Ciocalteu ont été ajoutés à volume de 0,1 mL de chaque extrait. Après trois minutes, Un volume de 1,5 mL du monocarbonate de sodium (20%) ont été additionnés. Ce mélange est ajusté à volume de 10 mL avec de l'eau distillée, puis il est incubé à l'obscurité. Après deux heures d'incubation, la lecture des absorbances a été faite à 760 nm.

La concentration en composés phénoliques totaux est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique (**Annexe I**). Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS).

### II.3.3. Dosage des Flavonoïdes

#### ❖ Principe

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre en position 5 qui est susceptible de former un complexe très stable avec le chlorure d'aluminium. Ils forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (fer et aluminium). Ceci traduit le fait que le métal (Al) perd deux électrons pour s'unir à deux atomes d'oxygène de la molécule phénolique agissant comme donneur d'électrons (**Ribéreau-Gayon et al., 1982**).

#### ❖ Mode opératoire

La teneur en flavonoïdes a été déterminée par la méthode de AlCl<sub>3</sub> de **Lamaison et carnet (1990)** qui est décrite comme suit : un volume de 1mL du chlorure d'aluminium (2%) a été ajouté à un volume de 1mL de chaque échantillon. Les mélanges sont ensuite incubés à l'obscurité. Après 15 minutes d'incubation, la lecture des absorbances a été faite à 430 nm.

La teneur en flavonoïdes des différents extraits a été déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage réalisée avec de la quercitrine (**Annexe II**). Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent quercétine par gramme de matière sèche (mg EQ/g MS).

### II.3.4. Dosage des proanthocyanidines

#### ❖ Principe

La méthode butanol-HCl est employée pour estimer la quantité de proanthocyanidines (des tanins condensés) présents dans les extraits. Cette méthode est basée sur la dipolymérisation, catalysée par un acide, des tanins condensés en anthocyanidines (**Manolaraki, 2011 ; Skerget et al., 2005**).

#### ❖ Mode opératoire

La teneur en proanthocyanidines est déterminée selon la méthode décrite par **Maksimovic et al. (2005)** comme suit : 1 mL de l'extrait a été ajouté à volume de 1 mL de butanol-HCl (95: 5), ensuite le mélange est incubé à 95°C. Après 15 minutes d'incubation, une lecture a été faite à 530 nm.

La teneur en proanthocyanidines est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage réalisée avec la catéchine (**Annexe III**), et les résultats sont exprimés en mg d'équivalent catéchine par gramme de matière sèche (mg EC/g MS).

### II.3.6. Activité antioxydante

Dans le but d'évaluer l'activité antioxydante des différents échantillons, deux tests différents ont été réalisés : le pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium et le test antiradicalaire utilisant l'ABTS<sup>•+</sup>.

#### a. Test utilisant le radical ABTS<sup>•+</sup>

##### ❖ Principe

La méthode est basée sur le radical ABTS<sup>•+</sup> (2,2'-azino-bis (acide 3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)) qu'est l'un des tests les plus utilisés pour la détermination de l'activité antioxydante des extraits (Miller et Rice-Evans, 1997). Ce test est une technique de décoloration dans laquelle le radical est généré directement sous une forme stable avant la réaction avec les antioxydants (Re et al., 1999).

Ce radical cation est facilement formé par oxydation en présence de persulfate de potassium pour donner une solution colorée en vert-bleu. L'ajout d'antioxydants au cation radicalaire préformé (ABTS<sup>•+</sup>) réduit celui-ci, ce qui entraîne la décoloration de la solution. Cette décoloration dépend de la concentration de l'antioxydant et de la durée de la réaction (Re et al., 1999).

##### ❖ Mode opératoire

La solution stock d'ABTS<sup>•+</sup> a été préparée en dissolvant de l'ABTS (7 mM) et du persulfate de potassium (2,45mM) dans l'eau distillée, suivi d'une incubation pendant 12-16h à la température ambiante et à l'obscurité. La solution de travail a été obtenue par dilution avec de l'éthanol de telle sorte d'avoir une absorbance de 0,70 à 734 nm. Un volume de 10 µL de l'extrait ont été ajoutés à volume de 0,99 mL d'ABTS<sup>•+</sup> dilué, puis incubés à l'obscurité à la température ambiante pendant 30 minutes. L'absorbance est ensuite mesurée à 734 nm par rapport à un témoin préparé sans l'extrait (Re et al., 1999).

Le taux d'inhibition du radical cation a été déterminé selon la formule suivante :

$$(\%) \text{ Inhibition} = (A \text{ control} - A \text{ sample}) / A \text{ control} \times 100$$

## b. Pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium

### ❖ Principe

Ce test est employé pour déterminer la capacité antioxydante totale, qui est basée sur la réduction de l'ion  $Mo^{+6}$  en ion  $Mo^{+5}$  par les antioxydants contenus dans l'extrait. Par conséquent, il y a formation d'un complexe phosphate- $Mo^{+5}$  de couleur verdâtre, en milieu acide, dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en antioxydants (**Prieto et al., 1999**).

### ❖ Mode opératoire

La détermination du pouvoir réducteur des différents échantillons a été menée selon la méthode de **Silici et al. (2010)** qui est décrite comme suit : un volume de 2 mL d'un solvant réactif composé de phosphate de sodium, de phosphomolybdate d'ammonium et d'acide sulfurique, ont été ajoutés à volume de 0.2 mL de chaque échantillon. Puis, ce mélange est agité et incubé dans un bain marie à 90°C pendant 90 minutes.

Les résultats des échantillons en phosphomolybdate d'ammonium sont déterminés en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique (**Annexe IV**). Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS). La lecture des absorbances a été ensuite faite à 695 nm.

## II.4. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle ou la métrologie sensorielle représente l'ensemble des méthodes, des outils et des instruments qui permettent d'évaluer les qualités organoleptiques d'un produit, c'est-à-dire les caractéristiques faisant intervenir les organes des sens de l'être humain : le goût, l'odorat, la vue, le toucher et l'ouïe. Elle permet de décrire et de quantifier de manière systématique l'ensemble des perceptions humaines (**Lefebvre et al., 2003**).

Afin d'examiner la qualité organoleptique de la galette élaborée à base de Sulla et du flan élaboré à base des graines de pastèque, nous avons effectué une analyse sensorielle qui consiste à la description des produits. Cette analyse est réalisée par un groupe de dégustateurs qualifié (jury expert) qui sont entraînés et sélectionnés pour effectuer des tests sensoriels. Les produits ont été préparés à domicile en respectant les règles d'hygiène. Les jurys ont été accompagnés de questionnaires à remplir (**Annexe V et VI**).

Les résultats finals ont été récupérés, ensuite analysés de manière fiable grâce au logiciel **XLSTAT version 2014** qui est un logiciel d'analyse de données et de statistiques pour Microsoft Excel.

## **II.5. Analyses statistique**

Les écarts types et les moyennes des tests ont été calculés par Microsoft Excel 2010. Une analyse de la variance (ANOVA) a été effectuée pour comparer les résultats des différents échantillons avec le logiciel Statistica 7.1, et les valeurs  $P$  inférieures à 0,05 ont été considérées comme significatives.



# Chapitre IV

## Résultats et Discussions

## Résultats et discussion

### I. Analyses physico-chimiques

#### I.1. Détermination de la teneur en eau

La détermination de la teneur en humidité est une étape cruciale pour garantir la qualité de nombreux produits et leur durée de conservation. Les résultats du test d'humidité sont portés dans le **Tableau IV**.

**Tableau IV:** Pourcentage d'humidité des différents échantillons.

Matrices	MOYENNE %
Sulla	15,93
Galette Sulla	7,535
Galette témoin	9,235
Graine de pastèque	47,96
Flan de graine de pastèque	72,77
Flan témoin	75,36

Ces résultats montrent que le flan témoin et le flan enrichi en graines de pastèque représentent les pourcentages d'humidité les plus élevées qui sont respectivement de  $75,3 \pm 0,77$  % et  $72,77 \pm 0,05$  %. Ces valeurs sont inférieures à celle obtenue par **Qayyum et al., (2016)** qui ont travaillé sur la crème glacée additionnée de graines de pastèque, qui varie entre  $63,76 \pm 0,63$  % et  $64,16 \pm 0,57$  %. **Bisla et al., (2012)** indiquent que la crème glacée aux graines de pastèque présente un taux d'humidité de 80.10% qui est supérieur à celui trouvé dans notre travail.

Le **Tableau IV** montre que les graines de pastèque présentent  $47,96 \pm 1,15$ % d'eau. Ce résultat est très proche de celui trouvé par **Enemor et al. (2019)** qui est de  $48,80 \pm 0,55$ %, en revanche il est très supérieur à celui trouvé par **Omoniyi (2020)** qui est de 8,50 %.

En outre, l'étude menée par **Tibauoi et al. (2018)** sur *Hedysarum coronarium* a révélé que cette plante donne un taux d'humidité de 16,93% qui est presque similaire à celui trouvé dans cette présente étude qui est de  $15,93 \pm 0,49\%$ .

Les galettes avec et sans Sulla présentent les valeurs les plus basses en eau, qui sont respectivement de  $9,235 \pm 0,1\%$  et  $7,353 \pm 0,23\%$ . Ces résultats sont très faibles en comparant avec celui trouvé par **Fois et al. (2019)** ayant travaillé sur les pâtes fraîches qui est de 30,51%. Cette différence est évidemment due à l'eau absorbée pendant la cuisson des pâtes, ce qui a été expliqué par l'auteur lui-même. Dans une autre étude menée sur la semoule indienne, **Aalami et al. (2007)** ont trouvé un pourcentage de 14,41% qui est légèrement supérieur par rapport aux valeurs trouvées dans notre travail.

La différence en taux d'humidité est probablement due à l'origine et la nature des produits étudiés, la période de la récolte, les conditions de stockage et météorologiques (pluviométrie, ensoleillement) qui induisent une variation importante de la teneur en eau.

## I.2. Détermination du pH, acidité titrable, taux de Brix

Les résultats de ces trois tests sont portés dans le tableau V.

**Tableau V:** pH, acidité titrable et taux de Brix des deux flans analysés.

	pH	Acidité titrable	Taux de Brix
<b>Produits</b>	7,14	9	14
<b>Flan de graines de pastèque</b>			
<b>Flan témoin</b>	7,16	13.5	14

### ➤ Potentiel d'hydrogène

Le pH a une importance exceptionnelle par l'abondance des indications qu'il donne sur la richesse du produit analysé en certains de ses constituants, sur son état de fraîcheur ou sur sa stabilité (**Mathieu, 1998**).

Le tableau V montre que les valeurs de pH des deux échantillons de flans sont proches, soit 7,16 pour le flan témoin et 7,14 pour le flan enrichi en graines de pastèque. Ces résultats sont proches à ceux trouvés par **Bulgaru (2015)** ayant travaillé sur les crèmes glacées enrichies en graines de pastèques, qui sont compris entre 7,46 et 7,52.

D'autres études menées par **Abd El-Fattah et al. (2019)** sur le flan, ont trouvé une valeur de pH de  $6.65 \pm 0.11$ . De leurs côtés, **Abd El-Sattar et al. (2021)** qui ont travaillé sur la production d'un lait glacé avec les graines de pastèques, ont indiqué une valeur de pH qui varie entre  $6.60 \pm 0.01$  et  $6.62 \pm 0.02$ .

➤ **Acidité titrable**

L'acidité titrable nous renseigne sur la quantité d'acides organiques présente dans l'échantillon (**Ferhoum, 2010**). Les acides organiques sont en général des intermédiaires des processus métaboliques. Ils influencent la croissance des micro-organismes et affectent la qualité de conservation des produits (**Al-Farsi et al., 2005**).

Concernant le flan témoin, son taux d'acide lactique est égal à 13,5 %, plus élevé que celui du flan enrichi en graines de pastèque (9%). Cette différence pourrait être due à l'incorporation des graines de pastèques dans le flan. Ce taux (13,5%) est proche de celui trouvé par **Abd El-Fattah et al. (2019)** lors de leur étude, soit un taux compris entre 14 et 15%. **Bulgaru (2015)** a signalé une valeur de 14 % d'acidité titrable.

➤ **Taux de Brix**

Les solides solubles représentent l'ensemble de tous les solides dissous dans l'eau, incluant les sucres, les sels, les protéines et les acides carboxyliques (**Messaid, 2008**).

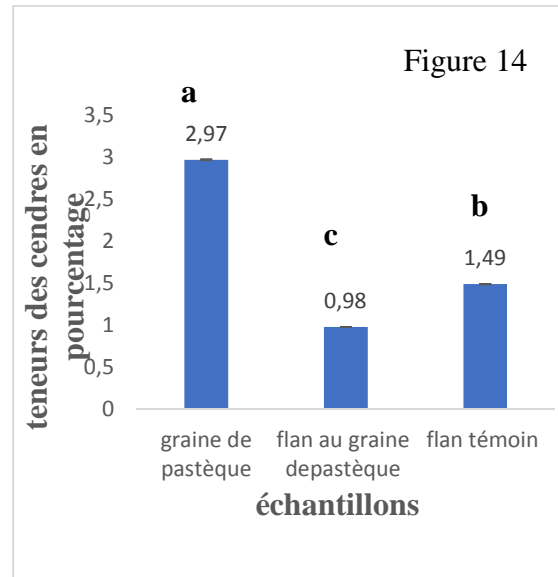
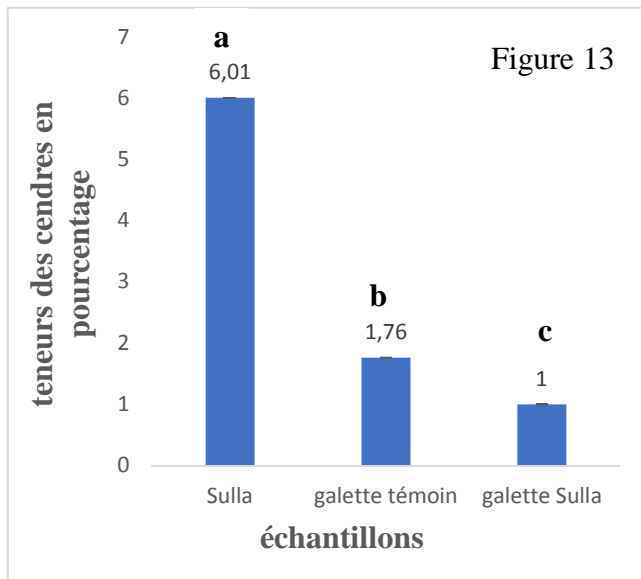
D'après le tableau V, les valeurs du taux de Brix des deux flans sont égales à 14% qui est plus faible que celles rapportées par **Abd El-Fattah et al. (2019)** dans leur étude, soit  $27,26 \pm 0,19\%$ . Cette différence pourrait être due à la quantité de sucre ajouté lors de la préparation des flans.

Ces valeurs sont inférieures à celles trouvées par **Bulgaru (2015)** sur des crèmes glacées enrichies en graines de pastèque (18 à 18,3%), et également à celles rapportées par **Abd El-Sattar et al. (2021)** qui ont travaillé sur des laits glacés enrichies en graines de pastèques ( $32.50 \pm 1.98$  à  $33.80 \pm 1.84\%$ ).

### **I.3. Détermination de taux des cendres**

Le taux de cendres représente la quantité totale en sels minéraux présente dans un échantillon (**Djaouad, 2007**).

Les résultats du test de détermination du taux des cendres sont portés dans les **figures 12 et 13**.



**Figures 13 et 14 :** Pourcentage des cendres des différents échantillons analysés. Les lettres a, b, c et d indiquent des différences significatives ( $p < 0,05$ ).

Selon les **figures 13 et 14**, les valeurs du taux de cendres varient d'un échantillon analysé à un autre, de 0,98 à 6,01 %. Le taux le plus élevé est enregistré pour Sulla ( $6,01 \pm 0,001\%$ ). Ce résultat est inférieur à ceux rapportés par **Martiniello et al. (2000)** qui sont compris entre 9,4 à 9,7%.

La teneur en cendres des galettes témoins est supérieure à celle des galettes avec Sulla, qui sont respectivement de  $1,76 \pm 0,001\%$  et  $1 \pm 0,002\%$ . La valeur de la galette témoin est supérieur en se référant à celle trouvée par **Garcia-Segovia et al. (2020)** sur le pain.

L'histogramme de la **figure 13** montre également que les graines de pastèque possèdent un taux en minéraux de  $2,97 \pm 0,006\%$ . Cette dernière est très proche de la valeur trouvée par **Milala et al. (2018)**, soit un taux de 2,98%. En revanche, d'autres études menées par **Tabiri et al. (2016)** sur les graines de pastèques de Ghana ont indiqué des valeurs de  $2 \pm 1\%$  et  $3\%$  qui correspondent respectivement aux deux variétés de pastèque Crimson Sweet et Black diamond. **Alka et al. (2018)** ont noté dans leur travail sur les graines de pastèque de l'Inde, un taux de cendres de 2,6%, qui est inférieur à celui présenté dans ce travail.

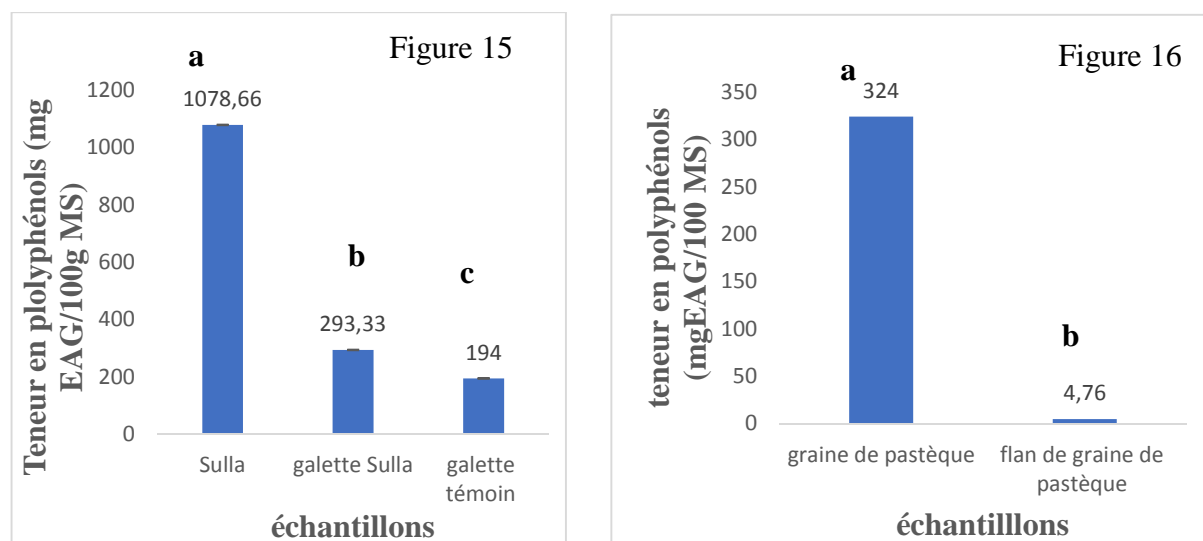
En confrontant les valeurs des flans, nous remarquons que le flan témoin présente une valeur de  $1,49 \pm 0,0009\%$  qui est supérieure à celle du flan aux graines de pastèque ( $0,98 \pm 0,0009\%$ ).

Le taux de cendres obtenu pour le flan aux graines de pastèque (0,98%) est incluse dans l'intervalle rapporté par **Qayyum et al. (2016)** ( $1.95 \pm 01$  à  $2.08 \pm 03\%$ ).

## II. Analyses phytochimiques

### II.1. Teneur en polyphénols totaux

Les teneurs en polyphénols totaux des 5 échantillons analysés (Sulla, Galette Sulla, Galette témoin, Pastèque, Flan pastèque) sont représentés dans la **figure 15 et 16**.



**Figure 15 et 16** : Teneurs en polyphénols totaux des différents échantillons analysés. Les lettres a, b, c et d indiquent des différences hautement significatives ( $p < 0,001$ ).

D'après les résultats observés dans la **figure 15**, nous ressortons que l'extrait d'*Hedysarum coronarium* a donné la teneur la plus élevée en composés phénoliques qui est de l'ordre de  $1078,67 \pm 24.84$  mg EAG/100g de MS. Ces résultats sont proches de ceux trouvés par **Di Trana et al. (2015)** qui ont trouvé une teneur en polyphénols totaux de 956 mg EAG/100g de MS; mais les résultats de l'étude menée par **Burlando et al. (2017)** sont supérieurs à ceux trouvés dans le présent travail qui sont de l'ordre de 3800 mg EAG/100 g de MS.

Pour les galettes Sulla et témoin, elles présentent des valeurs de  $293,33 \pm 15.01$  et  $194 \pm 6$  mg EAG/100g de MS respectivement. En comparant ces derniers résultats, nous estimons que l'ajout de Sulla a amélioré la qualité de galette en termes de polyphénols totaux. Une étude menée par **Pasqualone et al. (2017)** sur les pâtes fraîches a donné des résultats un peu élevés par rapport à la galette Sulla, soit une valeur de  $306 \pm 23$  mg EAG/100 g.

La **figure 16** montre également que les graines de pastèque présentent une quantité de polyphénols totaux de  $324 \pm 17,43$  mg EAG/100g de MS. Cette teneur est inférieure à celle indiquée par **Mehra et al. (2015)**, soit une valeur de 422,2 mg EAG/100 g de MS. **Seidu et Otutu (2016)** et **Sajjad et al. (2020)** ont noté lors de leurs études sur les graines de pastèque des valeurs presque similaires à celle mentionnée dans la **figure 16** qui sont respectivement de  $563 \pm 0,51$ mg et  $553,93 \pm 1,00$  mg EAG/100 g.

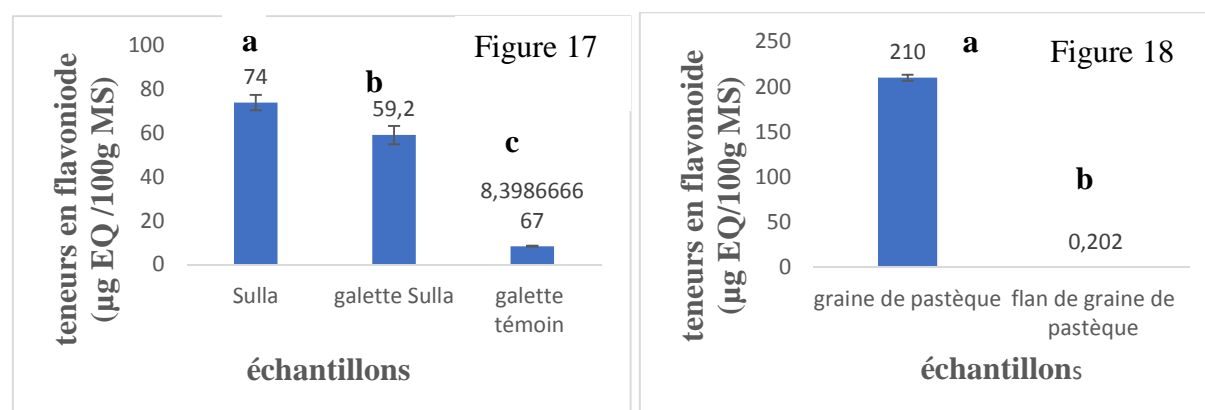
En ce qui concerne le flan aux graines de pastèque, il a présenté la valeur la plus faible en polyphénols totaux en comparant avec les autres échantillons analysés qui est  $4,67 \pm 0.85$  mg EAG/100g de MS. Cette remarquable diminution pourrait être due aux conditions de cuisson du flan et à la quantité de graines de pastèque incorporée.

Ces variations dans la quantité de polyphénols totaux pourraient être dues entre autres à des différences de variétés et à la zone d'échantillonnage (**Sangeeta et al., 2020**).

D'autre part, d'après **Boizot et Charpentier (2006)** le dosage au réactif de Folin-Ciocalteu est simple à mettre en œuvre mais très sensible, il n'est cependant pas spécifique aux polyphénols ; il réagit avec les acides aminés (tyrosine, tryptophane, protéines, acide tartrique et les sulfites) et d'autres composés.

## II.2. Teneurs en flavonoïdes

Les teneurs en flavonoïdes des 5 échantillons analysés (Sulla, Galette Sulla, Galette témoin, Pastèque et Flan pastèque) sont représentés dans les **figures 17 et 18**.



**Figures 17 et 18** : Teneurs en flavonoïdes des différents échantillons analysés. Les lettres a, b, c et d indiquent des différences hautement significatives ( $p < 0,001$ ).

D'après les résultats observés dans les figures 17 et 18, nous ressortons que l'extrait des graines de pastèque a donné le taux le plus élevé en flavonoïdes qui est de l'ordre de  $210 \pm 3.46 \mu\text{g EQ}/100 \text{ g de MS}$ . Cette valeur est inférieure à celle observée dans l'étude de **Mehra et al. (2015)** qui ont trouvé une valeur  $306,6\mu\text{g EQ}/100 \text{ g}$ . En comparant au travail de **Omniyi (2020)** qui ont signalé une valeur de  $2000 \mu\text{g EQ}/100 \text{ g}$ , cette valeur est largement supérieure à celle indiquée dans ce travail.

Concernant, le flan des graines de pastèque, il a présenté une valeur faible en flavonoïdes qui est  $0,202 \pm 0.04 \mu\text{g EQ}/100\text{g de MS}$ , cette dernière est très inférieure à celle trouvée par **Nzeagwu et al. (2018)** qui est  $40 \mu\text{g EQ}/100 \text{ g}$  lors de leurs études sur la valorisation des graines de pastèque comme épaississant de soupe.

Quant à l'espèce *Hedysarum coronarium*, la valeur en flavonoïde trouvée est de  $74 \pm 3.46 \mu\text{g EQ}/100\text{g de MS}$ , qui est largement inférieure à celle trouvée par les auteurs **Burlando et al. (2017)** dans leur recherche sur *Hedysarum coronarium* qui ont rapporté une teneur de  $1300 \pm 8\mu\text{g EQ}/100\text{g MS}$ . Un autre travail réalisé par **Tava et al. (2021)** sur Sulla a montré une teneur très élevée en comparant avec nos résultats, qui est de  $27200 \pm 0.38 \mu\text{g EQ}/100 \text{ g de MS}$ .

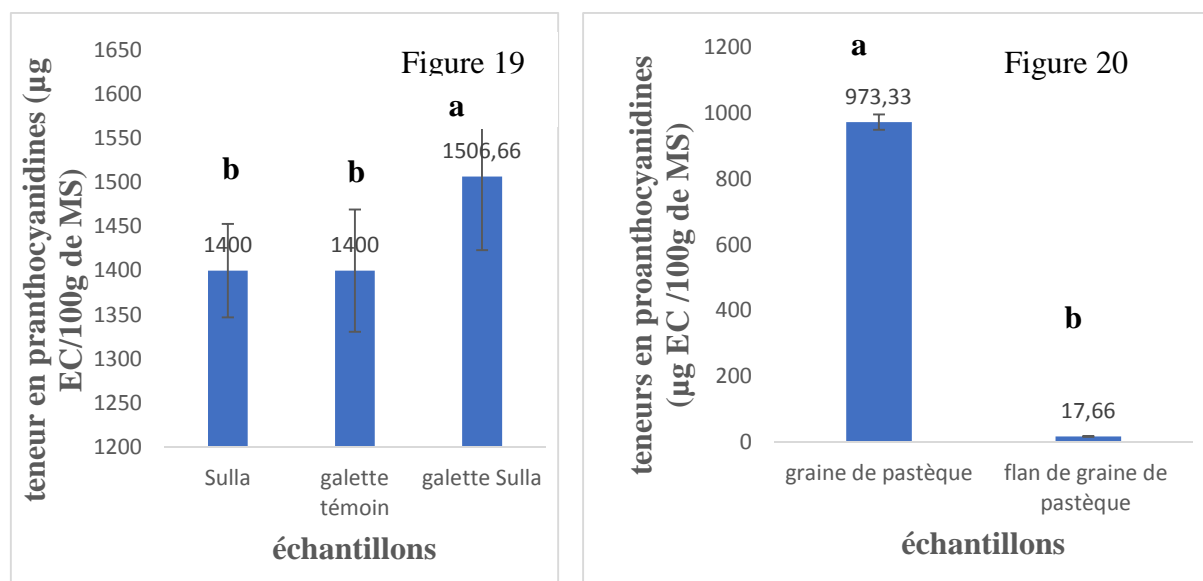
D'autre part, la galette sans Sulla a présenté la valeur la plus élevée en flavonoïdes ( $8.4 \pm 0.21 \mu\text{g EQ}/100 \text{ g de MS}$ ) en comparant avec la galette Sulla qui a présenté des valeurs faibles en flavonoïdes qui est  $0,0592 \pm 4.17 \mu\text{g EQ}/100\text{g de MS}$ .

Ces différences par rapport à la littérature pourraient être liées à différents facteurs dont les conditions climatiques (la zone géographique, la sécheresse,...), la période de la récolte et le stade de développement de la plante ; la méthode d'extraction et la pureté du solvant d'extraction, la taille des particules du matériel végétale, le temps et la température d'extraction (**Atmani et al., 2009; Chaalal et al., 2013 ; Ebrahimi et al., 2008 ; Falleh et al., 2008; Lee et al., 2003 ; Miliauskas et al., 2004 ; Ranalli et al., 2006**). Ainsi la diversité structurale des composés phénoliques conduit à la variabilité des propriétés physico-chimiques, la différence des standards utilisés, les méthodes de conservation et d'exposition des plantes à la lumière peuvent affecter la teneur en composés phénoliques (**Mateus et al., 2003 ; Athamena et al., 2010**).



### II.3. Teneur en proanthocyanidines

Les résultats de la détermination de la teneur en proanthocyanidines sont présentés dans les figures 19 et 20.



**Figures 19 et 20:** Teneur des tanins condensés des différents échantillons. Les lettres a, b, c et d indiquent des différences significatives ( $p < 0,05$ ).

Les résultats de la présente étude montrent que les valeurs en tanins condensés des échantillons sont comprises entre 17,67 et 1506,67 µg EC/100 g (**figure 19 et 20**). La galette enrichie en Sulla a enregistré la valeur la plus grande en tanins condensés avec  $1506,67 \pm 83,26$  µg EC/100 g, suivie de *Hedysarum coronarium* et la galette témoin qui présente la même valeur  $1400 \pm 69,28$  µg EQ/100g. La figure 19 montre une valeur de  $973,33 \pm 23,09$  µg EC/100 g MS en tanins condensés pour l'échantillon des graines de pastèque et  $17,67 \pm 1,04$  µg EC/100 g de MS pour le flan enrichi en ces graines.

Une étude menée par **Stienezen et al. (1996)** sur *Hedysarum coronarium* a indiqué une valeur de 1250 µg EC/100 g de MS qui est inférieure à celle trouvée dans notre travail. Un autre travail réalisé par **Tava et al. (2021)** sur les métabolites de cette espèce a montré une valeur largement supérieure à celle citée dans la **figure 17**, soit  $138,8 \pm 1,5$  mg/g. **Duda-Chodak et Tarko (2007)** ont à leur tour trouvé une valeur de 1010 µg EC/100 g qui est proche de celle affichée dans la figure 17 ( $973,33 \pm 23,09$  µg EC/100 g.). D'autre part, **Omoboyowa et al. (2015)** ont rapporté une valeur de 530 µg EC/100 g en tanins condensés.

Les galettes Sulla et témoin présentent des valeurs de  $1506,66 \pm 83,26$  µg EC/100g de MS, avec  $1400 \pm 69,28$  µg EC/100g de MS respectivement. En comparant ces derniers résultats,

nous estimons que l'ajout de Sulla a améliorée la qualité de galette en termes de proanthocyanidines.

Dans une étude menée par **Egbuonu (2015)** a trouvé une valeur inférieure à celle présentée dans la figure 19 qui est de 601  $\mu\text{g EC}/100\text{ g}$  dans son travail sur la comparaison des propriétés fonctionnelles des graines et la pulpe de pastèque.

La valeur la plus basse représentée dans l'histogramme appartient au flan qui est de  $17,67 \pm 1,04\ \mu\text{g EC}/100\text{ g de MS}$ .

L'écart quantitatif entre les teneurs des échantillons en proanthocyanidines pourrait être due entre autres aux conditions environnementales (**Fahmi et al., 2013**), à la nature du solvant utilisé dans le processus d'extraction, le mode de culture, le stade phénologique, la nature du sol, le climat au moment du prélèvement (température et pluviométrie), ainsi que la constitution de l'échantillon (proportion tiges-feuilles-fleurs) (**Rira, 2006**).

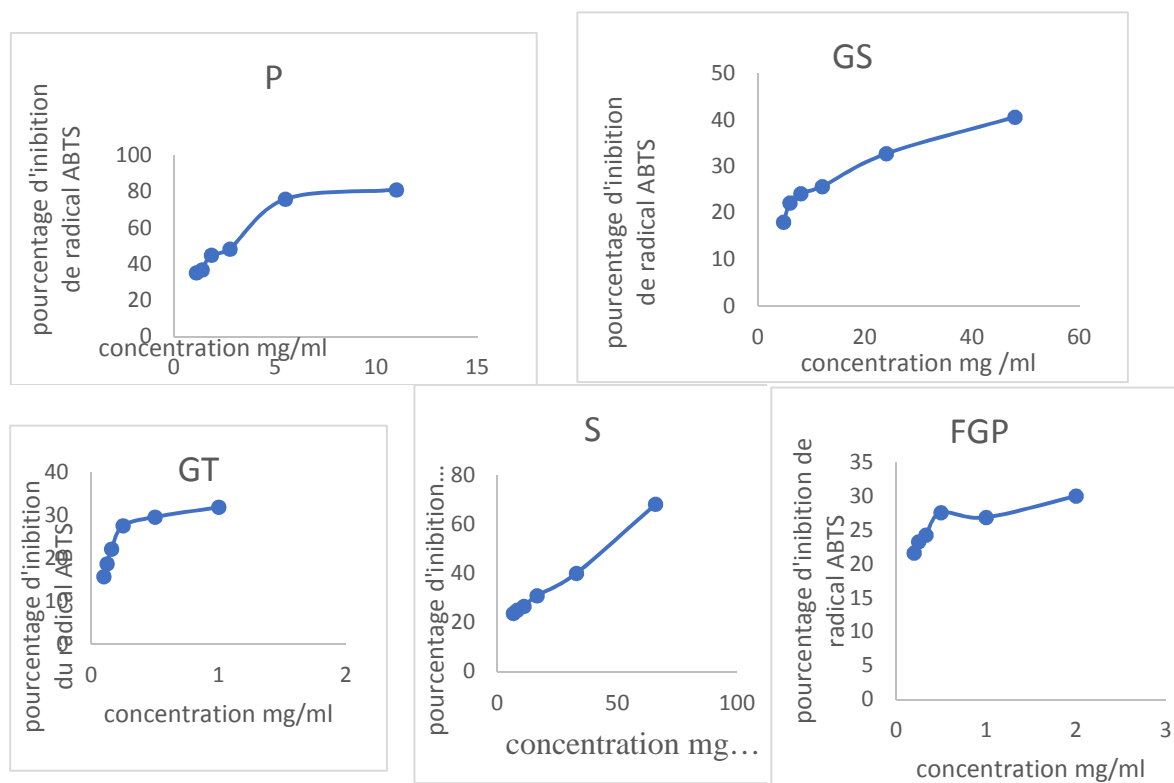
### II.4. Activité antioxydante

Plusieurs méthodes ont été développées pour évaluer l'activité antioxydante des plantes car il y a différents antioxydants et radicaux libres. L'activité antioxydante des échantillons étudiés a été déterminée par les méthodes suivantes :

#### II.4.1. Activité antiradicalaire ABTS<sup>•+</sup>

L'ABTS<sup>•+</sup> est un radical très réactif. Les réactions avec les radicaux ABTS<sup>•+</sup> impliquent à la fois le transfert d'atomes d'hydrogène et d'électron. L'ABTS<sup>•+</sup> a des avantages d'être plus polyvalent que le DPPH<sup>•</sup>, parce qu'il est soluble dans l'eau et les solvants organiques, ce qui permet l'évaluation de l'activité de piégeage pour les échantillons hydrophiles et lipophiles (**Gülçin, 2012**).

Les résultats des pourcentages d'inhibition de l'ABTS<sup>•+</sup> sont représentés dans la **figure 21**.



**Figure 21:** Pourcentages d'inhibition du radical  $ABTS^{\cdot+}$  par les différents échantillons à différentes concentrations (**GP** : Graines de pastèque ; **FGP** : Flan aux graines de pastèque ; **S** : Sulla ; **GS** : galette Sulla ; **GT** : galette sans Sulla).

A partir des résultats obtenus, il a été constaté que la capacité des extraits à piéger le radical  $ABTS^{\cdot+}$  augmente avec l'augmentation de la concentration. L'effet scavenger contre le radical  $ABTS^{\cdot+}$  le plus puissant a été observé avec l'extrait des graines de pastèque avec un pourcentage d'inhibition de l'ordre de 81.08 %. L'extrait de Sulla a donné un taux d'inhibition important qui est de 68.06 % ; suivi de l'extrait de galette de Sulla qui a montré une activité inhibitrice de l'ordre de 40.60% ; ensuite, l'extrait de galette témoin qui a donné un taux d'inhibition de 31.89 %. L'activité inhibitrice la moins élevée a été signalé pour le flan aux graines de pastèque, qui a donné un pourcentage d'inhibition de l'ordre de 30.03%.

Ces résultats sont confirmés par le calcul des concentrations inhibitrices des extraits à 50% du radical  $ABTS^{\cdot+}$  (**Tableau** ), puisque c'est l'extrait des graines de pastèque qui a donné l'IC50 le plus faible qui est de  $2.04 \pm 0.06$  (mg/mL). Il est suivi respectivement par les extraits d'*Hedysarum coronarium*, galette Sulla, galette témoin et flan enrichi en graines de pastèque avec des IC50 de l'ordre de  $3.135 \pm 0.11$ ,  $7.11 \pm 0.13$  et  $7.217 \pm 1.36$  mg/mL. Enfin,

comme constaté dans les pourcentages d'inhibition, l'extrait de flan aux graines de pastèque a donné l'IC50 le plus élevé qui est de  $40.37 \pm 1.78$  mg/mL.

**Tableau VI :** Valeurs des IC50 des différents extraits et de l'acide gallique lors de la réduction du radical ABTS<sup>•+</sup>.

Matrices	MOYENNE mg/ml
Sulla	3,135666667
Galette témoin	7,217
Galette Sulla	7,116666667
Graine de pastèque	2,044
Flan de graine de pastèque	40,37666667
Acide gallique	2,881666667

L'acide gallique utilisé comme antioxydant standard présente une activité inhibitrice importante, l'IC 50 est de l'ordre de  $2,88 \pm 0,22$  mg/ mL. En comparant ce résultat avec les IC50 enregistrés par les autres échantillons, nous concluons que l'IC 50 des graines de pastèque est plus faible que celui de l'acide gallique. Donc les graines de pastèque possèdent une activité inhibitrice plus élevée parmi les échantillons même plus élevés que le standard. Ce qui pourrait être lié aux polyphénols contenus dans les graines de pastèque qui ont la capacité de piéger le radical ABTS<sup>•+</sup>.

#### II.4.2. Test au phosphomolybdate d'ammonium

Les résultats de l'activité antioxydante, mesurée par la réduction du molybdate (l'ion  $\text{Mo}^{6+}$  en ion  $\text{Mo}^{5+}$ ), par les antioxydants présents dans les échantillons analysés sont affichés dans la **Tableau** .

**Tableau VII:** Valeurs des IC50 des différents extraits et de l'acide gallique lors de la réduction du molybdate.

matrices	MOYENNE mg/ml
Sulla	2,376666667
Galette sulla	13,73
Galette témoin	0,34
Graine de pastèque	0,223333333
Flan de graine de pastèque	18,00666667
Acide gallique	0,03

Selon les valeurs des IC50 illustrées dans le **Tableau** , nous constatons que l'acide gallique a le pouvoir réducteur le plus élevé avec une IC 50 égale à 0.03 mg/mL, suivi des graines de pastèque et de la galette témoin qui présentent respectivement des IC 50 proches  $0.22 \pm 0.02$  et  $0.34 \pm 0.02$  mg/mL, ensuite vient *Hedysarum coronarium* avec une IC 50 de  $2.37 \pm 0.05$  mg/mL.

La galette enrichie avec Sulla présente une IC50 de  $13.73 \pm 0.34$  mg/mL. Le flan des graines de pastèque est situé en dernier avec une IC 50 égale à  $18 \pm 1.15$  mg/mL, ce qui indique qu'il présente le plus faible pouvoir de réduction vis-à-vis du molybdate.

La variation de la capacité réductrice des échantillons vis-à-vis du molybdate peut être attribuée à leur différence de composition en agents réducteurs tels que les polyphénols, l'acide ascorbique et les caroténoïdes (**Jayaprakasha et al., 2008**).

### III. Analyse sensorielle

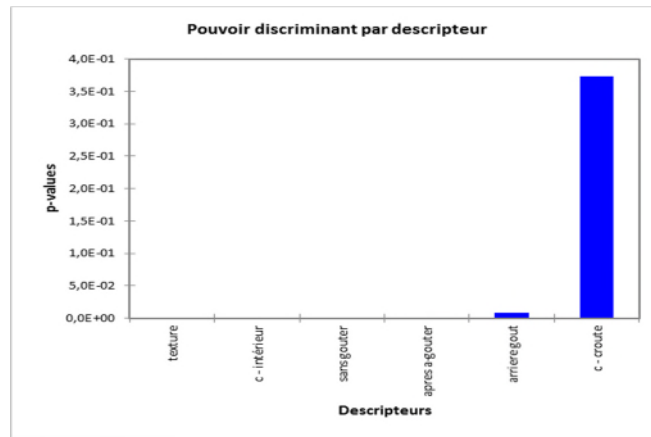
#### III.1. Caractérisation du produit

Ce test permet aux utilisateurs de XLSTAT d'identifier rapidement quels sont les descripteurs discriminants d'une série de produits évalués lors d'une étude sensorielle, et quelles sont les caractéristiques importantes des différents produits (**Husson et Pagès, 2003**).

##### III.1.1. Pouvoir discriminant par descripteurs

Ce test permet de représenter les attributs sensoriels des produits dégustés par le jury expert, ordonnés de celui ayant un pouvoir discriminatif fort jusqu'au celui ayant le pouvoir discriminatif le plus faible en fonction de p-value.

Les résultats obtenus pour les produits de galette témoin et galette enrichi en Sulla sont présentés dans la **figure 22**.

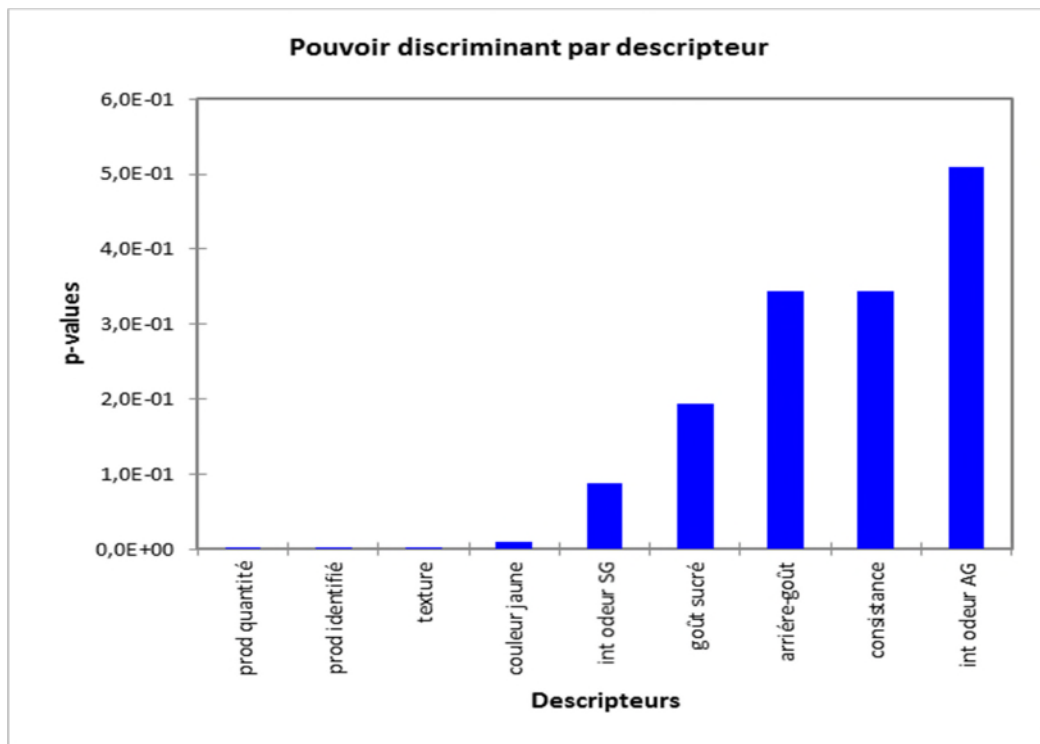


**Figure 22:** Pouvoir discriminant par descripteur des produits galette témoin et galette Sulla.

La **figure 22** montre que les attributs sensoriels ayant le plus fort pouvoir discriminant sont : la texture, la couleur intérieure, suivi de sans gouter et après goûter, cela signifie que les experts ont constaté des différences sensorielles au niveau de ces descripteurs pour les deux échantillons.

L'arrière-goût et la couleur de la croûte sont les paramètres qui varient le moins entre les galettes, donc ils ont le pouvoir discriminant le plus faible.

Les résultats obtenus pour les flans témoin et enrichi des graines de pastèques sont présentés dans la **figure 23**.



**Figure 23** : Pouvoir discriminant par descripteur des flans témoin et flan enrichi en graines de pastèque.

Les résultats obtenus (**figure 23**) montrent que le pouvoir discriminant par descripteur est dominant pour : la quantité de produit ajoutée, le produit identifié et la texture.

Concernant la couleur jaune du flan, l'intensité de l'odeur, sans goûter et le goût sucré ont un pouvoir discriminant moyen, ce qui signifie que les experts n'ont constaté que de mineures différences entre les produits dégustés. Cependant, l'arrière-goût, la consistance et l'intensité de l'odeur après goûter n'ont présenté aucun pouvoir discriminant.

### III.1.2. Coefficient des modèles

Dans ce test sont affichés, pour chaque descripteur et pour chaque produit, les coefficients du modèle sélectionné.

Les représentations graphiques suivantes (**figures 24 à 27**) permettent de visualiser et de définir l'appréciation ou la non appréciation des descripteurs des produits des galettes et des flans témoin/enrichi, dégustés par un panel expert comme suit :

- En bleu, les coefficients dont les caractéristiques sont significativement positifs, ce qui signifie qu'elles ont été appréciées ;

- En rouge, les coefficients dont les caractéristiques sont significativement négatifs, ce qui signifie qu'elles n'ont pas été appréciées ;
- En blanc, les coefficients dont les caractéristiques ne sont pas significatifs, ce qui signifie qu'elles n'ont pas été détectées.

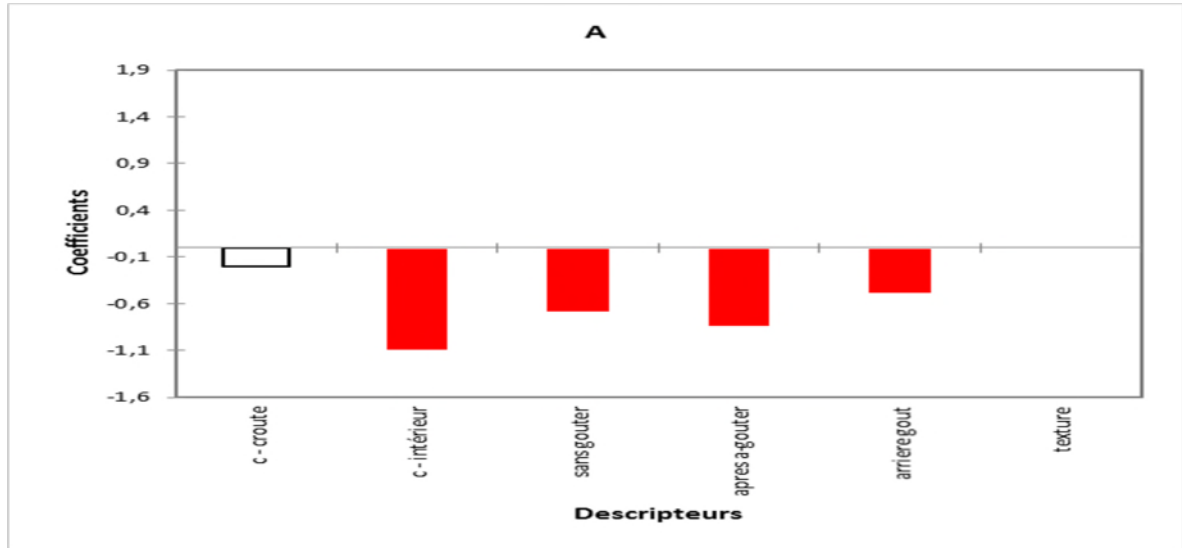


Figure 24 : Coefficients des modèles du produit 1 (galette témoin).

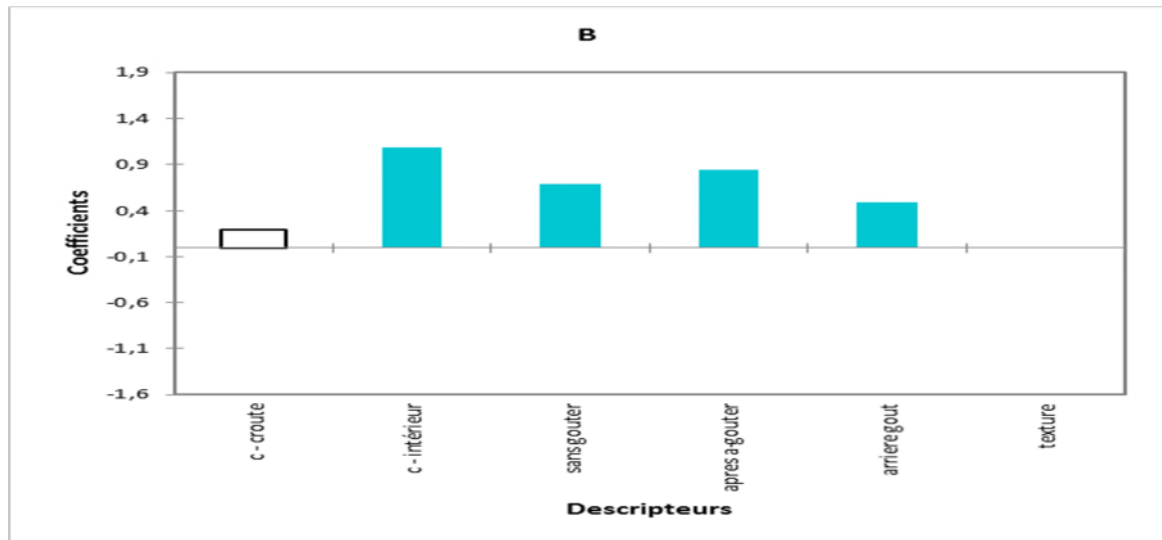
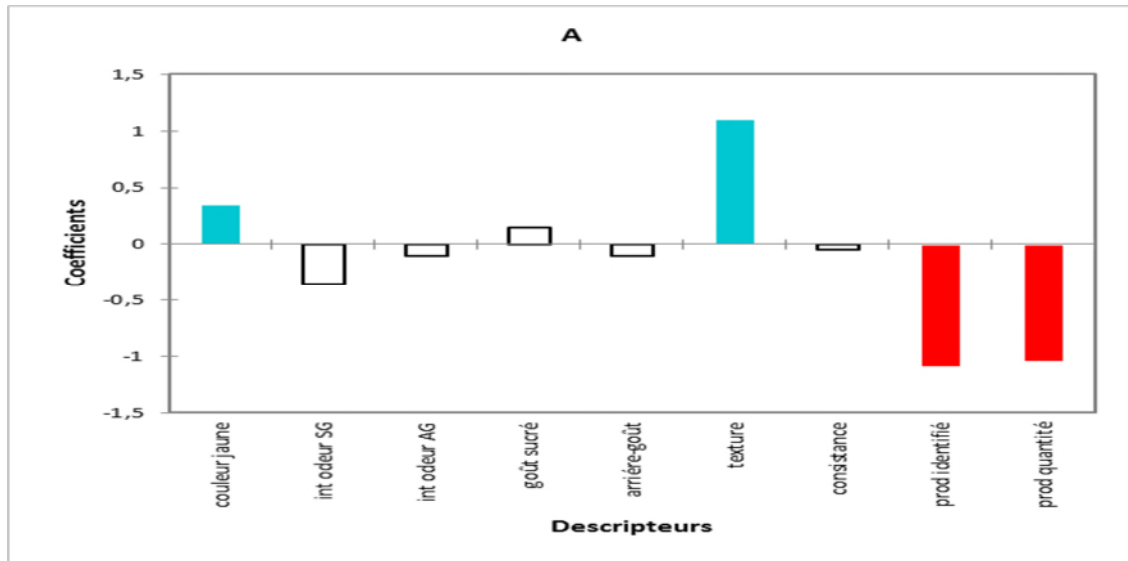
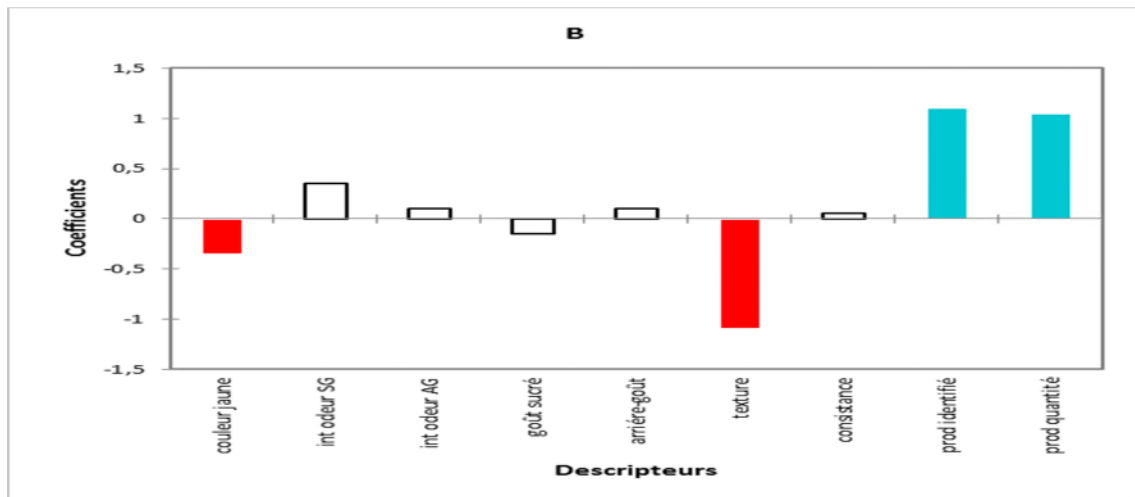


Figure 25 : Coefficients des modèles du produit 2 (galette enrichi en Sulla) .





**Figure 26 :** Coefficients des modèles de produit 3 (flan témoin).



**Figure 27 :** Coefficients des modèles de produit 4 (flan enrichi en graines de pastèque).

Selon les résultats de la figure 24, le produit 1 (galette témoin) ne présente aucun descripteur appréciable, ce qui signifie qu'il n'est pas caractérisé positivement. Pour les caractères couleur intérieure, l'odeur sans goûter, après goûter, l'arrière-goût, sont caractérisés négativement ce qui signifie qu'ils n'étaient pas appréciés par le jury expert. En dernier, la couleur de la croûte est blanche, cela montre qu'ils n'ont pas été détectés.

D'après la figure 25, le produit 2 (galette enrichir par Sulla) est caractérisé positivement par sa couleur intérieure, son odeur sans goûter, après goûter, ces descripteurs sont appréciés par l'ensemble du panel expert. Contrairement au descripteur couleur de la croûte qui n'est pas significatif.

Le produit 3 (flan témoin) est présenté dans la figure 26, il est caractérisé par sa couleur jaune et sa texture qui sont significativement positifs, ce qui montre que ces caractères sont les appréciables. Le reste des descripteurs : intensité de l’odeur sans goûter, l’odeur après goûter, goût sucré, arrière-goût et consistance sont significativement négatifs. Pour le produit identifié et la quantité de produit ajouté ne sont pas significatif ce qui prouve qu’ils n’ont pas été détectés par l’ensemble du panel expert.

D’autres part, le produit 4 (flan enrichir par les graines de pastèque) présenté dans la figure 27 est caractérisé positivement par le produit identifié et la quantité de produit ajouté. En revanche les descripteurs : intensité de l’odeur sans goûter, l’odeur après goûter, goût sucré, arrière-goût et consistance sont significativement négatifs. Enfin, la couleur jaune et la texture ne sont pas significatifs par les juges.

### III.1.3. Moyennes ajustées par produits

Le but de ce test est de définir les moyennes ajustées calculées à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit.

Les tableaux VIII et IX représentent les moyennes ajustées pour chaque produit analysé. Les cellules qui ont une couleur bleue représentent les moyennes qui sont significativement plus grandes que la moyenne globale ; les cellules en rouge représentent les moyennes qui sont significativement plus petites que la moyenne globale et les cellules en blanc représentent les moyennes proches de la moyenne globale.

**Tableau VIII** : Moyennes ajustées pour les produits de galettes.

	c - croute	c - intérieur	sans goûter	après gouter	a- arrière- gout	texture
B	3,200	4,900	3,900	4,100	2,900	2,800
A	2,800	2,700	2,500	2,400	1,900	2,800

D’après ces résultats, Le produit **B** (galette enrichie en Sulla) est le produit le plus apprécié par le jury expert ; il est caractérisé par la couleur intérieur, l’odeur sans goûter, après goûter et l’arrière-goût. Pour le produit **A** (galette témoin) la couleur intérieur, l’odeur sans goûter, après goûter et l’arrière-goût sont d’une intensité inférieure à la moyenne. Les autres caractéristiques sont d’une intensité proche de la moyenne.

**Tableau X** : Moyennes ajustées pour les échantillons de flans.

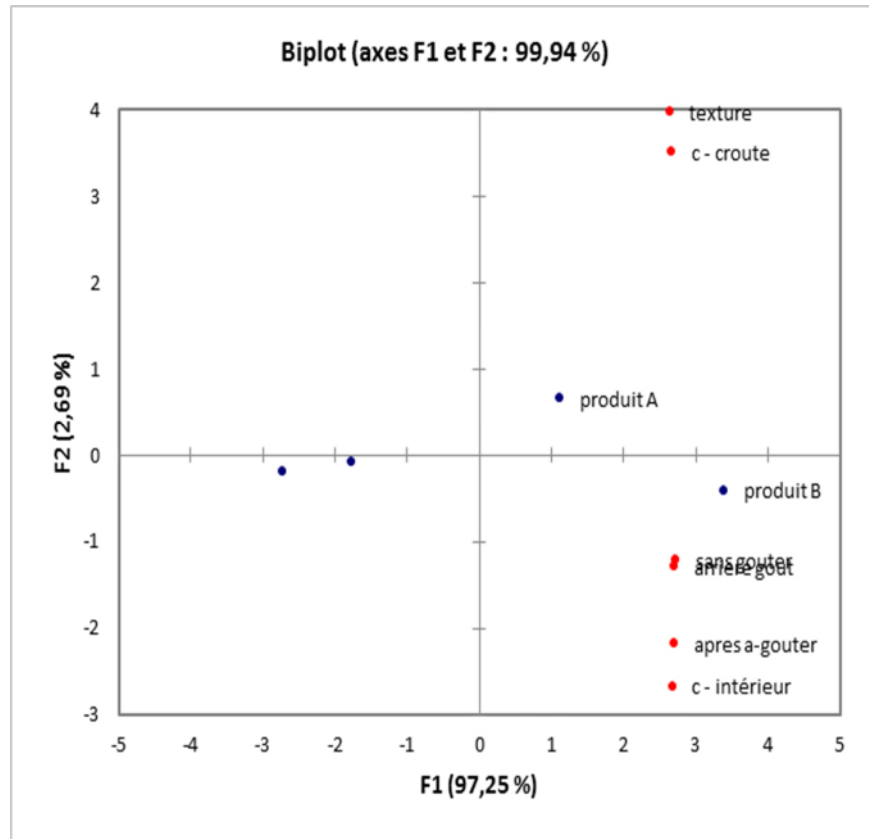
	prod identifié	int SG	Odeur int AG	Odeur int AG	Arrière- goût	Consistance	Prod quantité	Goût sucré	Texture	Couleur jaune
B	3,300	2,600	2,500	1,900	3,900	3,200	2,100	2,500	2,500	
A	1,100	1,900	2,300	1,700	3,800	1,100	2,400	4,700	3,200	

Selon le **tableau X**, le produit **B** (flan enrichi en graines de pastèque) est caractérisé par l'identification de produit et la quantité ajoutée qui sont supérieures à la moyenne. Cependant celle de texture et la couleur jaune sont les plus faibles. Les autres caractéristiques sont d'une intensité proche de la moyenne.

Concernant le produit **A** (flan témoin), la texture et la couleur jaune sont les plus appréciés par les juges. Contrairement aux caractères : produit identifié et la quantité ajoutée sont d'une intensité inférieure à la moyenne. Les autres caractéristiques sont d'une intensité proche de la moyenne.

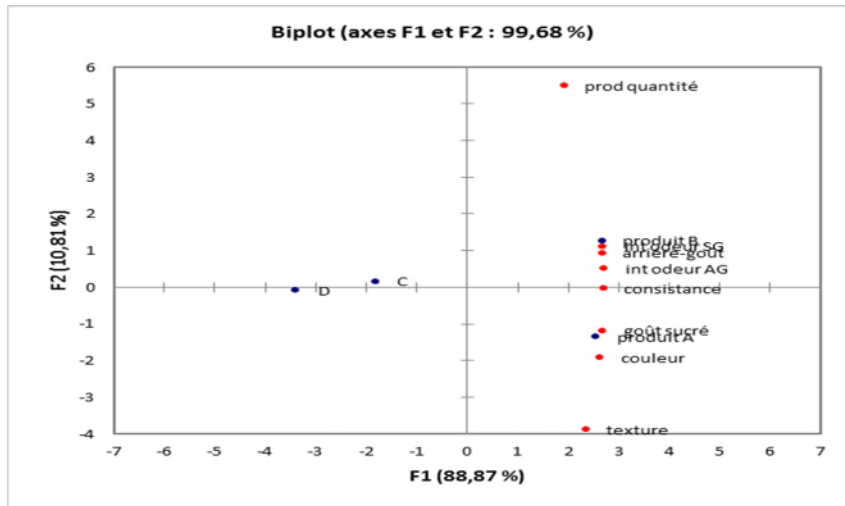
#### III.1.4. Analyse en composantes principales

L'analyse en composantes principales (ACP) est l'une des méthodes d'analyse de données multivariées les plus utilisées. Elle permet de construire des variables appelées composantes principales qui sont des combinaisons linéaires des variables initiales à partir de  $n$  variables continues initiales (Tufféry, 2012) (figures, 27, 28).



**Figure 28** : Corrélation entre les variables (a) et les facteurs (b) pour les produits galettes.

D'après la figure 28(a), toutes les caractéristiques sont en corrélation. Les experts ont constaté une différence entre les produits **A** et **B**. Le produit **A** est caractérisé par sa couleur de la croute et sa texture, par contre le produit **B** par son odeur sans goûter, arrière-goût, après goûter et sa couleur intérieure.



**Figure 29** : Corrélation entre les variables (a) et les facteurs (b) pour les flans.

Selon la figure 29 (a), toutes les caractéristiques sont en corrélation. Le jury a remarqué une différence entre les produits **A** et **B**, le produit **A** est caractérisé par son goût sucré, sa couleur et sa texture. Le produit **B** est caractérisé par l’intensité de l’odeur sans goûter, l’arrière-goût, l’intensité de l’odeur après goûter et la consistance.

### III.1.5. Préférence MAPPING

La cartographie des préférences est présentée dans le tableau X.

**Tableau X** : Pourcentage de juges satisfaits pour chaque objet.

Objet	Pourcentage
Galette témoin	100%
Galette enrichir avec Sulla	100%
Flan témoin	80 %
Flan enrichir par les graines de pastèque	100%

Le **tableau X** montre que la galette témoin, galette enrichir avec Sulla et le flan enrichir par les graines de pastèque ont les pourcentages de satisfaction les plus élevés (100%), d’autre part le flan témoin a un pourcentage de satisfaction de 80%. D’après ces résultats, nous concluons que la satisfaction de jury n’est pas au même niveau ; cela signifie que les juges ont apprécié plus les galettes témoins et celle enrichi en Sulla et le flan enrichi aux graines de pastèques, que le flan témoin.

**Conclusion et**  
CONCLUSION ET

**Perspectives**  
PERSPECTIVES

## Conclusion et perspectives

Le présent travail a pour objectif d'étudier l'activité antioxydante et les composés phénoliques de deux plantes médicinales, *Hédysarum coronium* et les graines de *Citrullus lanatus*, ainsi que leurs incorporations dans deux produits à savoir: la galette et le flan respectivement.

Un ensemble d'analyses physico-chimiques et phytochimiques a été réalisé. Ces analyses ont révélé que:

- Les graines de pastèque présentent une teneur en eau de 47,96% et un taux de cendres de 2,97%, alors que Sulla présente 15,93% d'eau et 6,01% de cendres.
- Sulla présente une teneur en polyphénols totaux de 1078,67 mg EAG/100 g de MS, 74 µg EQ/100 g de MS de flavonoïdes et 1506,67 µg EC/100 g de MS en proanthocyanidines. Tandis que, les graines de pastèque présentent pour les mêmes dosages respectivement des teneurs de 324 mg EAG/100g de MS, 210 mg EQ/100g de MS et 973,33 µg EC/100 g.
- Les graines de pastèque possèdent une activité antiradicalaire plus élevée que Sulla avec des IC50 de 2.04 mg/mL et 3.135 mg/mL respectivement.
- Le flan aux graines de pastèque possède une teneur en humidité égale à 72.77 % et celle de galette avec Sulla est 7.353%. Les flans présentent une acidité titrable de 9% pour le flan aux graines de pastèques et 13,5 % pour le flan témoin. Concernant l'analyse phyto-chimiques des produits, la galette Sulla a une teneur de 293,33 mg EAG/100g de MS en polyphénols totaux, contrairement au flan des graines de pastèque qui présente la valeur la plus faible 4,67 mg EAG/100g. Pour le dosage des flavonoïdes, la galette Sulla et le flan au graines de pastèque ont relevé des teneurs de 8.4 et 0,202 EQ/100 g de MS respectivement.
- La galette Sulla renferme une quantité plus élevée en tanins condensés que le flan au graines de pastèque qui sont respectivement de 1506,66 et  $17,67 \pm 1.04$  µg EC/100 g de MS. Pour l'étude de l'activité antioxydante par le test de phosphomolybdate d'ammonium, la galette Sulla a relevé une IC50 de 13,73 mg/mL, et le flan des graines de pastèque est placé en dernier avec une IC50 égale à 18 mg/mL. Ceci indique que la galette enrichie en Sulla présente une activité antioxydante plus élevée que le flan aux graines de pastèque.

Les résultats de l'analyse sensorielle montrent que le jury expert a été satisfait des trois produits élaborés qui sont : la galette témoin et celle enrichie en Sulla et le flan enrichi aux graines de pastèques.

Les résultats de la présente étude restent préliminaires. Il serait donc intéressant d'envisager d'autres aspects à savoir :

- Réalisation des analyses microbiologiques pour les échantillons enrichis ;
- Dosage des protéines, lipides, fibres et les sels minéraux ;
- Evaluation d'autres activités biologiques des différents extraits ;



**Références**

**Bibliographiques**

## Références bibliographies

### A

- **Aalami, M., Rao, U. P., & Leelavathi, K. (2007).** Physicochemical and biochemical characteristics of Indian durum wheat varieties: Relationship to semolina milling and spaghetti making quality. *Food Chemistry*, 102(4), 993-1005.
- **Abdelguerfi-Berrakia R., Abdelguerfi A., Bounaga N., Guittonneau G.G. (1989) :** Contribution à l'étude des espèces spontanées du genre *Hedysarum L.* en Algérie. Etude auto écologiques. Annales de l'institut national agronomique El Harrach 12(1) ,pp191-219
- **Abdelguerfi-Berrekia, R., Abdelguerfi, A., Bounaga, N., & Guittonneau, G. G. (1991).** Répartition des espèces spontanées du genre *Hedysarum* selon certains facteurs du milieu en Algérie. *Fourrages*, 126, 187-207.
- **Abd El-Fattah, A., El-Dieb, S., & Elkashef, H. (2019).** Development of functional egg-free flan using whey proteins and evaluation of heat-induced gel properties. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(4), 2828-2836.
- **Abd El-Sattar, A., Ghafar, N. A., & Ramadan, M. F. (2021).** Production of Functional Ice Milk Supplemented with Watermelon Seeds Embryonic Leaves Powder. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 12(1), 11-16.
- **AFNOR (1990) V 05-108** Produits de l'agriculture. Produits dérivés des fruits et légumes. Mesure du pH. 3p
- **Alka, G., Anamika, S., & Ranu, P. (2018).** A review on watermelon (*Citrullus lanatus*) medicinal seeds. *J. Pharmacogn. Phytochem*, 7(3), 2222-2225.
- **Angiosperm phylogeny group** disponible sur :  
[https://www.npsoregon.org/documents/APG\\_III\\_Oregon.linear.pdf](https://www.npsoregon.org/documents/APG_III_Oregon.linear.pdf).consulté le 25/08/2021.
- **Anonyme 1:** <https://agrichem.dz/culture/24/pasteque-melon/>
- **Anonyme2:**<https://www.aps.dz/regions/104922-ghardaia-intensification-de-la-culture-de-la-pasteque>
- **Anonyme 3 :**<https://mapcarta.com/fr/N1368552028/Carre> (consulté le 30/08/2021).
- **Anonyme 4 :**  
<https://www.google.dz/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fberthoalain.files.wordpress.com%2>

[F2009%2F08%2Fcarte\\_algerie\\_fr.gif%3Fw%3D497&imgrefurl=https%3A%2F%2Fberthoalain.com%2F2011%2F01%2F09%2Femeute-a-bejaia-8-janvier-2011%2F&tbid=UaEZZ3FvlmuuwM&vet=10CEYQMyiCAWoXChMlyNnHwJ7Y8gIVAAAAABOAAAAEAI..i&docid=WxMDA1ypJ8MieM&w=460&h=542&q=wilaya%20El%20Menia&ved=0CEYQMyiCAWoXChMlyNnHwJ7Y8gIVAAAAABOAAAAEAI](https://www.fcarte.algerie.fr/gif%3Fw%3D497&imgrefurl=https%3A%2F%2Fberthoalain.com%2F2011%2F01%2F09%2Femeute-a-bejaia-8-janvier-2011%2F&tbid=UaEZZ3FvlmuuwM&vet=10CEYQMyiCAWoXChMlyNnHwJ7Y8gIVAAAAABOAAAAEAI..i&docid=WxMDA1ypJ8MieM&w=460&h=542&q=wilaya%20El%20Menia&ved=0CEYQMyiCAWoXChMlyNnHwJ7Y8gIVAAAAABOAAAAEAI) Consulté le 30/08/2021.

- **Apak, R., Özyürek, M., Güçlü, K., & Çapanoğlu, E. (2016).** Antioxidant activity/capacity measurement. 1. Classification, physicochemical principles, mechanisms, and electron transfer (ET)-based assays. *Journal of agricultural and food chemistry*, 64(5), 997-1027.
- **Arab, H., Haddi, M. L., & Mehennaoui, S. (2009).** Evaluation de la valeur nutritive par la composition chimique des principaux fourrages des zones aride et semi-aride en Algérie. *Sciences & Technologie. C, Biotechnologies*, 30 : 50-58.
- **Athamena., Chalghem1., Kassah-Laouar., Laroui & Khebri., (2010).**activité anti-oxydante et antimicrobienne d'extraits de cuminum l. Lebanese Science Journal, 11(1), 69-81
- **Atmani, D., Chaher, N., Atmani, D., Berboucha, M., Debbache, N. & Boudaoud, H. (2009).** Flavonoids in human health: from structure to biological activity. *Current Nutrition & Food Science*, 5(4), 225-237.

### **B**

- **Balasundram, N., Sundram, K., Sammam, S., 2006.** Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry* 99 (1), 191-203.
- **Baudin, B. (2006).** Oxidative stress and cardiovascular pathology. *MT Cardio*, 2(1), 43-52
- **Bektaş E, Kaltalıoğlu K, Şahin H, Türkmen Z, Kandemir A. (2018).** Analysis of phenolic compounds, antioxidant and antimicrobial properties of some endemic medicinal plants. *International Journal of Secondary Metabolite* , 5(2), 75-86.
- **Belaïch, R., & Boujraf, S. (2016).** Facteurs inflammatoires et stress oxydant chez les hémodialysés : effets et stratégies thérapeutiques. *Médecine des maladies Métaboliques*, 10(1), 38-42.

- **Benavente-García, O., Castillo, J., Marin, F. R., Ortuño, A., & Del Río, J. A. (1997).** Uses and properties of citrus flavonoids. *Journal of agricultural and food chemistry*, 45(12), 4505-4515.
- **Bentham, G., & Hooker, J. D. (1865).** Ordo LVII Leguminosae. *Genera plantarum*, 1(2), 434-600.
- **Bisla, G., Archana, P. V., & Sharma, S. (2012).** Development of ice creams from Soybean milk & Watermelon seeds milk and Evaluation of their acceptability and Nourishing potential. *Adv Appl Sci Res*, 3(1), 371-6.
- **Boizot, N., & Charpentier, J. P. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Cahier des Techniques de l'INRA*, 79-82.
- **Bonnier G. (1934) :** Flore complète illustrée en couleurs de France Suisse et Belgique (comprenant la plupart des plantes d'Europe). Tome troisième. E. Orlhac, Paris. pp 84
- **Bonanno, A., Di Grigoli, A., Montalbano, M., Bellina, V., Mazza, F., & Todaro, M. (2013).** Effets du régime alimentaire sur les profils de caséine et d'acides gras du lait de chèvre différant par le génotype pour la synthèse de la caséine  $\alpha$  S1. *Recherche et technologie alimentaires européennes*, 237 (6), 951-963.
- **Bossokpi, I. P. L. (2002).** *Etude des activités biologiques de Fagara xanthoxyloides LAM (Rutaceae)*. Doctoral dissertation, Thèse de pharmacie, Université de Bamako, Bamako. pp 133
- **Braide, W., Odiong I.J., Oranusi, S., 2012.** Phytochemical and Antibacterial properties of the seed of watermelon (*Citrullus lanatus*). *Prime journal of microbiology research* 2(3), 99-104.
- **Bruneton, J., 1999.** Pharmacognosie : Phytochimie et plantes médicinales. 3<sup>ème</sup> édition. Technique et Documentation, Paris. 1120 p.
- **Bullitta, S., Saba, P., & Bullitta, P. (2000).** Seed production and its components in Sardinian germplasm of *Hedysarum coronarium* L. and *H. spinosissimum* L. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 45, 355-358.
- **Burlando B, Pastorino G, Salis A, Damonte G, Clericuzio M, Cornara L. (2017).** The bioactivity of *Hedysarum coronarium* extracts on skin enzymes and cells correlates with phenolic content. *Pharmaceutical biology* 55(1):1984-1991

\_ C \_

- **Chaalal M., Taouati N and Louaileche H. (2013).** Extraction of phenolic compounds and in vitro antioxidant capacity of prickly pear seeds. *ActabotanicaGallica*.159(4) :467-475.
- **Chabrier, J. Y. (2010).** *Plantes médicinales et formes d'utilisation en phytothérapie* (Doctoral dissertation, UHP-Université Henri Poincaré).

\_ D \_

- **Descamps, E., Gelé, P., Bordet, R., & Vamecq, J. (2006).** Modulation pharmacologique du stress oxydatif. *La Lettre du pharmacologue (Boulogne)*, 20(4), 107-118.
- **Deshmukh, C.D., Jain, A., Tambe, M.S., 2015.** Phytochemical and Pharmacological profile of *Citrulluslanatus* (THUNB). *Biolife*3(2),483-488.
- **Di Trana A, Bonanno A, Cecchini S, Giorgio D, Di Grigoli A, Claps S. (2015).** Effects of Sulla forage (*Sulla coronarium L.*) on the oxidative status and milk polyphenol content in goats. *Journal of dairy science* 98(1):37-46.
- **Dien BS, Jung HJG, Vogel KP, Kasler MD, Lamb JFS, Iten L, Mitchell RB, Sarath G (2006).** Chemical composition and response to dilute-acid pretreatment and enzymatic saccharification of alfalfa, reed canarygrass and switchgrass. *Biomass Bioenergy* 30(10) ,880–891.
- **Djaouad, A. (2007).** Préparation et incorporation dans la margarine un extrait de dettes de Variétés sèches. Thèse de magistère en biologie, Université M&39 ; Hamed Bouguera de Boumerdes ,133p.
- **Duda-Chodak, A., & Tarko, T. (2007).** Antioxidant properties of different fruit seeds and peels. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 6(3), 29-36.

\_ E \_

- **Ebrahimi, S. N., Hadian, J., Mirjalili, M. H., Sonboli, A., & Yousefzadi, M. (2008).** Essential oil composition and antibacterial activity of *Thymus caramanicus* at different phenological stages. *Food chemistry*, 110(4), 927-931.
- **Edward, Step. (1897).** Favorite Flowers of Garden and Greenhouse. Edited by: Frederick Warne & co. Londres & New York. Volume (1). Pp 140.

- **Egbuonu, A. C. C. (2015).** Assessment of some antinutrient properties of the watermelon (*Citrullus lanatus*) rind and seed. *Research Journal of Environmental Sciences*, 9(5), 225.
- **Enemor, V.H.A., Oguazu, C.E., Odiakosa, A.U., Okafor, S.C., 2019.** Evaluation of the Medicinal Properties and Possible Nutrient Composition of *Citrulluslanatus* (Watermelon) Seeds. *Research Journal of Medicinal Plants*13(4), 129-135.
- **Erhirhie, E.O., Ekene, N.E., 2013.** Medicinal values on *Citrulluslanatus* (watermelon): pharmacological review. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*4(4), 1305-1312.

**F**

- **Fahmi, F., Tahrouch, S. & Hatimi, A. (2013).** Geoclimatic influences on flavonoids contents of the leaves of the argan tree Influences géoclimatiques sur la composition en flavonoïdes des feuilles de l'arganier *Argania spinosa*. *J. Mater. Environ. Sci.* 4(6), 881-886.
- **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. *Comptes Rendus Biologies*, 331, 372-379.
- **Farha, A. K., Yang, Q. Q., Kim, G., Li, H. B., Zhu, F., Liu, H. Y., Gan R-Y & Corke, H. (2020).** Tannins as an alternative to antibiotics. *Food Bioscience*, 100751, 38, pp1-14
- **Favier, A. (2003).** Le stress oxydant. *L'actualité chimique* , 108 (10), 863-832.
- **Feng, M., Ghafoor, K., Seo, B., Yang, K., & Park, J. (2013).** Effects of ultraviolet-C treatment in Teflon®-coil on microbial populations and physico-chemical characteristics of watermelon juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 19, 133-139.
- **Fettah, A. (2019).** *Étude phytochimique et évaluation de l'activité biologique (antioxydante-antibactérienne) des extraits de la plante Teucrium polium L. sous espèce Thymoïdes de la région Beni Souik, Biskra* (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA) , pp 94 .
- **Fois, S., Campus, M., Piu, P. P., Siliani, S., Sanna, M., Roggio, T., & Catzeddu, P. (2019).** Fresh Pasta Manufactured with Fermented Whole Wheat Semolina: Physicochemical, Sensorial, and Nutritional Properties. *Foods*, 8(9), 422

## G

- **García-Segovia, P., Igual, M., & Martínez-Monzó, J. (2020).** Physicochemical properties and consumer acceptance of bread enriched with alternative proteins. *Foods*, 9(7), 933.
- **Gardès-Albert, M., Bonnefont-Rousselot, D., Abedinzadeh, Z., & Jore, D. (2003).** Espèces réactives de l'oxygène. *L'actualité chimique*, pp 91-96
- **Gasmi-Boubaker, A., Selmi, H., Losada, R. M., Youssef, S. B. Zoghalmi, A., Mehdi, W., Rekik, B., Rouissi, H., Rigueiro-Rodriguez, A., (2012).** Nutritive value of whole plant (stem and leaves) of *Hedysarum coronarium* L, *Medicago truncatula* L, *Vicia sativa* L and *Pisum sativum* L grown under Mediterranean conditions. *Livestock research for rural development.*, 24 (10), pp1-6
- **Ghedira, K. (2005).** Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 3(4), 162-169.
- **Guillouty, A. (2016).** Plantes médicinales et antioxydants. Thèse de doctorat : faculté des sciences pharmaceutiques. TOULOUSE : UNIVERSITE TOULOUSE III PAUL SABATIER, pp 95.
- **Gülçin, I. (2012).** Antioxidant activity of food constituents: an overview. *Archives of toxicology*, 86(3), 345-391.
- **Guo, Yu, Meiling Gao, Xiaoxue Liang, Ming Xu, Xiaosong Liu, Yanling Zhang<sup>1</sup>, Xiujie Liu, Jixiu Liu, Yue Gao, Shuping Qu and Feishi Luan. (2020).** Quantitative Trait Loci for Seed Size Variation in Cucurbits—A Review. *Frontiers in plant science*, 11, 304.

## H

- **Haleng, J., Pincemail, J., Defraigne, J. O., Charlier, C., & Chapelle, J. P. (2007).** Le stress oxydant. *Revue médicale de Liège*, 62(10), 628-38.
- **Halliwell B., J. M. C. Gutteridge. (2008).** Free Radicals in Biology and Medicine. Fourth Edition. Oxford University Press. Citer dans la Thèse de Doctorat (2015): Implication du stress oxydant dans plusieurs affections du cheval athlete : revue bibliographique, p 44-61
- **Hodek, P., Trefil, P., & Stiborová, M. (2002).** Flavonoids-potent and versatile biologically active compounds interacting with cytochromes P450. *Chemico-biological interactions*, 139(1), 1-21.

- **Husson, F., & Pagès, J. (2003).** Comparison of sensory profiles done by trained and untrained juries: methodology and results. *Journal of Sensory Studies*, 18(6), 453-464.
- **Hyam, R., & Pankhurst, R. J. (1995).** *Plants and their names: a concise dictionary*. Oxford : Oxford University Press, pp545.
- **Hyardin A. (2008).** Etude de la fonctionnalité alimentaire de plats industriels. Thèse Recherche Animal et Fonctionnalités de Produits Animaux, pp255.

### \_J\_

- **Jayaprakasha, G. K., Girennaver, B. and Patil, B. S. (2008).** Antioxidant capacity of pummel and navel orange : Extraction efficiency of solvents in sequence. *LWT*. 41 : 376-384.
- **Jean, B. (2009).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales (4e éd.). Lavoisier, pp 1-273.
- **Johnson, J. T., Iwang, E. U., Hemen, J. T., Odey, M. O., Efiog, E. E., & Eteng, O. E. (2012).** Evaluation of anti-nutrient contents of watermelon *Citrullus lanatus*. *Annals of Biological Research*, 3(11), 5145-5150.
- **JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 35,2013**
- **Julier, B., & Huyghe, C. (2003).** Variations pour la dégradation des protéines de quatre espèces de légumineuses fourragères. *Fourrages*, (175), 367-371.

### \_I\_

- **Ighodaro, OM, & Akinloye, OA (2018).** Antioxydants de défense de première ligne - superoxyde dismutase (SOD), catalase (CAT) et glutathion peroxydase (GPX) : Leur rôle fondamental dans l'ensemble de la grille de défense antioxydante. *Journal de médecine d'Alexandrie*, 54 (4), 287-293.
- **Issolah, R., Benhizia, H., & Khalfallah, N. (2006).** Karyotype variation within some natural populations of sulla (*Hedysarum coronarium* L., Fabaceae) in Algeria. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53(8), 1653-1664.

### \_K\_

- **Kumar, R. S., Narasingappa, R. B., Joshi, C. G., Girish, T. K., Rao, U. J. P., & Danagoudar, A. (2017).** Evaluation of *Cassia tora* Linn. against oxidative stress-induced DNA and cell membrane damage. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 9(1), 33.



## \_ L \_

- **Lafay, S., & Gil-Izquierdo, A. (2008).** Bioavailability of phenolic acids. *Phytochemistry Reviews*, 7(2), 301-311
- **Lee, K. W., Kim, Y. J., Lee, H. J., & Lee, C. Y. (2003).** Cocoa has more phenolic phytochemicals and a higher antioxidant capacity than teas and red wine. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(25), 7292-7295.
- **Lefebvre, A., & Bassereau, J. F. (2003).** L'analyse sensorielle, une méthode de mesure au service des acteurs de la conception : ses avantages, ses limites, ses voies d'amélioration. *Application aux emballages*, 10, 3-11.
- **Li, S.W., Xue, L., Xu, S., Feng, H., Lizhe, A.,( 2009).** IBA-induced changes in antioxidant enzymes during adventitious rooting in mung bean seedlings: The role of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Environmental and Experimental Botany* 66, 442–450.
- **Liu, R.H., (2004).** Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. *Journal of Nutrition* 134, 3479-3485.

## \_ M \_

- **Maakelo, P.K., Bultosa, G.,Kobue-Lekalake, R.I., Gwamba, J., Sonno, K., 2021.**Effects of watermelon pulp fortification on maize mageu physicochemical and sensory acceptability. *Heliyon* 7, e07128.
- **Maksimović, Z., Malenčić., & Kovačević, N. (2005).** Teneur en polyphénols et activité antioxydante des extraits de stigmaté de *Maydis*. *Technologie des bioressources*, 96 (8), 873-877.
- **Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004).** Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, 79(5), 727-747.
- **Manolaraki, F., Hoste, H., Brunet, S., Arroyo López, C., Martínez-Ortiz de Montellano, C., Sotiraki, S., & Torres Acosta, F. (2011).** Les propriétés vermifuges des légumineuses fourragères riches en tanins : de la connaissance à l'exploitation en conditions d'élevage. *Des stratégies stimulantes pour promouvoir la filière ovine et caprine dans le contexte mondial actuel. Saragosse : CIHEAM/CSIC/un iversidad de León/FAO*, 295-304.
- **Maoto, M. M., Beswa, D., & Jideani, A. I. (2019).** Watermelon as a potential fruit snack. *International Journal of food properties*, 22(1), 355-370.

- **Marouf, A., Reynaude, J., 2007.** La botanique de A à Z. Edition. Dunod, Paris. pp. 114-296.
- **Martiniello, P., Laudadio, V., Pinto, V., & Ciruzzi, B. (2000).** Influence des techniques de culture sur la production de sulla et de sainfoin en milieu méditerranéen. *Fourrages*, 161, 53-59.
- **Mateus, N., Carvalho, E., Carvalho, A. R. F., Melo, A., Gonzalez-Paramas, A. M., Santosbuelga, C., Silva, A.M. S., Freitas, V. (2003).** Isolation and structural characterization of new acylated anthocyanin– vinyl– flavanol pigments occurring in aging red wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(1), 277-282.
- **Mehra, M., Pasricha, V., & Gupta, R. K. (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.
- **Mezzetti, A., Pierdomenico, S. D., Costantini, F., Romano, F., De Cesare, D., Cuccurullo, F., IMBASTARO T., RIARIO-SFORZA G., GIACOMO F D., ZULIANI G., & Fellin, R. (1998).** Copper/zinc ratio and systemic oxidant load: effect of aging and aging-related degenerative diseases. *Free Radical Biology and Medicine*, 25(6), 676-681.
- **Michel, T. (2011).** *Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification: application aux molécules bioactives de l'argousier (Hippophae rhamnoides)* (Doctoral dissertation, Université d'Orléans).
- **Milala, M. A., Luther, A., & Burah, B. (2018).** Nutritional comparison of processed and unprocessed *Citrullus lanatus* (watermelon) seeds for possible use in feed formulation. *American Journal of Food and Nutrition*, 6(2), 33-36.
- **Miliauskas, G., Venskutonis, P. R., & Van Beek, T. A. (2004).** Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food chemistry*, 85(2), 231-237.
- **Miller, N. J., & Rice-Evans, C. A. (1997).** The relative contributions of ascorbic acid and phenolic antioxidants to the total antioxidant activity of orange and apple fruit juices and blackcurrant drink. *Food Chemistry*, 60(3), 331-337.

–  $\mathcal{N}$  –

- **Neglo, D., Tettey, C.O., Essuman, E.K., Kortei, N.K., Boakye, A.A., Hunkpe, G., Amarh, F., Kwashie, P., Devi, W.S., 2021.** Comparative antioxidant and

antimicrobial activities of the peels, rind, pulp and seeds of watermelon (*Citrulluslanatus*)fruit. *Scientific African*11, e00582 1-8.

- **Neve, J., & Pincemail, J. (2008).** *Aliments fonctionnels*. Lavoisier, Paris .2<sup>ème</sup> édition, pp203-41.
- **NF V 04-206, (1969)** Lait - Détermination de l'acidité titrable .2p
- **NF V 18-109, (1982)** Aliments des animaux - Détermination de la teneur en eau .9p
- **Nimse, S. B., & Pal, D. (2015).** Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. *RSC advances*, 5(35), 27986-28006.
- **Nzeagwu, O. C., & Raphael, C. O. (2018).** Chemical, functional and sensory properties of watermelon (*Citrullus lanatus*), seeds' flour blends as soup thickeners. *Journal of Dietitians Association of Nigeria*, 9, 37-46.

### \_O\_

- **Omoboyowa, D. A., Otuchristian, G., Danladi, G. J., Igara, C. E., Ngobidi, K. C., Okon, M. U., & Agbo, F. A. (2015).** Evaluation of chemical compositions of *Citrullus lanatus* seed and *Cocos nucifera* stem bark. *African Journal of food science and Technology*, 6(3), 75-83.
- **Omoniyi, S. A. (2020)** NUTRIENT AND ANTI-NUTRITIONAL COMPOSITION OF WATERMELON (*Citrullus lanatus*) SEED , 5 ( 1 ), 048 – 051

### \_P\_

- **Papa L., Manfredi G., Germain D. (2014)** SOD1, an unexpected novel target for cancer therapy. *Genes and Cancer*, 5 (1-2) ; 15-21
- **Pasqualone, A., Punzi, R., Trani, A., Summo, C., Paradiso, VM, Caponio, F., & Gambacorta, G. (2017).** Enrichissement de pâtes fraîches avec des extraits antioxydants obtenus à partir de sous-produits de mise en conserve d'artichaut par technologie assistée par ultrasons et caractérisation de la qualité du produit final. *Journal international des sciences et technologies alimentaires* , 52 (9), 2078-2087.
- **Pizzino, G., Irrera, N., Cucinotta, M., Pallio, G., Mannino, F., Arcoraci, V., ... & Bitto, A. (2017).** Oxidative stress: harms and benefits for human health. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2017,1-14
- **Poirier, J (2004).** L'indispensable Pour Vivre En Santé, Edition Merlin, PP 72.

- **Pourreza, N. (2013).** Phenolic compounds as potential antioxidant. *Jundishapur journal of natural pharmaceutical products*, 8(4), 149.
- **Prieto, P., Pineda, M., & Aguilar, M. (1999).** Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical biochemistry*, 269(2), 337-341.
- **Priymenko N. (2005).** Intérêt de la suppléments en antioxydants dans L'alimentation des carnivores domestiques. Thèse de doctorat en vétérinaire, Université Paul- Sabatier de Toulouse. pp120.

### —R—

- **Rahman, I., Biswas, S.K. & Kirkham, P.A. (2006).** Regulation of inflammation and redoxsignaling by dietary polyphenols. *Biochem Pharmacol*, 72, 1439-1452.
- **Ranalli, A., Contento, S., Lucera, L., Febo, M., Marc, D., Marchegiani, D. & Fonzo, V. (2006).** Factors affecting the contents of iridoid oleuropein in olive leaves (*Olea europaea* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(2), 434-440.
- **Ruisi, P., Siragusa, M., Di Giorgio, G., Graziano, D., Amato, G., Carimi, F., & Giambalvo, D. (2011).** Pheno-morphological, agronomic and genetic diversity among natural populations of sulla (*Hedysarum coronarium* L.) collected in Sicily, Italy. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58(2), 245-257.
- **Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999).** Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237.
- **Ribéreau-Gayon J., Peynod E., Sudraud P., Ribéreau-Gayon P. (1982).** Science et technique du vin. Tome 1. Analyse et contrôle des vins. Ed Dunod. Paris.
- **Rira, M. (2006).** Effet des polyphénols et des tanins sur l'activité métabolique du microbiote ruminal d'ovins. Thèse de doctorat en : biochimie et microbiologie appliquées. Université Mentouri, Constantine. pp87.
- **Robbins, R. J. (2003).** Phenolic acids in foods: an overview of analytical methodology. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(10), 2866-2887.
- **Ruisi, P., Siragusa, M., Di Giorgio, G., Graziano, D., Amato, G., Carimi, F., & Giambalvo, D. (2011).** Pheno-morphological, agronomic and genetic diversity among

natural populations of sulla (*Hedysarum coronarium* L.) collected in Sicily, Italy. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 58(2), 245-257

– S –

- **Sajjad, S., Israr, B., Ali, F., Pasha, I., 2019.** Investigating the effect of phytochemicals rich watermelon seeds against hypertension. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 56(4), 1157-1164.
- **Samarth, R.M., Panwar, M., Kumar, M., Soni, A., Kumar, M., Kumar, A., 2008.** Analytical, Nutritional and Clinical Methods Evaluation of antioxidant and radical-scavenging activities of certain radioprotective plant extracts. *Food Chemistry* 106, 868–873.
- **Sangeeta, G. A. N., & Muzaffar, K. (2020).** Watermelon 17. Antioxidants in Fruits : Properties and Health Benefits, 333.
- **Sarni-Manchado, P., Cheynier, V., 2006.** Les polyphénols en agroalimentaires. Edition. Techniques et Documentation, Paris. 398 p.
- **Saxena, M., Saxena, J., Nema, R., Singh, D., & Gupta, A. (2013).** Phytochemistry of medicinal plants. *Journal of pharmacognosy and phytochemistry*, 1(6).168-182.
- **Sharma, B., Viswanath, G., Salunke, R., & Roy, P. (2008).** Effets de l'extrait riche en flavonoïdes des graines d'*Eugenia jambolana* (L.) sur le métabolisme des glucides et des lipides chez la souris diabétique. *Chimie alimentaire*, 110 (3), 697-705.
- **Sin, D.W., Wong, Y.C., Yao, W.Y., 2006.** Analysis of gamma- irradiated melon, pumpkin, and sunflower seeds by electron paramagnetic resonance spectroscopy and gas chromatography – mass spectrometry. *Journal of Agriculture Food Chemistry* 54(19), 7159-7166.
- **Sindhi, V., Gupta, V., Sharma, K., Bhatnagar, S., Kumari, R., & Dhaka, N. (2013).** Potential applications of antioxidants–A review. *Journal of pharmacy research*, 7(9), 828-835.
- **Škerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hraš, AR, Simonič, M., & Knez, (2005).** Phénols, proanthocyanidines, flavones et flavonols dans certaines matières végétales et leurs activités antioxydantes. *Chimie alimentaire*, 89 (2), 191-198.
- **Palma, P., Kuster, M., Alvarenga, P., Palma, VL, Fernandes, RM, Soares, AMVM, ... & Barbosa, IR (2009).** Évaluation des risques des pesticides représentatifs et prioritaires, dans les eaux de surface du réservoir d'Alqueva (Sud du

Portugal) en utilisant en ligne extraction en phase solide-chromatographie liquide-spectrométrie de masse en tandem. *Environnement International*, 35 (3), 545-551.

- **Southwell, R. J., & Crocker, G. J. (2005).** Hedysarum—a new susceptible host for *Phytophthora medicaginis*. *Australasian Plant Pathology*, 34(2), 265-267.
- **Stienezen, Marcia, GC Waghorn et GB Douglas. (1996).** Digestibilité et effets des tanins condensés sur la digestion du sulla (*Hedysarum coronarium*) lorsqu'il est administré aux moutons." 39 :2, 215-221.
- **Stoclet, J. C., & Schini-Kerth, V. (2011).** Flavonoïdes alimentaires et santé humaine. In *Annales pharmaceutiques françaises*. Elsevier Masson. (Vol. 69, No. 2, pp. 78-90)
- **Sulas, L. (2005).** The future role of forage legumes in the Mediterranean climatic areas. In: Reynolds SG, Frame J (eds) *Grasslands: Development, Opportunities, Perspectives*, FAO and Enfield NH: Science Publishers Inc, Rome. pp 29-54.

### —T—

- **Tabiri, B., Agbenorhevi, J.K., Wireko-Manu, F.D., Ompouma, E.I., 2016.** Watermelon Seeds as Food: Nutrient Composition Phytochemicals and Antioxidant Activity. *International Journal of Nutrition and Food Sciences* 5(2): 139-144.
- **Tava, A., Biazzi, E., Ronga, D., Mella, M., Doria, F., D'Addabbo, T., Candido, V., & Avato, P. (2021).** Identification chimique des métabolites spécialisés de Sylla (*Hedysarum coronarium* L.) collectés dans le sud de l'Italie. *Molécules*, 26 (15), 4606.
- **Tibaoui, G., Guesmi, S., Selmi, H., & Hannach, O. (2018).** Salinity influence on agro-physiological behavior of some varieties of sulla (*Hedysarum coronarium* et *Hedysarum carnosum*). *Journal of New Sciences*, 52, 3512-3517.

### —V—

- **Valko, M., Rhodes, C. J. B., Moncol, J., Izakovic, M. M., & Mazur, M. (2006).** Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-biological interactions*, 160(1), 1-40
- **Van Acker, S. A., van Balen, G. P., van den Berg, D. J., Bast, A., & van der Vijgh, W. J. (1998).** Influence of iron chelation on the antioxidant activity of flavonoids. *Biochemical pharmacology*, 56(8), 935-943.

- **Vincent, A.M., Russeli, J.W., Low, P., Feldnan, E.L., 2004.** Oxidative stress in the pathogenesis of Diabetic Neuropathy. Department of Neurology, Endocrine Reviews 25 (4), 612-628.
- **Vinhas, AS, Silva, CS, Matos, C., Moutinho, C., & Ferreira da Vinha, A. 2021.** Valorisation des sous-produits du fruit de la pastèque (*Citrullus lanatus*) : propriétés phytochimiques et biofonctionnelles en mettant l'accent sur les tendances et avancées récentes. *World Journal of Advance Healthcare Research*, 5 (1), 302-309.

### \_W\_

- **Wang, T. Y., Li, Q., & Bi, K. S. (2018).** Bioactive flavonoids in medicinal plants: Structure, activity and biological fate. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 13(1), 12-23.
- **Wani, A.A., Sogi, D.S., Singh, P., Wani, I.A., Shivhare, U.S. 2010.** Characterisation and functional properties of watermelon (*Citrulluslanatus*) seed proteins. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91, 113-121.
- **Wehner TC. 2008.** Watermelon. In: J Prohens, F Nuez, eds. Handbook of plant breeding, vegetables I. New York: Springer, 381–418.
- **Witherspoon, J. M. (1995).** Analysis of fresh and dried apricot In: H. Linskens and J. Jackson (eds) Modern methods of plant analysis.
- **Wollgast, J., & Anklam, E. (2000).** Review on polyphenols in Theobroma cacao: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International*, 33(6), 423-447.
- **Wolters, M., Hermann, S., Golf, S., Katz, N., & Hahn, A. (2006).** Selenium and antioxidant vitamin status of elderly German women. *European journal of clinical nutrition*, 60(1), 85-91.

### \_Y\_

- **Yue, T. L., Cheng, H. Y., Lysko, P. G., McKenna, P. J., Feuerstein, R., Gu, J. L., Lysko K A., Davis L. L & Feuerstein, G. (1992).** Carvedilol, a new vasodilator and beta adrenoceptor antagonist, is an antioxidant and free radical scavenger. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 263(1), 92-98

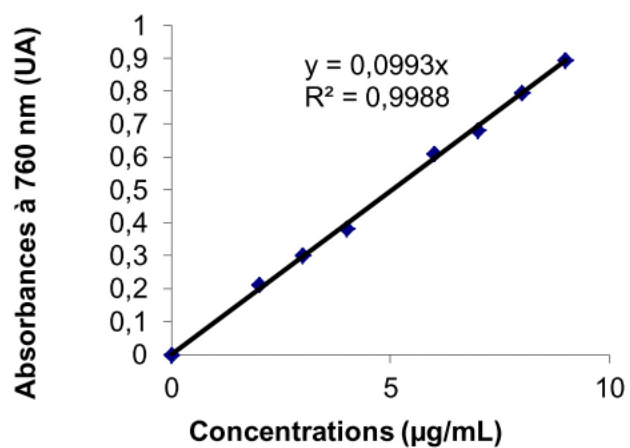
**\_ Z \_**

- **ZERGUI, F. Z. (2016).** *Contribution à l'étude phytochimique et possibilités de valorisation d'une espèce dunaire du littoral oranais *Matthiola sinuata* (L).* RBr. 1812 (Doctoral dissertation).

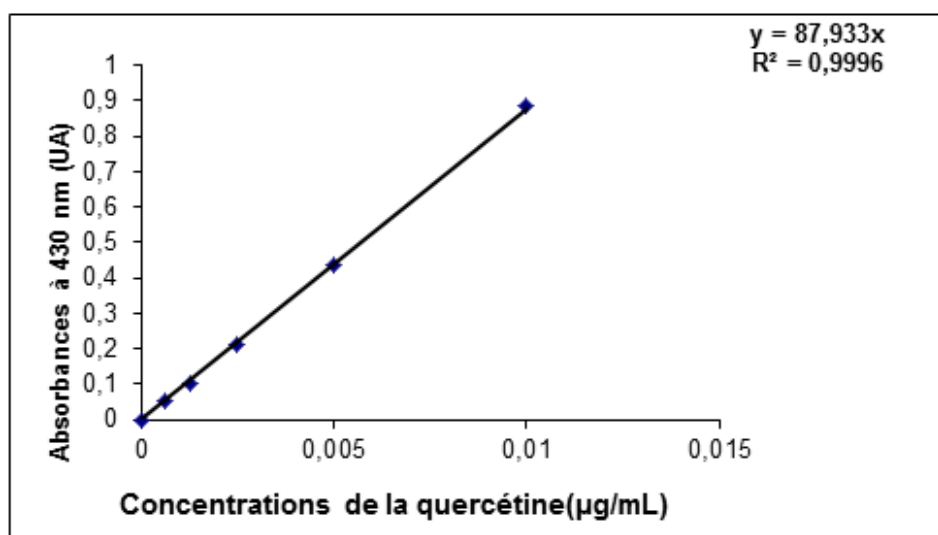


# Annexes

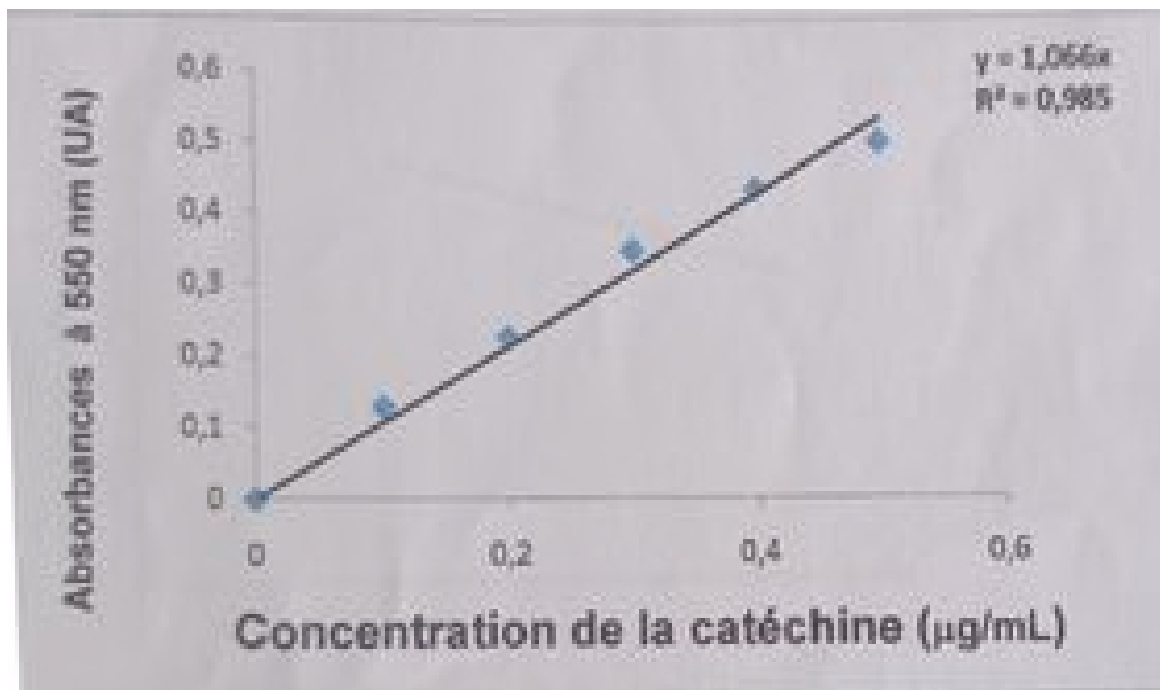
## ANNEXE



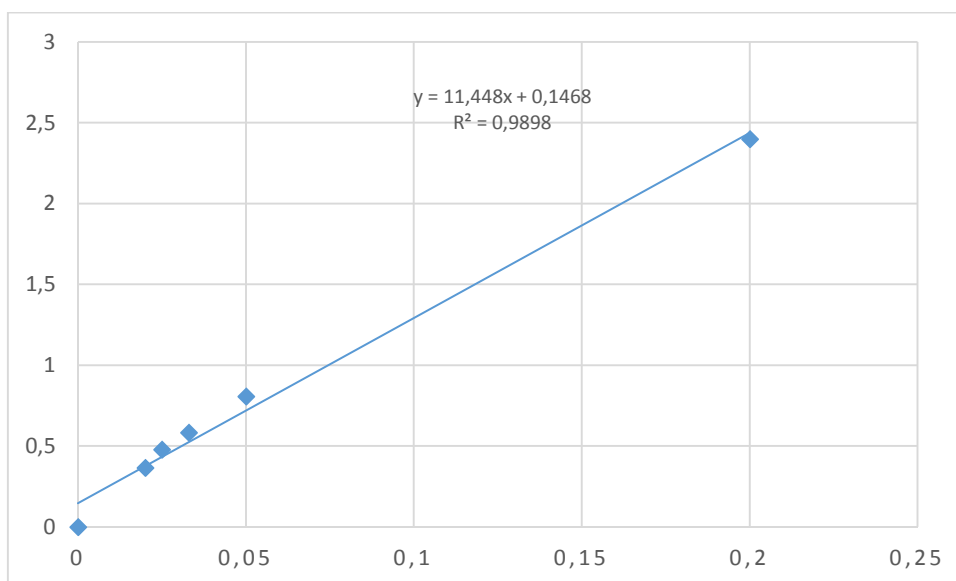
**Annexe I :** Courbes d'étalonnage des polyphénols totaux avec l'acide galliques



**Annexe II :** Courbe d'étalonnage des flavonoïdes avec la catéchine



**Annexe III :** Courbe d'étalonnage des proanthocyanidines



**Annexe IV:** courbe d'étalonnage de test de phosphomolybdate d'ammonium avec acide galliques

## Annexe V: Questionnaires de l'analyse sensorielles de flans

Age :

Date :

à :

Sexe : Féminin

Masculin

Dans le cadre d'une analyse sensorielle d'un flan enrichi, deux échantillons codés A et B vous sont présentés. Il vous est demandé d'évaluer différentes caractéristiques et attribuer une appréciation selon des codes donnés de 1 à 5.

### 1. La couleur jaune :

1 : très faible intense

2 : faible intense

3 : moyen intense

4 : fortement intense

5 : très fortement intense

Echantillon A	Echantillon B

### 2. Intensité de l'odeur (sans gouter)

1 : Absente

2 : faible

3 : moyenne

4 : forte

5 : très forte

Echantillon A	Echantillon B

### 3. Intensité de l'odeur (après avoir gouter)

1 : Absente

2 : faible

3 : moyenne

4 : forte

5 : très forte

Echantillon A	Echantillon B

### 4. sensation en bouche :

\* goût sucré :

1 : absent

2 : faible

Echantillon A	Echantillon B

3 : moyen

4 : fort

5 : très fort

\*Arrière-goût :

1 : absent

2 : faible

3 : moyen

4 : fort

5 : très fort

Echantillon A	Echantillon B

\*Texture en bouche :

1- texture :

1 : très granuleuse

2 : granuleuse

3 : moyenne (ni lisse- ni granuleuse)

4 : lisse

5 : très lisse

Echantillon A	Echantillon B

2- consistance :

1: trop mou

2: mou

3 : moyenne

4 : gélifiante

5 : très gélifiante

Echantillon A	Echantillon B

5- produit ajouté identifié

1 :absent

2: non identifié

3 : graine de caroube

4: graine de pastèque

5 : graine de nigelle

Echantillon A	Echantillon B

6- quantité du produit ajouté :

1 : absent

2 : faible

3 : moyen

4 : fort

5 : très fort

Echantillon A	Echantillon B

7-appréciation globale

Attribuer pour chaque flan une note entre 1 et 9, sachant que 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et 9 au plus préféré :

	Echantillon A	Echantillon B
Note		

## Annexe VI : Questionnaire d'Analyse Sensorielle de la galette

Age :

Date :

à :

Sexe : Féminin

Masculin

Dans l'optique de réaliser une caractérisation sensorielle des galettes enrichi, deux échantillons codés A et B vous sont présentés. Veuillez déguster les échantillons puis répondre aux questions suivantes :

**NB** : après chaque dégustation, veuillez-vous rincez la bouche avec un peu d'eau.

1-Couleur de la croute :

- Très irrégulière
- Irrégulière
- Moyenne (ni irrégulière\_ ni homogène)
- homogène
- Très homogène

Echantillon A	Echantillon B

2- couleur de l'intérieur :

- blanche
- beige
- jaune
- vert clair
- vert foncé

Echantillon A	Echantillon B

3- sensation en bouche :

A-intensité de l'odeur (sans gouter) :

- très faible
- faible
- moyenne
- forte
- très forte

Echantillon A	Echantillon B

B-intensité de l'odeur (après avoir gouter) :

-très faible

-faible

- moyenne

-forte

- très forte

Echantillon A	Echantillon B

C- arrière goût

-absent

- faible

-moyen

- fort

- très fort

Echantillon A	Echantillon B

4-texture :

- Très dure

- Dure

- Moyenne

- Tendre

- Très tendre

Echantillon A	Echantillon B

5- Appréciation globale :

Attribuez une note global allant de 1 à 9 pour chaque échantillon, sachant que 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et 9 à l'échantillon le plus préféré.

	Echantillon A	Echantillon B
Note		



## Résumé

Notre étude porte sur l'étude des composés phénoliques et l'activité antioxydante de deux plantes médicinales qui sont *Hedysarum coronarium* et les graines de *Citrullus lanatus* et leur incorporation dans deux aliments en l'occurrence : la galette et le flan, respectivement.. Dans ce travail, nous nous sommes intéressées aux analyses physico-chimiques et phyto-chimiques des graines de pastèques et de Sulla en étudiant les paramètres suivants : l'humidité (47,96 et 15,93%), taux de cendres (2,97 et 6,01%), teneur en polyphénols totaux (324 et 1078,67 mg EAG/100g), ABTS <sup>•+</sup> (IC50 2.04 et 3.135 mg/mL) respectivement. La préparation de la galette à base de Sulla et un flan aux graines de pastèque a été réalisée et examiné par un jury expert. L'étude physico-chimique et phyto-chimiques de la galette avec Sulla et du flan aux graines de pastèque ont montré les résultats suivants : l'humidité (7.353 et 72.77 %), cendres (1 et 0,98%), teneur en flavonoïdes (8.4 et 0,202 µg EQ/100 g de MS), test de phosphomolybdate (IC50 = 13,73 et 18 mg/mL) respectivement. L'analyse sensorielle des produits ont indiqué une préférence des galettes et du flan aux graines de pastèques (100%), moins que le flan témoin (80%).

**Mots-clés :** Plantes médicinales ; *Hedysarum coronarium* ; Graines de pastèques ; Activité antioxydante ; Composés phénoliques ; Qualité sensorielle ; Galette ; Flan.

## Abstract

Our study concerns the study of the phenolic compounds and the antioxidant activity of two medicinal plants which are *Hedysarum coronarium* and the seeds of *Citrullus lanatus* and their incorporation in two foods in this case: the pancake and the custard, respectively. In this work, we were interested in the physico-chemical and phyto-chemical analyzes of the seeds of watermelons and Sulla by studying the following parameters: moisture (47.96 and 15.93%), ash content (2.97 and 6.01%), total polyphenolic content (324 and 1078,67 mg GAE/100g), ABTS <sup>•+</sup> (IC50 = 2.04 and 3.135 mg/mL) respectively. The preparation of the pancake based on Sulla and a flan with watermelon seeds was carried out and examined by an expert jury. The physico-chemical and phyto-chemical study of the pancake with Sulla and of the watermelon seed flan showed the following results: moisture (7.353 and 72.77%), ash (1 and 0.98%), flavonoids content (8.4 and 0.202 µg QE/100 g DM), phosphomolybdate test (IC50 = 13.73 and 18 mg/mL) respectively. Sensory analysis of the products indicated a preference for the watermelon seed bread and flan (100%), less than the control flan (80%).

**Key-words:** Medicinal plant; Sulla; Watermelon seeds; Antioxidant activity; Phenolic compounds; Sensory quality; Bread; Flan.