

*République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

*Université Abderrahmane Mira de Bejaia  
Faculté de Technologie  
Département de Génie des Procédés*



## *Mémoire de Fin de Cycle*

*En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master*

*Filière: Génie des Procédés*

*Option: Génie Alimentaire*

## *Thème*

*Contribution à l'étude des propriétés physico-chimiques,  
microbiologiques, sensorielles et anti-oxydantes de la confiture  
de croûte de pastèque enrichie au miel*

**Présenté par:**

**M<sup>elle</sup> AMRIOUI Sonia**

**M<sup>elle</sup> BAHRI Aicha**

**Devant le jury:**

**Président: M<sup>r</sup> MOKRANIA. (MCA)**

**Examinatrice: M<sup>me</sup> BEYZ. (MAA)**

**Promotrice: M<sup>me</sup> ARKOUB L. (MCB)**

*Année Universitaire: 2020/2021*

## **Remerciements**

*Avant toute chose, Nous commençons par remercier le bon Dieu tout puissant de nous avoir donné la force, la volonté et la patience afin de réaliser ce modeste travail.*

*Nos vifs remerciements s'adressent tout d'abord à notre promotrice Mme Arkoub-Djermoune L. pour la confiance qu'elle nous a accordé en acceptant de diriger ce travail, pour son écoute et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire ainsi que pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'elle a bien voulu nous consacrer.*

*Nos vifs remerciements s'adressent à Mr MOKRANI Abderahmane, président de jury, qui nous a fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance.*

*Nos vifs remerciements s'adressent à Mme BEY Zakia, membre de jury, qui nous a fait l'honneur d'examiner notre travail.*

*Nous remercions également tous nos enseignants du département de Génie des procédés, pour la qualité de leur enseignement et pour leurs efforts afin d'assurer à leurs étudiants une formation actualisée.*

*Nous remercions le personnel du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Bejaia, en particulier le personnel du laboratoire microbiologie pour leur accueil et leur aide.*

*Nous remercions l'ensemble du personnel des laboratoires pédagogiques de la faculté de technologie, en particulier Mme Bradai, pour leur accueil, disponibilité et aide.*

*Nos remerciements s'adressent également au personnel du laboratoire d'analyse sensorielle de la faculté sciences de la nature et de la vie pour leur accueil, disponibilité et aide.*

*Nos grands remerciements s'adressent à nos familles pour leurs soutiens tout au long de notre cursus et pendant la réalisation de ce travail, sans leurs apports financiers ce travail n'aurait pas vu le jour.*

*Enfin, nous tenons à remercier sincèrement toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

# Dédicaces

*Je tiens à dédier ce modeste travail à ma chère mère Dalila qui était toujours présente à mes côtés, à m'écouter, me soutenir, à veillez sur moi et surtout à m'encourager, je ne saurais point te remercier comme il se doit, tu es ma source de force.*

*A l'homme, ma précieuse offre du Dieu, a qui je dois ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père Bachir.*

*A mes très chers frères et sœurs : Koussaila, Hamza, Chanese et Chaimaqui m'ont soutenu tout au long de mon parcours, qui n'ont cessé d'être pour moi un exemple de persévérance, de courage et de générosité qui m'ont montré la fraternité au sens propre du terme.*

*A mes grands-parents, que Dieu les garde en bonne santé.*

*A tous les membres de ma famille.*

*A ma très chère tante Rania pour son soutien, sa patience et surtout pour son amour, qui m'a toujours encouragé et souhaité la réussite.*

*A mes amis Walid, Siham, Rabiha, Leila.*

*A tous les membres de groupe bénévole  
Elbaraka*

*A mon binôme Aicha.*

**Sonia**

# *Dédicaces*

*Avec l'aide de Dieu le tout puissant, j'ai pu achever ce modeste travail que je dédie :*

*A mes très chers parents pour leurs dévouements, leurs amours, leurs sacrifices et leurs encouragements. Que ce travail soit, pour eux, un faible témoignage de ma profonde affection et tendresse.*

*A ma très chère sœur Razika et sa fille yasmine*

*A mon très cher frère Abaderazek*

*A ma grand-mère et toute ma famille*

*A ma chère amie Widad*

*A mon binôme Sonia*

*A tous mes collègues de la  
promotion « GA 2020-2021 ».*

*Aicha*

## *Liste des abréviations*

**Abs:** Absorbance

**AFNOR:** Association Française de Normalisation

**ANOVA:** Analysis Of Variance (Analyse de la variance)

**DCPIP:** 2,6 Dichlorophenol-Indophénol

**DGCERF:** Direction Générale de Contrôle Economique et Répression des Fraudes

**DPPH:** 2, 2-Diphényl-1-Picrylhydrazyl

**EAA:** Equivalent Acide Ascorbique

**EAG:** Equivalant Acide Gallique

**EL:** Equivalent Lycopène

**EQ:** Equivalent Quercétine

**EBC:** Equivalent  $\beta$ -Carotène

**HPLC:** Chromatographie Liquide à Haute Performance

**IBNE:** Indice de Brunissement Non Enzymatique

**ROS:** Reactive oxygen species

## Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Système racinaire de la pastèque	4
<b>2</b>	Tige de pastèque	5
<b>3</b>	Feuille de pastèque	5
<b>4</b>	Fleur de pastèque	6
<b>5</b>	Fruit de pastèque	6
<b>6</b>	Graines de pastèque	6
<b>7</b>	Variétés de pastèque et apparence physique	8
<b>8</b>	Structure chimique du lycopène	11
<b>9</b>	Structure chimique du $\beta$ -carotène	12
<b>10</b>	Croûte de pastèque	15
<b>11</b>	Huile de graines de pastèque	17
<b>12</b>	Photographie du fruit de pastèque	20
<b>13</b>	Photographie du miel pur	20
<b>14</b>	Photographie du fruit et de la croûte de pastèque	21
<b>15</b>	Confiture de croûte de pastèque élaborée par les formulations 1, 2, 3 et 4	21
<b>16</b>	Photographie des différentes étapes de préparation de la confiture	22
<b>17</b>	Diagramme de fabrication de la confiture	23
<b>18</b>	Teneurs en polyphénols des extraits de confitures élaborées	41
<b>19</b>	Teneurs en flavonoïdes des extraits de confitures élaborées	42
<b>20</b>	Teneurs en flavonols des extraits de confitures élaborées	43
<b>21</b>	Teneurs en vitamine C des confitures élaborées	44
<b>22</b>	Teneurs en Caroténoïdes et lycopène des confitures élaborées	46
<b>23</b>	Pouvoir réducteur des confitures élaborées	47
<b>24</b>	Activité antiradicalaire des extraits de confitures élaborées	49
<b>25</b>	Pouvoir discriminant par descripteur	50
<b>26</b>	Coefficients modèles des confitures élaborées	51
<b>27</b>	Corrélations entre les variables et les facteurs	53
<b>28</b>	Profil des classes créées	55
<b>29</b>	Courbes de niveau et carte des préférences	55

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>I</b>	Classification de la pastèque	3
<b>II</b>	Composition nutritionnelle d'une portion comestible de la pastèque	9
<b>III</b>	Analyses microbiologiques	33
<b>IV</b>	Résultats des paramètres physico-chimiques	34
<b>V</b>	Pouvoir réducteur et les $CR_{0,5}$ des différents extraits de confitures élaborées.	47
<b>VI</b>	Activité antiradicalaire (DPPH) et les $IC_{50}$ des différents extraits de confitures élaborées	49
<b>VII</b>	Résultats des analyses microbiologiques	50
<b>VIII</b>	Moyennes ajustées par produit	52
<b>IX</b>	Pourcentage de juges satisfaits pour chaque produit	55

# SOMMAIRE

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

<b>Introduction</b> .....	1
<i>Synthèse bibliographique</i>	
<b>I. Généralité sur pastèque</b>	
I.1. Description botanique et classification.....	3
I.2. Origine de la pastèque.....	3
I.3. Taxonomie .....	4
I.4. Morphologie .....	4
I.4.1. Racines .....	4
I.4.2. Tiges.....	5
I.4.3. Feuilles .....	5
I.4.4. Fleurs .....	5
I.4.5. Fruits .....	6
I.4.6. Graines .....	6
I.5. Variétés de pastèque.....	7
I.6. Composition et valeur nutritionnelle .....	8
I.7. Antioxydants de la pastèque.....	10
I.7.1. Composés phénoliques .....	10
I.7.2. Caroténoïdes .....	10
I.7.2.1. Lycopéne.....	11
I.7.2.2. $\beta$ -Carotène.....	12
I.7.3. Vitamine C .....	13
<b>II. Valorisation de la pastèque</b>	
II.1. Confiture de pastèque.....	14
II.2. Jus de pastèque .....	16
II.3. Yaourt à la pastèque .....	16
II.4. Poudre de pastèque .....	17
II.5. Huile de graines de pastèque.....	17
II.6. Alimentation infantile .....	18
II.7. Vin de pastèque .....	18

II.8. Agent anti-staling et additif de cuisson.....	18
II.9. Autres utilisations.....	19

*Partie expérimentale*

*III. Matériel et méthodes*

III.1. Matériel végétal .....	20
III.2. Miel.....	20
III.3. Elaboration de la confiture de croûte de pastèque .....	21
III.4. Détermination des propriétés physico-chimiques.....	25
III.4.1. pH .....	25
III.4.2. Acidité titrable .....	25
III.4.3. Teneur en eau (humidité) .....	25
III.4.4. Conductivité .....	26
III.4.5. Teneur en cendres .....	26
III.4.6. Degré Brix .....	27
III. 4.7. Dosage des sucres .....	27
III.4.7.1. Dosage des sucres totaux .....	27
III.4.7.2. Dosage des sucres réducteurs.....	27
III.4.7.3. Dosage des sucres non réducteurs (saccharose).....	28
III.4.8. Degré de brunissement non enzymatique .....	28
III. 4.9. Indice de couleur .....	28
III.4.10. Mise en évidence de la présence de pectines .....	28
III.5. Extraction et dosage des antioxydants .....	29
III.5.1. Composés phénoliques .....	29
III.5.1.1. Extraction .....	29
III.5.1.2. Dosages des polyphénols totaux.....	29
III.5.1.3. Dosage des flavonoïdes.....	29
III.5.1.4. Dosage des flavonols.....	29
III.5.2. Extraction et dosage de la vitamine C .....	30
III.5.3. Extraction et dosage des caroténoïdes .....	30
III.5.3.1. Extraction.....	30
III.5.3.2. Dosage des caroténoïdes totaux.....	30
III.5.3.3. Dosage du lycopène.....	30
III.6. Evaluation du pouvoir antioxydant.....	30
III.6.1. Détermination du pouvoir réducteur.....	30

III.6.2. Inhibition du radical DPPH° .....	31
III.7. Analyses sensorielles de la confiture .....	31
III.7.1. Objectif d'une analyse sensorielle .....	32
III.7.2. Présentation des échantillons et déroulement de l'épreuve .....	32
III.7.3. Réalisation d'un panel de dégustation de la confiture .....	32
III.7.4. Recueil des résultats .....	33
III.8. Analyse microbiologique de la confiture.....	33
III.9. Analyse statistique.....	33
<b><i>IV. Résultats et discussion</i></b>	
IV.1. Paramètres physico-chimiques .....	34
IV.1.1. pH .....	34
IV.1.2. Acidité titrable .....	35
IV.1.3. Teneur en eau .....	35
IV.1.4. Matière sèche .....	36
IV.1.5. Conductivité .....	36
IV.1.6. Taux de cendres .....	37
IV.1.7. Matière organique .....	37
IV.1.8. Degré Brix .....	37
IV.1.9. Teneur en sucres totaux, réducteurs et non réducteurs.....	38
IV.1.10. Indice de couleur .....	39
IV.1.11. Indice de brunissement non enzymatique (IBNE) .....	39
IV.1.12. Pectine .....	40
IV.2. Les antioxydants .....	40
IV.2.1. Composés phénoliques.....	40
IV.2.2. Flavonoïdes.....	41
IV.2.3. Flavonols.....	43
IV.2.4. Vitamine C.....	43
IV.2.5. Caroténoïdes.....	45
IV.2.6. Lycopène .....	46
IV.3. L'activité antioxydant.....	46
IV.3.1. Pouvoir réducteur.....	46
IV.3.2. Inhibition du radical DPPH°.....	48
IV.4. Analyse microbiologique.....	50
IV.5. Analyse sensorielle .....	50

IV.5.1. Caractérisation des produits.....	50
IV.5.1.1. Pouvoir discriminant par descripteur.....	50
IV.5.1.2. Coefficient des modèles.....	51
IV.5.2. Cartographie externe de préférence (PREFMAP).....	53
IV.5. 2.1. Analyse en composantes principales (ACP).....	53
IV.5.2.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH).....	54
IV.5.2.3. Test de préférence.....	55
<b>Conclusion</b> .....	56
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexes</b>	
<b>Résumé</b>	

# *Introduction*

Les *Cucurbitaceae* est une grande famille de plantes composée de 120 genres et d'environ 825 espèces généralement réparties dans les pays tropicaux, mal représentés dans les régions tempérées. Les cultures végétales de cette famille sont importantes dans l'horticulture, principalement cultivées pour leurs fruits sucrés et juteux dans des climats chauds partout dans le monde. Elles sont une source importante de nutriments, comme la citrouille (*Cucurbita pepo*), le melon (*Cucumis melo*), le concombre (*Cucumis sativa*) et la pastèque (*Citrullus lanatus*). Cette dernière est l'une des espèces les plus populaires, avec une teneur élevée en eau, trouve dans la plupart des régions de l'Afrique, l'Asie, les États-Unis et la Russie (Seidu *et al.*, 2016). Il s'agit d'une importante culture, principalement récoltée pour les concentrés de jus, étant une excellente source de vitamines, telles que la vitamine A et C (Mehra *et al.*, 2015). La biomasse de pastèque peut être classée en trois composants principaux, à savoir la chair, les graines et l'écorce. La chair contribue à environ 40 % du poids total, l'écorce et les graines représentent environ 60 % du total des fruits de la pastèque, ce qui est un énorme déchet agricole par rapport à d'autres pelures de fruits similaires telles que le melon (40 %), la citrouille (45 %), pomme amère (30 %), melon musqué (35 %) et papaye (47 %)(Chakrabarty *et al.*, 2020;Hasanin & Hashem, 2020;Zamuz *et al.*, 2021).

La pastèque (*Citrullus lanatus*) appartient genre de *Citrullus*, qui se classe parmi les dix premiers fruits à importance économique parmi les cultures végétales dans le monde (Schaffer *et al.*, 2003;Tița & Statti, 2020). Selon Gusmini & Wehner (2007), le melon d'eau a été témoigné pour améliorer le rendement, la qualité et la résistance aux maladies, pour diversifier le type de fruits et de plantes afin de s'adapter à diverses zones de production à travers le monde. La pastèque peut avoir des fruits de différentes tailles, formes, motifs de croûte et couleurs de chair (Choo & Sin, 2012). La consommation des fruits de pastèque durant les périodes chaudes d'été est une pratique courante qui a été observée à travers le monde; toutefois, pour accroître l'utilisation et la disponibilité tout au long de l'année, elle est transformée en variété de produits commerciaux (confiture, jus... etc).

Ces dernières années, avec l'augmentation rapide des maladies cardiovasculaires, les consommateurs soucieux de leur santé manifestent de plus en plus d'intérêt pour les aliments qui procurent des bienfaits pour la santé au-delà de la fourniture de nutriments essentiels. La pastèque et ses sous-produits sont une source importante de composés bioactifs tels que le lycopène, la vitamine C, le  $\beta$ -carotène et les polyphénols qui possèdent des propriétés anti-inflammatoires, anticancéreuses et antioxydantes (Ajiboye *et al.*,

2020;Makaepaet *al.*, 2019;Tița & Statti, 2020;Zia *et al.*, 2021). L'apport alimentaire de ces produits avec des propriétés antioxydantes est important dans le maintien de la santé humaine et le bien être. Ceux-ci réduisent l'incidence des maladies chroniques telles que l'hypertension, le diabète, le cancer et quelques maladies cardiaques coronaires, en inhibant la formation des radicaux libres et des espèces réactives d'oxygène(Zamuz *et al.*, 2021). L'utilisation des déchets de fruits et légumes est récemment devenue plus populaire pour être étudiée en tenant compte du fait que ces résidus sont l'une des sources importantes de polyphénols. Les chercheurs s'intéressent à l'étude des résidus car les résidus agricoles et industriels sont une source attrayante d'antioxydants et de fibres alimentaires en plus de réduire la pollution de l'environnement (Ibrahimet *al.*, 2017). Les confitures les plus connues sont celles d'abricot, de pomme, de fraise et de poire mais à nos connaissances peu d'étudeont été faite sur la confiture de croûte de pastèque.

L'objectif principal du présent travail est d'élaborer une recette appropriée pour la transformation de la croûte de pastèque en confiture avec ou sans adjonction du miel, en valorisant ce déchet qui est en production saisonnière très limitée, ce qui va lui apporter une valeur ajoutée. Ainsi, la présente étude à pour objectifs :

- ✓ Transformation d'un déchet du fruit de pastèque (croûte)à un autre produit(confiture) dans le but de le valoriser et d'exploiter les sous-produits de nos ressources agricoles;
- ✓ Détermination des qualités physico-chimiques, organoleptiques, microbiologiques des produits élaborés;
- ✓ Détermination du contenu en certaines substances bioactives;
- ✓ Détermination du pouvoir antioxydant des confitures élaborées.

*Synthèse*  
*Bibliographique*

## I. Généralités sur pastèque

### I.1. Description botanique et classification

La pastèque (*Citrullus lanatus*) est une plante herbacée annuelle de la famille des *Cucurbitacées* (Tableau I). Le genre *Citrullus* a été étudié sur le plan taxonomique et divisé en quatre espèces: *Citrullus lanatus* (*C. vulgaris*) qui est la pastèque cultivée et ses trois espèces apparentées: *C. ecirrhosus*, *C. colocynthis* et *C. rehmii* (Wehner, 2008).

Le fruit de la pastèque est une baie particulière, de forme sphérique, plus ou moins oblongue son diamètre varie de 30 à 60 cm et l'écorce de 10 à 40 mm d'épaisseur. Ce fruit, de couleur vert foncé souvent marbrée de blanc, dont la chair est rouge, jaune, verdâtre ou blanche et à graines noires ou rouges, pèse le plus souvent entre 4 à 16 kg, mais des fruits de 120 kg ont été enregistrés. Ses tiges sont rampantes minces, poilus angulaires et peuvent atteindre trois mètres de long. Les feuilles de forme généralement triangulaire sont très découpées, avec des lobes arrondis, profondément incisés, mais aux sinus également arrondis. Certaines feuilles sont transformées en vrilles permettant à la plante de s'accrocher et de grimper sur des supports variés. Cette plante monoïque possède de petites fleurs à corole jaune pâle. Les racines sont étendues, mais peu profondes, avec une racine pivotante et de nombreuses racines latérales.

**Tableau I** : Classification de la pastèque (Maxtum & Nakai, 1916).

<b>Règne</b>	<i>Plantae</i>
<b>Sous-règne</b>	<i>Tracheobionta</i>
<b>Division</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Classe</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Sous-classe</b>	<i>Dilleniidae</i>
<b>Ordre</b>	<i>Violales</i>
<b>Famille</b>	<i>Cucurbitaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Citrullus</i>

### I.2. Origine de la pastèque

La pastèque (*Citrullus lanatus*) appartient à la famille *Cucurbitaceae* qui est originaire d'Afrique du sud. Les indigènes de la région désertique du Kalahari connaissaient des formes sucrés et amers poussant dans toute la région, ce qui est considéré comme une preuve que l'espèce est indigène en Afrique tropicale, plus précisément dans les parties sud de l'Afrique. L'Afrique australe est un centre principal de diversité, avec

des parents sauvages trouvés en Afrique de l'ouest. La Chine et l'Inde considérés comme des centres secondaires de la diversité puisque la diversité des espèces se trouve dans les zones du Moyen-Orient et de la Méditerranée (Pitrat & Foury, 2003). Bien que *Citrullus colocynthis* est souvent considérée comme un ancêtre non digestifié de la pastèque et qu'il soit maintenant originaire d'Afrique du Nord et de l'Ouest, suggèrent sur la base d'enquêtes sur l'ADN chloroplastiques, que la pastèque cultivée et non digestifiée semble avoir divergé indépendamment d'un ancêtre commun, très probablement de *Citrullus ecirrhosus* de Namibie. Il existe des preuves suffisantes pour confirmer que la pastèque peut être originaire d'Afrique tropicale (Islam, 2017).

### I.3. Taxonomie

Le genre *Citrullus* a été étudié sur le plan taxonomique et divisé en quatre espèces: *Citrullus lanatus* qui est la pastèque cultivée et ses trois espèces apparentées: *C. ecirrhosus*, *C. colocynthis* et *C. rehmii*. La pastèque dans le sens botanique n'est pas un fruit, mais un légume. D'autres spécialistes l'appelleront « légume fruit » (Pitrat & Foury, 2003).

### I.4. Morphologie

#### I.4.1. Racines

Selon l'importance de la racine principale par rapport aux ramifications, la pastèque possède des racines pivotantes (racine principale et racines secondaires) et elles sont étendues, mais peu profonde (Figure 1). La racine principale a une longueur et un diamètre plus importants que les ramifications, il est caractéristique des Angiospermes dicotylédones (Wehner, 2008).



**Figure 1:** Système racinaire de pastèque (Wehner, 2008).

#### **I.4.2. Tiges**

La pastèque se présente sous la forme d'une plante à tiges rampantes éminces ou grimpantes, poilues angulaires et peuvent atteindre trois mètres de long (Figure 2) et qui s'accroche par des vrilles à l'aisselle des feuilles, elle produit de grosses feuilles nervurées et des fleurs (Pitrat & Foury, 2003).



**Figure 2:** Tige de pastèque (Nicole & François, 2013).

#### **I.4.3. Feuilles**

Les feuilles sont s'ansières sur la tige principale, de forme généralement triangulaire, sont très découpées, avec des lobes arrondis, profondément incisés, mais aux sinus également arrondis (Figure 3). Certaines sont transformées en vrilles permettant à la plante de s'accrocher et de grimper sur des supports variés. Elles sont pétiolées alternées lobulaires, les nervures principales de la structure foliaire se distribuent du point d'union entre la lame et le pétiole, les ramifications secondaires s'insèrent sur les ailes de chaque feuille, ces caractéristiques acquièrent à la plante une certaine résistance à la chaleur et à la sécheresse (Fraser, 2004).



**Figure 3:** Feuille de pastèque (Erhirhie & Ekene, 2013).

#### **I.4.4. Fleurs**

Les fleurs apparaissent à l'aisselle des feuilles, à corole jaune pâle sont comme sur la plupart des cucurbitacées soit mâles ou femelles, mais toutes sont présentes sur le même pied (plante monoïque) et la fécondation est entomophile (Figure 4) (Wehner, 2008).



**Figure 4:** Fleur de pastèque (Wehner, 2008).

#### I.4.5. Fruits

Le fruit de pastèque est une baie particulière de forme sphérique plus ou moins oblongée, son diamètre varie de 30 à 60 Cm et l'écorce de 10 à 40 mm d'épaisseur (Figure 5). Ce fruit est de couleur verte foncée souvent marbrée de blanc, dont la chair est rouge, jaune, verdâtre ou blanche, mais toujours homogène jusqu'au centre où sont dispersées les graines noires ou rouges (Pitrat & Foury, 2003).



**Figure 5:** Fruit de pastèque (Nicole & François, 2013).

#### I.4.6. Graines

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



**Figure 6:** Graines de pastèque (Nicole & François, 2013).

### **I.5. Variétés de pastèque**

Il existe près de 1200 variétés de pastèque déclarées dans différentes tailles. La pastèque a également une diversité dans les couleurs de la chair: rouge, jaune, orange ou blanc (Erhirhie & Ekene, 2013). Certaines variétés communes et leur apparence sont décrites dans la figure 7 (Ramadan, 2019).

➤ **Croix de Caroline:** cette variété produit des melons de poids plus élevé pesant environ 119 kg avec une peau verte et une chair rouge. Il faut environ 90 jours de la plantation à la récolte (Erhirhie & Ekene, 2013).

➤ **Yellow Crimson:** la pastèque de cette variété a la chair de couleur jaune. Ce type particulier de pastèque est plus doux et parfumé au miel que d'autres pastèques à chair rouge (Ahmad, 2017).

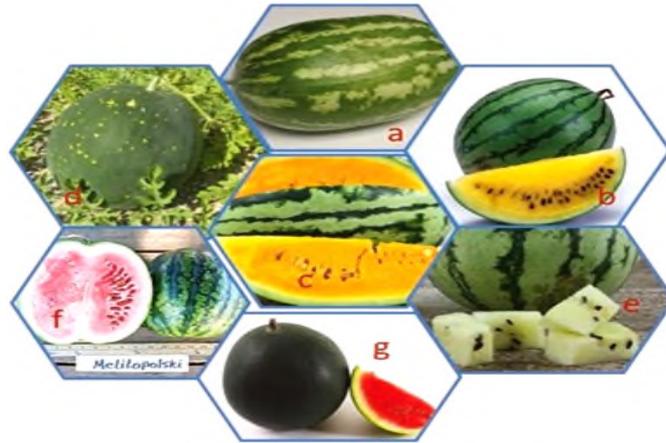
➤ **Orangeglo:** possède une pulpe orange douce pesant environ 9 kg. Il a une croûte vert clair avec des rayures verdâtres foncées. Il faut près de 90 à 100 jours de la plantation à la récolte.

➤ **Lune et étoiles:** est considérée comme une classe d'orangeglo et découverte depuis 1926. Elle a beaucoup de petits cercles jaunes avec la croûte pourpre-noire ayant le poids 9-23 kg, une chair de couleur rose ou rouge et les graines brunes (Ahmad, 2017).

➤ **Crème de la Saskatchewan:** se compose de petits fruits ronds d'environ 25 Cm de diamètre. Il a un vert clair assez mince avec une croûte rayée vert foncé, avec une chair blanche douce et des graines noires. Il peut bien se développer dans les climats froids. Ces pastèques prennent 80 à 85 jours de la plantation à la récolte (Ahmad, 2017).

➤ **Melitopolski:** c'est des petits fruits ronds d'environ 28-30 Cm de diamètre. Il s'agit d'une variété de maturation précoce qui provient de la Volga, une région de la Russie. Elle prend environ 95 jours de la plantation à la récolte (Ahmad, 2017).

➤ **Densuke:** c'est une variété à fruits ronds pesant jusqu'à 11 kg. Il a une croûte noire qui est spot libre même n'ont pas de rayures sur la surface. Il ne peut pousser que sur l'île d'Hokkaido, au Japon, où jusqu'à 10 000 pastèques sont produites chaque année. En Juin 2008, l'un des premiers melons récoltés est vendu à une vente aux enchères pour 6300 Dollars faisant la pastèque la plus chère jamais vendue. Le prix de vente moyen de cette variété est généralement d'environ 250 Dollars (Vohra & Kaur, 2011).



**Figure 7:** Variétés de pastèque et apparence physique (Ramadan, 2019).  
(a) *Croix de Caroline*; (b) *Pourpre jaune*; (c) *Orange glo* ; (d) *Orange glo* ; (e) *Saskatchewan*; (f) *Melitopolski* et (g) *Densuke*.

### I.6. Composition et valeur nutritionnelle

La pastèque (*Citrullus lanatus*) est un fruit très riche en eau (Tableau II). Elle apporte un large éventail de vitamines (A, C, K, B<sub>6</sub>) avec des propriétés hydratantes, mais faible en matières grasses et ne contient pas de cholestérol. C'est une source également d'énergie, de protéines, de glucides et de minéraux (Ca, Fe, Mg, P, K, Na et Zn) (USDA, 2002). En outre, elle est également une source naturelle de lycopène un caroténoïde de grand intérêt en raison de sa capacité antioxydante et ses avantages potentiels pour la santé (Rhodes & Zhang, 2000).

Chaque composant du fruit de la pastèque a une valeur nutritive, y compris la croûte et les graines. Les graines étant une excellente source d'énergie et ne contiennent pas d'acide hydrocyanique, ce qui les rendent appropriées comme nourriture du bétail. L'huile de graines contient des glycosides, des acides linoléiques, oléiques, palmitiques et stéariques et la croûte de fruit contient des cucurbitacines amères. La façon la plus courante de consommer la pastèque, c'est la consommation de la chair rose ou jaune à l'état crue. Cependant, il existe d'autres manières communes de consommation de la pastèque incluant: les cornichons de croûte de pastèque, pastèque frite, gâteau de pastèque et limonade de pastèque.

Les jeunes feuilles tendres et les fruits sont cuits comme des légumes verts, tandis que la chair du fruit peut être bouillie avec la farine de maïs. C'est aussi un aliment précieux, surtout en période de sécheresse. Les fruits évidés peuvent être utilisés comme récipient pour la cuisson ou le stockage des baies. La pulpe et les graines sont préparées de différentes façons pour la consommation (Globinmed, 2010).

**Tableau II:** Composition nutritionnelle d'une portion comestible de la pastèque (Innocent & Matenda, 2018; Rhodes & Zhang, 2000).

<b>Nutriments</b>	<b>Unité</b>	<b>Valeur par 100 g</b>
<b>Valeur approximative</b>		
Eau	g	91,45
Energie	kcal	30
Protéines	g	0,61
Lipides totaux	g	0,15
Glucides	g	7,55
Fibres	g	0,4
Sucres toraux	g	6,2
<b>Minéraux</b>		
Calcium (Ca)	mg	7
Fer (Fe)	mg	0,24
Magnésium (Mg)	mg	10
Phosphore (P)	mg	11
Potassium (K)	mg	112
Sodium (Na)	mg	1
Zinc (Zn)	mg	0,1
<b>Vitamines</b>		
Vitamine C	mg	8,1
Thiamine	mg	0,033
Riboflavine	mg	0,021
Niacine	mg	0,178
Vitamine B <sub>6</sub>	mg	0,045
Folate	mg	3
Vitamine A	µg	28
Vitamine A	UI	569
Vitamine E	mg	0,05
Vitamine K	µg	0,01
<b>Lipides</b>		
Acides gras saturés totaux	g	0,016
Acides gras monoinsaturés	g	0,037
Acides gras polyinsaturés	g	0,05

Les graines brunes plates ont une valeur alimentaire beaucoup plus élevée que la chair et elles ont un goût de noisette agréable. Des quantités importantes de vitamine C, de minéraux, de graisse, d'amidon et de riboflavine ont été détectées. Elles peuvent être séchées, rôtis et consommés en tant que tels ou moulus en farine pour faire du pain. Elles contiennent un pourcentage élevé d'huile qui est semblable à l'huile de graines de citrouille et peut être utilisé dans la cuisine (Globinmed, 2010).

## **I.7. Antioxydants de la pastèque**

### **1.7.1. Composés phénoliques**

Les polyphénols constituent une famille de molécules organiques largement présente dans le règne végétal. Ils sont communément appelés composés polyphénoliques, définis comme des produits chimiques organiques de classe structurale caractérisées par la présence de grands multiples d'unités structurales de phénol, y compris les acides phénoliques, les flavonoïdes, les stilbenes et les lignans. Ils contiennent au moins deux groupes d'hydroxyle attachés à un anneau aromatique qui est dû à la présence du groupe -OH (Abourashed, 2013).

Les polyphénols sont les antioxydants les plus dominants dans un régime dérivé des fruits et légumes. La pastèque en particulier est connue par sa richesse en composés bioactifs tels que la cucurbitacine, la citrulline, les triterpènes, les stérols et les alcaloïdes (Yuan, *et al.*, 2006; Zamuz *et al.*, 2021). Il s'agit d'une source peu coûteuse et nutritive qui est facilement accessible à tous les groupes socio-économiques par tout dans le monde tout au long de la saison estivale (Dermesonlouoglou *et al.*, 2007). Choudhary *et al.* (2013) ont noté dans leurs études sur quelques variétés que la pastèque est une source de polyphénols (16,77 à 21,41 mg/g), de flavonoïdes (55,60 à 100,93 mg/100g) et de tannins (35,07 à 60,83 mg/100g). En outre, Tlili *et al.* (2011) ont enregistré dans quelques variétés que les teneurs en polyphénols varient de 137,2 à 260,2 mg EAG/kg de matière fraîche alors que les taux de flavonoïdes oscillent entre 193,1 à 260,0 mg RE/kg de matière fraîche. De même, Tlili *et al.* (2010) ont noté que le taux de polyphénols et de flavonoïdes varient entre 89,76 mg GAE/kg à 127,26 mg EAG/kg et 104,71 à 197,42 mg ER/kg, respectivement. En outre, les taux de polyphénols enregistrés dans le jus de pastèque frais varient de 16,94 à 20,23 mg EAG/100 mL (Feng *et al.*, 2013). De plus en plus de preuves scientifiques ont suggéré qu'en raison de leurs propriétés anti-oxydantes, la consommation quotidienne d'aliments et de boissons riches en polyphénols induit des effets positifs sur la santé humaine, ce qui entraîne des activités biologiques spécifiques affectant l'expression des gènes, la signalisation cellulaire et l'adhérence. Ils ont la capacité limité la formation de ROS dans un corps humain (Choudhary *et al.*, 2013; Ibrahim, 2017; Zia *et al.*, 2021).

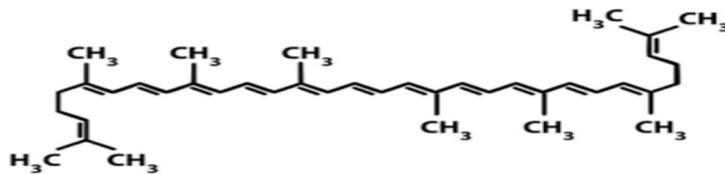
### **1.7.2. Caroténoïdes**

Les caroténoïdes sont des pigments naturels synthétisés par les végétaux et sont responsable de couleurs vives de divers fruits et légumes. Le  $\beta$ -carotène et le lycopène sont les caroténoïdes les plus abondants dans la pastèque permettant de neutraliser l'oxygène

singulier. Le  $\beta$ -carotène qui agit comme un antioxydant et un précurseur de la vitamine A (Makaepeaet *al.*, 2019).

### **I.7.2.1. Lycopène**

Le lycopène est un caroténoïde liposoluble présent dans la pulpe de pastèque, avec le plus haut degré d'insaturation. Il s'agit d'un hydrocarbure à chaîne droite avec 11 doubles liaisons, dont 11 sont conjuguées (Figure 8)(Naz, 2014; Soteriou, 2014). Il est disponible en configuration *Trans* à partir de sources naturelles tandis que dans un plasma humain, le lycopène est un mélange isomérique contenant 50% du lycopène total sous forme de *Cis* isomères. Il est visible comme un pigment rouge qui donne aux fruits tels que la pastèque, la goyave, les poivrons rouges et la tomate leur couleur souhaitable et contribue à environ 21-43% des caroténoïdes totaux accumulés dans le tissu humain. Les chromoplastes des cellules mésocarpe de pastèque synthétisent et stockent le lycopène comme le caroténoïde principal (70-90%) qui est responsable de la couleur rouge typique de la chair des fruits mûrs. Ce pigment rouge possède l'activité antioxydante la plus élevée parmi tous les antioxydants diététiques(Di Mascio *et al.*, 1989)



**Figure 8:** Structure chimique du lycopène(McLaren &Frigg, 1997).

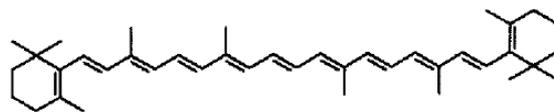
La quantité de lycopène dans la pastèque varie selon le type de variétés et les conditions de croissance(Kyriacou, 2018;Soteriou, 2014).

La consommation de fruits riches en lycopène comme la pastèque est donc considérée comme essentielle en raison du rôle qu'elle joue dans la prévention des maladies chroniques. D'autres recherches sont cruciales pour articuler les mécanismes du lycopène mises en jeu sur la santé humaine. Les domaines d'intérêt peuvent être fondés sur la formulation d'une allocation journalière fondée sur l'âge et les troubles de santé ainsi que sur l'interaction du lycopène avec d'autres produits phytochimiques (Lindri, 2020;Zamuz *et al.*, 2021).

### I.7.2.2.β-Carotène

Le β-carotène est un macronutriment lipophile et insoluble qui comprend un groupe de composés organiques nutritionnels insaturés, y compris le rétinoïque, la rétine et le rétinol. Il possède 40 atomes de carbone et contient 11 doubles liaisons conjuguées et 2 liaisons doubles non conjuguées (Figure 9) (Kulczyński *et al.*, 2017). Il a une solubilité très faible dans de nombreux solvants tels que l'eau et l'éthanol en raison de sa longue chaîne fortement conjuguée (Kong, 2018), visible comme la couleur orange dans les fruits et légumes, il sert de précurseur pour la vitamine A dans un corps humain. Le β-carotène est absorbé dans les intestins directement par les cellules épithéliales intestinales et obtenu sous forme de configuration *Trans* et transformé en *Cis* isomères par isomérisation photo-induite et thermique.

Chenet *al.* (2017) ont rapporté que le β-carotène ne peut pas être synthétisé par l'organisme; par conséquent, il provient principalement d'aliments à base de plantes comme les carottes, les patates douces, les épinards, la pastèque et les mangues. Il peut être utilisé comme ingrédient alimentaire fonctionnel; cependant, il est moins biodisponible et son absorption est inférieure à 10% (Lin *et al.*, 2018). Comme pour les autres substances phytochimiques, la quantité de β-carotène varie selon la variété et les facteurs environnementaux (Diaet *al.*, 2016). Il a la capacité à la fois d'agir comme antioxydant et pro-oxydant. En raison de ces propriétés, le β-carotène a le pouvoir d'inactiver certaines espèces oxygénées réactives et utile dans l'effet neuro-protecteur protégeant contre LDL et HDL. En outre, le β-carotène inhibe le radical libre par le transfert d'électrons qui conduisent à la formation de plusieurs radicaux et le transfert de l'atome d'hydrogène (Kulczyński *et al.*, 2017; Zamuz *et al.*, 2021).



**Figure 9:** Structure chimique du β-carotène (McLaren & Frigg, 1997).

Le potentiel antioxydant du β-carotène a été largement étudié et certains résultats positifs ont été rapportés. Parmi les autres effets importants sur la santé humaine, le β-carotène intensifie l'agrégation plaquettaire augmentant l'expression du facteur de croissance, ce qui conduit à la reconstruction des parois des vaisseaux sanguins. En plus, le B-carotène s'est avéré important pour le maintien du système immunitaire; il soutient la

croissance cellulaire et la différenciation jouant un rôle dans la formation et le maintien du cœur, des reins et d'autres organes(Shao *et al.*, 2017).

### **I.7.3. Vitamine C**

La vitamine C est utilisée comme description générale pour tous les composés organiques présentant une activité biologique d'acide ascorbique. Il a deux composants principaux qui sont l'acide ascorbate et déshydroascorbique. Pacier & Martirosyan (2015) ont rapporté en outre que la vitamine C a été identifiée pour la première fois dans les agrumes, les légumes et les glandes surrénales comme acide hexuronique dans les années 1920 par un biochimiste hongrois Albert Szent-Györgyi. C'est un nutriment soluble dans l'eau et essentiel qui ne peut pas être synthétisé par le corps humain; par conséquent, il doit être apporté par l'alimentation; il est fréquemment ajouté à une variété de produits alimentaires pour l'amélioration des nutriments comme supplément pour la biosynthèse du collagène et de certaines hormones (Rodríguez-Roque *et al.*, 2015).

La pastèque a été qualifiée une bonne source de vitamine C (Jumde & Shukla, 2015). De plus, Hong *et al.* (2015) ont rapporté que l'augmentation de la consommation de vitamine C peut avoir un effet positif sur le statut antioxydant des fumeurs en réduisant le stress oxydatif des anciens et actuels fumeurs. Les données disponibles d'études sur les animaux suggèrent que la carence en vitamine C chez les nouveau-nés pourrait causer une altération de la mémoire spatiale due à une diminution des neurones, alors que chez les adultes, elle entraîne certaines maladies dégénératives telles que la toxicité auto dopaminergique, un élément majeur de la maladie de Parkinson (Pacier & Martirosyan, 2015). Avec l'hypertension étant actuellement une préoccupation majeure dans les établissements de santé, la vitamine C a été montrée efficace pour abaisser la tension artérielle chez les patients présentant l'hypertension. La vitamine C diminue plus rapidement avec l'augmentation du stress oxydatif, de sorte que des apports plus élevés peuvent aider à mieux gérer la pression émotionnelle/physique accrue (Pacier & Martirosyan, 2015).

## **II. Valorisation de la pastèque**

### **II.1. Confiture de pastèque**

Selon le Codex Alimentarius (2009), la confiture est définie comme: « Le produit préparé à partir de fruit(s) entier(s) ou en morceaux, de pulpe et/ou de purée concentrées ou non concentrées, d'une ou plusieurs sortes de fruits, mélangés avec des denrées alimentaires conférant une saveur sucrée, avec ou sans adjonction d'eau, jusqu'à l'obtention d'une consistance adéquate ».

Il existe plusieurs types de confitures :

➤ **La confiture** : est le mélange, porté à la consistance gélifiée appropriée de sucres, de pulpe et/ou de purée d'une ou de plusieurs espèces de fruits et d'eau. La quantité de pulpe et/ou purée utilisée pour la fabrication de 1 000 grammes de produit fini n'est pas inférieure à 350 grammes en général (Bouzonviller, 2004).

Selon le Codex Alimentarius (2009), les confitures sont classées en:

➤ **La confiture extra** : est le mélange, porté à la consistance gélifiée appropriée, de sucres, de pulpe non concentrée d'une ou de plusieurs espèces de fruits et d'eau. Toutefois, la confiture extra peut être obtenue entièrement ou partiellement à partir de purée non concentrée de ces fruits. La quantité de pulpe utilisée pour la fabrication de 1 000 grammes de produit fini n'est pas inférieure à 450 grammes en général.

➤ **La gelée** : le produit préparé à partir de jus et/ou d'extraits aqueux d'un ou de plusieurs fruits mélangés avec des denrées alimentaires conférant une saveur sucrée, avec ou sans adjonction d'eau, jusqu'à l'obtention d'une consistance gélifiée semi-solide.

➤ **Marmelade d'agrumes** : est le produit obtenu à partir d'un ou plusieurs agrumes et porté à une consistance adéquate. Il peut être élaboré à partir d'un ou plusieurs des ingrédients suivants : fruits entiers ou morceaux de fruits pelés entièrement ou en partie, pulpe, purée ou jus, extraits aqueux et zeste, mélangés avec des denrées alimentaires conférant une saveur sucrée, avec ou sans adjonction d'eau.

➤ **Marmelade préparée à base de fruits autres que les agrumes** : est le produit préparé par la cuisson de fruit(s) entier(s), en morceaux ou concassés avec adjonction de denrées alimentaires conférant une saveur sucrée, jusqu'à l'obtention d'une consistance semi-liquide ou épaisse.

➤ **Marmelade en gelée** : le produit décrit sous la désignation de marmelade d'agrumes et dont la totalité des matières sèches insolubles a été extraite mais qui peut contenir ou non une petite quantité de pelure finement tranchée

La confiture est préparée en faisant bouillir la pulpe du fruit avec une quantité suffisante de sucre jusqu'à une consistance épaisse raisonnable. La pulpe concentrée est ensuite refroidie et emballée dans des flacons bien stérilisés fixés avec un capuchon étanche à l'air pour assurer une durée de conservation plus longue du produit (Owolade *et al.*, 2016).

La pastèque a été transformée en confitures selon les directives de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture avec de légères modifications. Pour chaque 1 kg de pulpe de fruit, on a mélangé 500 g de sucre, 2 g de A citrique et 1 g d'acide benzoate de sodium. Le mélange a été bouilli jusqu'à ce que la consistance épaisse de la confiture se forme. Les confitures produites ont été remplies à chaud dans des bouteilles en verre stérilisées, fermées et conservées à température ambiante (25-30° C) (Owolade *et al.*, 2016).

La croûte de pastèque (Figure 10) est un sous-produit de la transformation de la pastèque en jus; elle peut être utilisée dans la production de confiture de pastèque. La confiture peut être sans saveur ou avec différentes saveurs vanille, ananas, fraise et citron. Les écorces de pastèque sont stockées immédiatement après l'extraction du jus à 4°C pour éviter une dégradation supplémentaire. Des quantités égales de croûte et de sucre (250 g chacune) sont mélangées et conservées 45 minutes avant ébullition. De l'acide citrique est ensuite ajouté et des arômes peuvent également être ajoutés pour améliorer la sensibilité sensorielle propriétés perceptibles. L'emballage se fait dans des bouteilles en verre stérilisées tandis que le produit est encore chaud à des fins de conservation. Le stockage est réalisé entre 25°C et 32°C (Souad *et al.*, 2012)

L'utilisation de l'écorce de pastèque en valeur ajoutée est un avantage en ce qu'au lieu de jeter l'écorce nutritive, les individus peuvent en bénéficier. L'écorce brute de pastèque contient plus de cendres et de fibres brutes que la pulpe de pastèque (Morais *et al.*, 2017).



**Figure10:** Croûte de pastèque (Ibrahim *et al.*, 2017)

### II.2. Jus de pastèque

Le jus de pastèque peut être extrait de la pulpe et il peut être mélangé avec du jus d'ananas afin d'améliorer les propriétés sensorielles perceptibles. Le mélange de jus produit peut avoir une durée de conservation d'au moins 5 semaines (Akande&Ojekemi, 2013;Okwori *et al.*, 2017). Le jus de pastèque peut être mélangé avec de la betterave dans un rapport de 75:25 en volume, respectivement. Le mélange améliore la valeur totale des solides solubles et la teneur en vitamine C (Ankushet *al.*, 2015). Selon Okwori *et al.* (2017), la durée de conservation du jus de pastèque naturel peut être augmentée par réfrigération. Le jus de pastèque frais additionné de sucre a une durée de conservation plus longue que le jus de pastèque(Ogunbanwo *et al.*, 2013).Selon Alam *et al.*(2013), 0,1% de benzoate de sodium et 0,1% de sorbate de potassium peuvent être ajoutés au jus de pastèque frais pasteurisé et sucré (avec 20% de saccharose) pour améliorer sa durée de conservation. Le produit peut être conservé au réfrigérateur (4°C-15°C) pour de meilleurs résultats, soit une durée de conservation prévue de trois mois.

### II.3. Yaourt à la pastèque

Le jus de pastèque peut être utilisé dans la production de yaourt aux fruits. Le jus de pastèque est mélangé avec du lait en poudre reconstitué et homogénéisé. Le mélange est inoculé avec 2% d'un démarreur de souche mixte (*Lactobacillus delbrueckii*sub*bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, 2:1 v/v) et incubé pendant 6 heures à 37°C (Sengupta *et al.*, 2014). La qualité sensorielle du yaourt peut être améliorée par l'ajout de jus de pastèque en fonction de la formulation utilisée.

L'utilisation de la pulpe de fruit de pastèque dans la fabrication du yaourt aux fruits a également été démontrée. Le lait entier frais a été filtré et bouilli (avec l'addition de 10% de sucre). Ensuite, le lait est refroidi à 42-43°C et la pulpe de fruit de pastèque a été ajoutée séparément à 55%, 10% et 15%. Une culture de départ a été inoculée (1,5%) à 41°C et le mélange a été incubé à 37°C pendant 8 à 12 heures. Un yaourt nature a également été préparé en utilisant la même formulation comme témoin. Le yaourt a subi une série d'analyses (test sensoriel, humidité, cendres, protéines, matière grasse, pH, acidité, solides solubles totaux et synérèse). Les résultats ont indiqué que le yaourt à la pastèque avait de meilleures propriétés nutritionnelles et sensorielles perceptibles par rapport au témoin (Roy *et al.*, 2015). A cet égard, la qualité nutritionnelle du yaourt peut être améliorée par l'incorporation de pulpe de pastèque dans la formulation du yaourt. L'incorporation de 25% de jus de pastèque peut entraîner une augmentation de la teneur en vitamine C par rapport

au yaourt nature. Des améliorations peuvent également être notées en termes de couleur, d'apparence, d'odeur et d'acceptabilité globale (Warakaulle *et al.*, 2014).

### II.4. Poudre de pastèque

La faisabilité de la production de poudre de pastèque a été démontrée par Quek *et al.* (2007) à l'aide d'un séchoir à mini spray. La variation du taux de sucre a été employée dans l'expérience. Le séchage par pulvérisation du jus de pastèque a été effectué à une température d'alimentation de 20°C, une pression de 4,5 bars, un taux d'aspiration de 60% et un débit de 600 h/L. Quatre températures à l'entrée ont été utilisées : 145°C, 155°C, 165°C et 175°C et la maltodextrine avec des taux de 3% ou 5% ont été ajoutée pour réduire l'encrassement du produit. Avec d'autres études en cours, les paramètres et les conditions de séchage de la pastèque peuvent être améliorés pour minimiser la perte nutritionnelle ainsi qu'une diminution des propriétés sensorielles perceptibles. La poudre peut être utilisée comme additif alimentaire ou elle peut être reconstituée.

### II.5. Huile de graines de pastèque

Les graines de pastèque sont riches en huile et en protéines selon Fila *et al.* (2013). L'huile de pastèque (Figure 11) contient de grandes quantités d'acides gras insaturés dont les acides linoléique et oléique sont les principaux acides (Sui *et al.*, 2011). Le test de faisabilité et de sécurité des huiles de graines de pastèque a été effectué et les résultats ont révélé que l'huile de graines blanches et noires contient 68% d'acide linoléique et peut être utilisée en toute sécurité pour la consommation humaine.

Les graines de pastèque blanche avaient un rendement de 40% tandis que les graines noires avaient un rendement en huile de 35% (Sabahelkhier *et al.*, 2011). Les graines et la croûte peuvent être consommées en toute sécurité bien qu'elles puissent être jetées sur la spéculation de la toxicité. Il a été prouvé que les concentrations de la croûte de pastèque, des graines et de la pulpe de composants antinutritionnels sont tolérables (Egbuonu, 2015).



**Figure11:** Huile de graines de pastèque.

### II.6. Alimentation infantile

Les propriétés fonctionnelles et physio-chimiques des graines de pastèque ont été étudiées en termes de leurs capacités d'absorption d'huile et d'eau, de capacité de moussage et de stabilité de l'émulsion et les résultats ont indiqué la faisabilité d'utiliser la farine de graines de pastèque comme aliment en l'incorporant dans la formulation des aliments pour nourrissons plutôt que de la jeter (Oyeleke *et al.*, 2012).

La farine préparée à partir de graines de pastèque a des valeurs élevées de protéines, de fibres et de minéraux, faisant des graines une bonne source de constituants alimentaires. Les propriétés fonctionnelles reflètent également les possibilités d'utilisation de la farine de graines dans d'autres produits alimentaires, par exemple la teneur en densité apparente est bonne pour les aliments de sevrage (Otutu *et al.*, 2015).

### II.7. Vin de pastèque

Le jus de pastèque peut être utilisé dans la formulation d'un vin de pastèque aux propriétés antioxydantes (Darman *et al.*, 2010). Les propriétés antioxydantes sont dues à la présence de polyphénols. Un vin de fruits mélangés peut être préparé avec la pastèque étant l'un des jus de fruits constitutifs, par exemple une combinaison de pastèque et papaye ou de banane et de pastèque peut être fermentée en utilisant *Saccharomyces cerevisiae* isolé du vin de palme pour produire un vin de fruits mélangés (Ogodo *et al.*, 2015). Cela a un impact sur la réduction des pertes post-récolte dans la mesure où les fruits trop mûrs qui pourraient être rejetés sur le marché des produits frais peuvent être utilisés pour proposer un produit sûr acceptable. En outre, une étude similaire a également été menée par Adedeji & Oluwalana (2013).

Un mélange de vin de papaye et de pastèque a été produit en utilisant différents rapports de papaye et de pastèque. Les propriétés physio-chimiques et les caractéristiques sensorielles ont été analysées et les résultats ont indiqué que le vin avec une formulation de ratio papaye/pastèque de 60:40 avait la plus haute qualité avec une durée de conservation de 6 mois à  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ .

### II.8. Agent antistaling et additif de cuisson

La poudre de zeste de pastèque, si elle est utilisée avec la poudre d'écorce de melon *Sharyln*, peut retarder le rassissement des gâteaux en inhibant l'oxydation des lipides et la formation d'acides gras libres pendant le stockage. Cet effet est attribué à la présence de composés phénoliques qui sont significativement plus élevés dans la poudre de zeste de pastèque que dans la poudre de melon *Sharyln* (Al-Sayed & Ahmed, 2013).

La poudre de croûte de pastèque peut être utilisée pour la fortification du pain de casserole, on remplace la farine de blé par 12% de poudre de croûte de pastèque. Les propriétés sensorielles perceptibles seront renforcées par la poudre de zeste de pastèque (El-Badry *et al.*, 2014). Selon Hoque & Iqbal (2015), 10% de la farine d'écorce de pastèque en combinaison avec de la farine du blé peut être utilisée pour produire un gâteau acceptable avec plus de préférence en termes de caractéristiques sensorielles par rapport au tourteau de blé. Par conséquent, l'écorce de pastèque peut être employée dans la formulation des recettes de gâteaux et du pain pour améliorer les propriétés sensorielles perceptibles et les valeurs nutritionnelles des produits de boulangerie.

### II.9. Autres utilisations

Dans l'industrie alimentaire, dans la production de jus de pastèque, la croûte est habituellement jetée sous forme de déchets. L'application de la croûte de pastèque est jusqu'à l'application d'engrais ou appliquée à l'alimentation animale seulement. Moins de gens savent que la croûte de pastèque est également comestible et peut être utilisée comme légume. En Chine pour l'instant, la croûte de pastèque est coupée en dé puis sautée avec de l'huile d'olive, de l'ail, des piments, des oignons verts, du sucre et du rhum.

En Chine, la croûte de pastèque est également disponible sous forme de poudre et les Chinois l'utilisent comme une médecine traditionnelle pour diminuer la chaleur du corps et éliminer les substances toxiques.

La croûte de pastèque est également disponible sous forme marinée et est couramment consommée dans le sud des États-Unis, la Russie, l'Ukraine, la Roumanie et la Bulgarie. Elles sont également fermentées, mélangées et consommées comme jus au Nigeria. En se basant sur les applications de la croûte de pastèque dans d'autres pays, on déduit que cette pastèque un grand intérêt, il montre qu'elle a également sa propre valeur et pas seulement un gaspillage comme les gens l'ont toujours fait (Ibrahim *et al.*, 2017).

Les chercheurs se sont de plus en plus intéressés à étudier les propriétés de la croûte de pastèque et de passer à l'utiliser dans les produits alimentaires. Récemment, les croûtes de pastèque ont été utilisées dans la fabrication des produits de boulangerie sous forme de poudre mélangées avec la farine pour faire une pâte à gâteau (Al-Sayed & Ahmed, 2013).

Le résultat était très prometteur car le gâteau qui se forme à partir du mélange de poudre de croûte de pastèque et de farine avait une durée de conservation plus longue. Cela montre que l'activité antioxydante dans les croûtes de pastèque peut ralentir le processus d'oxydation dans le gâteau, par conséquent, prolonger sa durée de conservation (Ibrahim *et al.*, 2017).

*Partie*  
*Expérimentale*

*Matériel*  
*et*  
*Méthodes*

Notre expérimentation a été réalisée au niveau du laboratoire pédagogique chimie organique du département Génie des Procédés de la Faculté Technologie à l'Université A. Mira de Bejaia. Le test de dégustation a eu lieu au niveau du laboratoire d'analyse sensorielle de la Faculté Science de la Nature et de la Vie à l'Université A. MIRA de Bejaia. Alors que le contrôle de la qualité microbiologique des confitures élaborées a été réalisé au niveau du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Bejaia.

### **III.1. Matériel végétal**

La pastèque est un des fruits les plus consommés dans le monde en particulier en Algérie pendant la période d'été. Généralement, la partie la plus consommée est la pulpe alors que l'écorce est un déchet. En vue de sa valorisation, l'écorce est utilisée dans cette étude pour élaborer une confiture avec et sans addition du miel et évaluer sa qualité. La variété de pastèque (*Citrullus lanatus*) utilisée dans cette étude a été achetée du marché local de *Baccaro* dans la wilaya de Bejaia le mois de Mai 2021 (Figure 12).



**Figure12** : Photographie du fruit de pastèque (photo prise le 05/05/2021).

### **III.2. Miel**

Le miel additionné au cours de la préparation de la confiture d'écorce de pastèque a été acheté chez un apiculteur de la région *Ait Smail-Derguina* dans la wilaya de Bejaia (Figure 13).



**Figure 13** : Photographie du miel pur (photo prise le 05/05/2021).

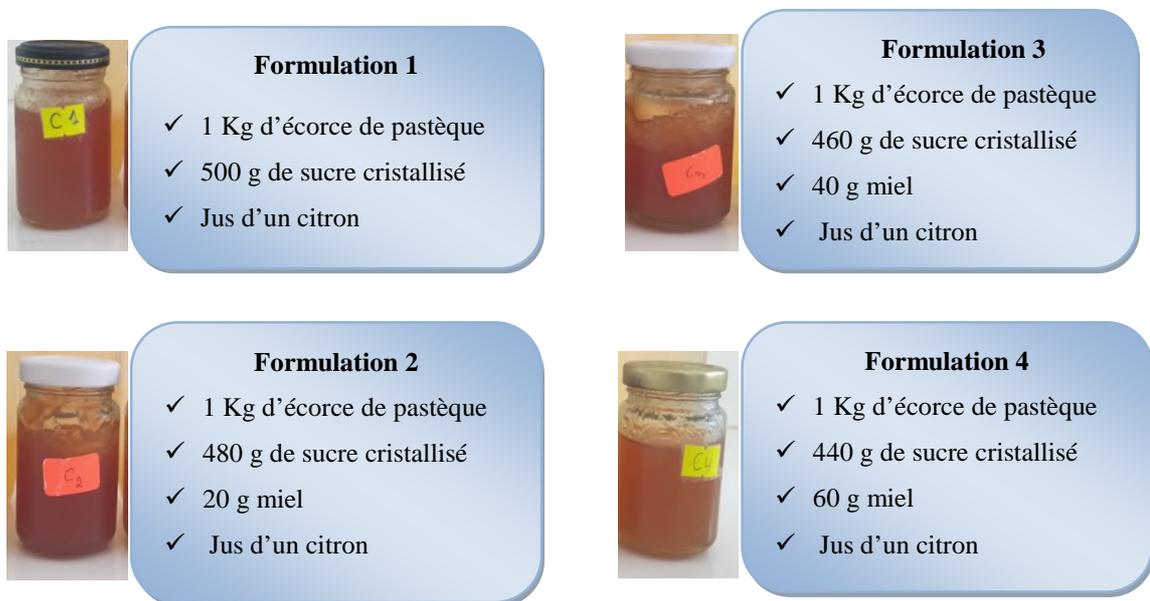
### III.3. Elaboration de la confiture de croûte de pastèque

Avant de préparer la confiture, la pastèque est bien lavée, séchée et coupée en tranches, puis la pulpe est séparée d'écorce. La partie verte est ensuite retirée d'écorce afin de récupérer la croûte (partie blanche) qui est coupée en petites tranches, puis en petits cubes et utilisées dans la préparation de la confiture (Figure 14).



**Figure14** : Photographie du fruit et de croûte de pastèque  
(Photos prise le 05/05/2021).

La préparation de la confiture de pastèque est basée sur quatre formulations différentes en changeant le taux de sucre et du miel (Figure 15). Les différentes confitures sont soumises à des analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles évaluées par un panel de dégustation. En outre, une évaluation de leur teneur en substances bioactives et leur propriétés anti-oxydantes a été réalisée.



**Figure15** : Confiture de croûte de pastèque élaborée selon les formulations 1, 2, 3 et 4  
(Photo prise le 07/05/201).

➤ **Diagramme de production**

Le diagramme de production décrit les étapes de fabrication pour 1 kg d'écorce de pastèque, sans ajout de pectine (Figure 16 et 17).



**1-Mettre 1 Kg d'écorce dans un récipient**



**2- Addition de sucre cristallisé (500g/480g/460g/440g)**



**3-Addition du jus d'un citron (Acide citrique) et laisser reposer pendant 24 h**



**4-Addition du miel (0g/20g/40g/60g/)**



**5- Faire cuire le mélange dans un récipient en acier inoxydable pendant 30 min, puis broyer le mélange à l'aide d'un mixeur**



**6- Tester si la goutte de Confiture durcit sur L'assiette, la confiture est prête**



**7- Stérilisation des bocaux dans l'eau bouillante**



**8- Verser la confiture encore chaude dans les bocaux préalablement stérilisés et les retourner immédiatement afin de stériliser les couvercles**



**9-Refroidissement et Stockage réfrigéré**

**Figure 16:** Photographie des différentes étapes de préparation de la confiture.

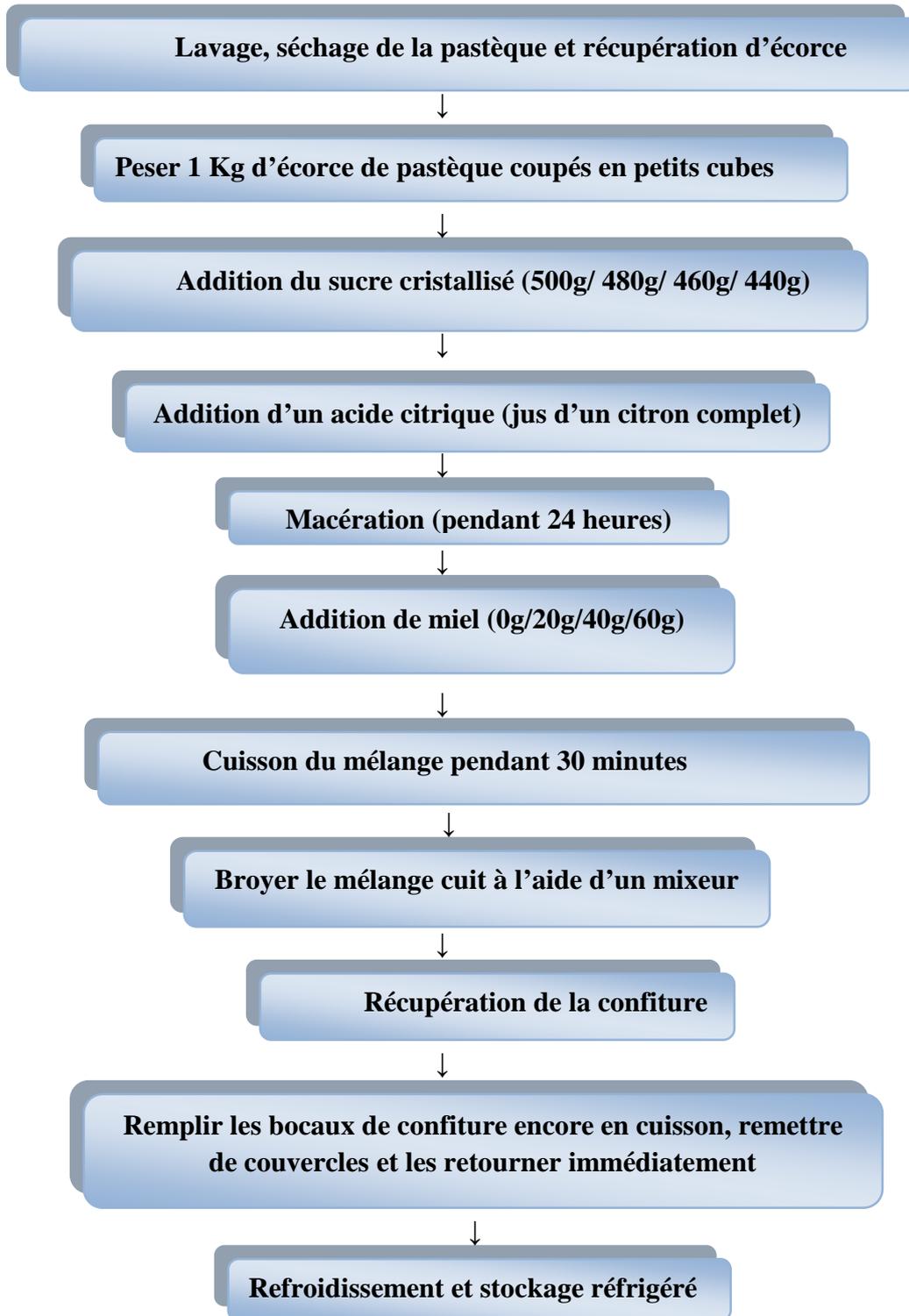


Figure 17 : Diagramme de fabrication de la confiture.

✓ **Nettoyage de la pastèque** : cette étape se fait manuellement, les pastèques sont bien lavées puis séchées à l'aide d'un papier absorbant.

✓ **Découpage** : couper les pastèques en grosses tranches cylindriques, puis séparer la chair et la peau. Récupérer d'écorce et éliminer la peau verte externe qui est ensuite coupé en cubes de petites tailles.

✓ **Stockage** : d'écorces coupées sont conservées dans des sacs de congélation, vidés d'air et bien fermés. Enfin, les échantillons sont stockés dans un congélateur à une température de 0°C jusqu'au moment d'utilisation.

✓ **Acidification** : ajouter le jus d'un citron moyen par 1 kg d'écorce de pastèque. Jus de citron été ajouté au début de la cuisson car il favorise la formation du gel et confert à la confiture un goût légèrement acide.

✓ **Addition du miel** : une quantité de sucre a été substituée par le miel à différentes proportions (20 g, 40 g et 60 g) juste avant la cuisson.

✓ **Cuisson** : Enlever les sachets préalablement congelés juste avant la cuisson ; mettre le contenu dans un récipient, large, profond et inoxydable. Le mélange a été conservé au réfrigérateur pendant une nuit avant la cuisson pour assurer la pénétration du sucre dans d'écorces de pastèque puis faire cuire à feu doux en remuant constamment.

**Bien choisir sa marmite de cuisson** : la marmite doit être plus large que profonde pour présenter une forte surface d'évaporation. L'inox est indispensable car l'acidité des fruits attaque les autres métaux (libération de saveurs métalliques désagréables). Les marmites à fond épais limitent les risques de sur-cuisson de la confiture au fond. Les marmites hémisphériques sont préférables pour une meilleure répartition de la chaleur.

✓ **Fin de cuisson** : en l'absence de réfractomètre, on peut pratiquer un test simple : sur une assiette froide, déposer une goutte de confiture. Si celle-ci coule, la cuisson n'est pas terminée. Si elle durcit sur l'assiette, la confiture est prête.

✓ **Conditionnement** : remplir les bocaux avec la confiture encore en cuisson (température supérieure à 90°C). Avant le conditionnement, les emballages et leurs couvercles (bocaux en verre) doivent être lavés et stériliser à l'eau bouillante. Cette précaution évite également les bris de verre lors du remplissage avec la confiture brûlante (chocs thermiques). Fermer les pots aussitôt remplis et les retourner afin que la confiture chaude pasteurise le couvercle.

✓ **Refroidissement et stockage** : laisser les bocaux refroidir progressivement à température ambiante et les stocker dans un réfrigérateur.

### III.4. Détermination des propriétés physico-chimiques

#### III.4.1. pH

Le pH permet de mesurer le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une solution aqueuse après l'étalonnage avec des solutions tampons à pH = 4 et à pH= 7. Une prise d'essai de 10 g de confiture est ajustée avec de l'eau distillée à un volume de 25 mL, l'ensemble a subi une agitation pendant 30 min suivi d'une filtration. La sonde est introduite dans le filtrat récupéré en suite relevé la valeur du pH indiquée sur l'écran digital après stabilisation de la mesure (DGCERF, 2008).

#### III.4.2. Acidité titrable

L'acidité a été déterminée par la méthode de Verma& Joshi (2000). Une quantité de 5 g de confiture est ajustée jusqu'à un volume de 25 mL d'eau distillée suivie d'une agitation pendant 15 min et une filtration à travers un papier filtre wattman. 5 mL du filtrat est récupéré sont ajoutés à 5 mL d'eau distillée. Le dosage est effectué en titrant avec la soude (0,01N) jusqu'à obtention d'un pH égal à 7. L'acidité est exprimée par la formule suivante :

$$\text{Acidité (\%)} = (N_b * V_b * M) / (V_a * P)$$

**M:** Masse molaire de l'acide citrique (192,13 g/mol);

**V<sub>a</sub>:** Volume de la prise d'essai (V=3,33 mL);

**V<sub>b</sub>:** Volume de la solution NaOH (mL);

**N<sub>b</sub>:** Normalité de la solution NaOH (0,01N);

**P:** Nombre de protons portés par l'acide citrique (p=3).

#### III.4.3. Teneur en eau (humidité)

La détermination du taux d'humidité de la confiture a été réalisée selon la méthode de Lako *et al.* (2007). Elle consiste à une dessiccation d'une prise d'essai (2g) dans une étuve portée à une température de 103°C ± 2°C pendant 24 H, la teneur en eau est calculée selon la formule suivante :

$$H (\%) = [(M_1 - M_2)/P] \times 100$$

**H (%)**: Humidité en pourcentage.

**M<sub>1</sub>**: Masse de la capsule plus la masse de la matière fraîche.

**M<sub>2</sub>**: Masse de la capsule plus la masse de la matière sèche.

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

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

#### III.4.4. Conductivité

La conductivité de la confiture est mesurée à l'aide d'un conductimètre (Hach-Lang HQ40) qui fonctionne par la mesure simultanée de la conductivité des liquides (ou solides dissous totaux « TDS ») ainsi que la température. Après avoir mesuré la température de l'échantillon (filtrat de confiture) pour régler le bouton du potentiomètre sur cette dernière, on plonge la sonde dans l'échantillon, la valeur de la conductivité est affichée sur l'écran de l'instrument (DGCERF, 2008).

#### III.4.5. Teneur en cendres

Une quantité de 2 g de confiture est mise dans une capsule en porcelaine puis placée dans un four à moufle porté à  $550 \pm 15^\circ\text{C}$  pendant 5 H jusqu'à l'obtention des cendres de couleur grise, claire ou blanchâtre (Ghavidel & Davoodi, 2006). La capsule est pesée après refroidissement dans un dessiccateur et la matière organique est calculée par la formule suivante:

$$\text{MO (\%)} = (M_1 - M_2) * 100 / P$$

**MO**: Matière organique en (%).

**M<sub>1</sub>**: Masse des capsules plus la masse de la prise d'essai.

**M<sub>2</sub>**: Masse des capsules plus la masse des cendres.

**P**: La masse de la prise d'essai.

La teneur en cendre (**Cd**) est calculée comme suit :

$$\text{Cd (\%)} = 100 - \text{MO (\%)}$$

#### III.4.6. Degré Brix

Le pourcentage du Brix est défini comme étant le taux de glucides exprimé en g/100g de jus ; il est déterminé par lecture directe sur un réfractomètre (Humeau) selon la méthode de DGCERF (2008). Quelques gouttes de l'échantillon sont déposées sur la surface du prisme et dirigé l'appareil vers la lumière pour lire le résultat, la mesure est donnée sur l'échelle graduée par la limite entre la zone claire et la zone sombre appelée « séparatrice » et les résultats sont exprimés en pourcentage.

#### III.4.7. Dosage des sucres

La teneur en sucres des confitures élaborées est déterminée selon la méthode AFNOR (1982). Brièvement, 10 g de l'échantillon sont introduits dans un bêcher de 100 mL, 2,5 mL d'acétates de zinc (30%) sont additionnés, le volume est ajusté à 2/3 du volume du bêcher avec de l'eau distillée. Le mélange est agité à plusieurs reprises et laissé reposer pendant 15 min, puis ajuster avec de l'eau distillée jusqu'à 100 mL suivi d'une homogénéisation. La solution est filtrée puis récupéré le filtrat.

##### III.4.7.1. Dosage des sucres totaux

A 25 mL du filtrat sont ajoutés 2,5 mL d'HCl pur, le mélange est chauffé à une température de 70°C au bain marie pendant 5 min. La neutralisation a été effectuée avec de la soude à 10 N en présence de la phénolphtaléine à 1%, le taux de sucre est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Sucres totaux (g/100 g)} = [500/V (V_2 - 0,05)] \times 10/100$$

V: Volume de la solution mère (mL)

V<sub>2</sub>: Volume du filtrat utilisé pour le titrage (mL)

##### III.4.7.2. Dosage des sucres réducteurs

Un volume de 5 mL de la solution liqueur de Fehling I et de la solution liqueur de Fehling II sont prélevées dans un bêcher. Ce mélange est porté à ébullition, puis titré avec le filtrat obtenu précédemment jusqu'à ce que la couleur bleu disparaisse. Quelques gouttes du bleu de méthylène sont ajoutées et le titrage est poursuivi jusqu'à ce que la couleur bleu soit remplacé par une couleur rouge brique. Les résultats sont exprimés par la formule suivante:

$$\text{Sucres réducteurs (g/100 g)} = [240/ V (V_1 - 0,05)] \times 10/100$$

V: Volume de la solution mère en mL.

V<sub>1</sub>: Volume du filtrat utilisé pour le titrage (mL).

#### III.4.7.3. Dosage des sucres non réducteurs (saccharose)

La teneur en sucre non réducteur, en particulier le saccharose est obtenu par la différence en sucres totaux et les sucres réducteurs présent dans l'échantillon.

$$\text{Sucres non réducteurs (\%)} = \% \text{ Sucres totaux} - \% \text{ Sucres réducteurs}$$

#### III.4.8. Degré de brunissement non enzymatique

L'estimation du degré de brunissement non enzymatique est déterminée selon la méthode de Ghavidel & Davoodi (2006). Brièvement, 50 mL d'alcool absolu (60%) sont ajoutés à 2,5 g de confiture. Après 12 h, la solution est filtrée avec du papier Wattman et son absorbance (DO) est mesurée à 420 nm en utilisant l'alcool (60 %) comme blanc. L'indice de brunissement est exprimé comme la valeur de l'absorbance à 420 nm.

#### III.4.9. Indice de couleur

La couleur de la confiture a été déterminée selon la méthode de Bath & Singh (1999) on utilisant un spectrophotomètre. 10 g de confiture sont diluées dans 20 mL d'eau distillée suivie d'une agitation et d'une lecture à 420 nm en utilisant l'eau distillée comme un blanc. L'indice de couleur est exprimé comme la valeur de l'absorbance à 420 nm.

#### III.4.10. Mise en évidence de la présence de pectines

Il s'agit d'une formation de gel de pectine en présence d'éthanol. Mettre 5 mL de confiture (confiture diluée dans l'eau) à l'aide d'une pipette dans un tube à essai, ajouter 5 mL d'éthanol à 95%. Retourner 2 ou 3 fois le tube en obstruant l'ouverture avec le pouce (éviter de secouer brutalement pour ne pas emprisonner de bulles d'air). Laisser reposer 20 min, un gel apparait en présence de pectine. Lors de la lecture :

- Si le produit contient beaucoup de pectines, il se forme un véritable bouchon solide dans le tube ;
- Si le produit contient peu de pectines, il se forme un dépôt granuleux au-dessus de la surface liquide et sur les parois du tube ;
- Si le produit ne contient pas de pectines, aucune séparation ne doit se produire.

### III.5. Extraction et dosage des antioxydants

#### III.5.1. Composés phénoliques

##### III.5.1.1. Extraction

Une quantité de 20 g de confiture est homogénéisée avec 100 mL du méthanol 80%. Après agitation pendant 40 min, le mélange est filtré à travers le papier wattman, le filtrat récupéré constitue l'extrait méthanolique gardé au réfrigérateur jusqu'au moment d'analyse (Benmeziane *et al.*, 2018).

##### III.5.1.2. Dosages des polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux des confitures étudiées ont été déterminées selon la méthode décrite par Nickavar *et al.* (2008). Brièvement, 0,2 mL du filtrat sont mélangés à 1 mL du réactif Folin-Ciocalteu (dilué au 1/10) et incubé à température ambiante. Après 10 min, 0,8 mL de solution de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) (75 g/L) sont ajoutés. L'ensemble est agité et conservé à l'abri de la lumière, durant 2 h à la température ambiante puis l'absorbance est mesurée à 765 nm. La concentration en composés phénoliques des extraits est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue dans les mêmes conditions en utilisant l'acide gallique comme standard (Annexe I) et les résultats sont exprimés en milligramme Equivalent d'Acide Gallique par 100 g d'Echantillon (mg EAG/100 g d'Ech).

##### III.5.1.3. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes est déterminée selon la méthode de Djeridane *et al.* (2006). 1 mL d'extrait est additionné à 1 mL de chlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ) à 2%. Après 15 min, l'absorbance est mesurée à 420 nm. Les résultats sont exprimés en milligramme Equivalent Quercétine par 100 g d'Echantillon (mg EQ/100 g d'Ech) en se référant à la courbe d'étalonnage (Annexe I).

##### III.5.1.4. Dosage des flavonols

Les flavonols sont également dosés en utilisant le chlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ) à 2%. A 500  $\mu\text{L}$  d'extrait sont ajoutés 500  $\mu\text{L}$  d'eau distillée, 500  $\mu\text{L}$  de chlorure d'aluminium (2%) et 500  $\mu\text{L}$  d'acétate de sodium (50g/L). Après 30 min d'incubation, l'absorbance est mesurée à 440 nm. Les concentrations en flavonols sont exprimées en microgramme Equivalent Quercétine par 100g de d'échantillon ( $\mu\text{g}$  EQ/100 g d'Ech) et déterminées en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue dans les mêmes conditions en utilisant la Quercétine comme standard (Annexe I).

### III.5.2. Extraction et dosage de l'acide ascorbique :

Le dosage de l'acide ascorbique est réalisé selon une méthode décrite par Mau *et al.* (2005). 5 g de chaque échantillon est homogénéisé avec 20 mL du solvant d'extraction : l'acide oxalique (1%). Le tout a été mélangé puis centrifugé pendant 15 min à 4500 rpm. Après filtration, un volume de 3 mL du filtrat sont mélangés avec 1 mL de la solution 2,6-Dichlorophénolindophénol (DCPIP). L'absorbance est mesurée à 515 nm. Les résultats sont exprimés en mg Equivalent Acide Ascorbique par 100 g d'échantillon (mg EAA/100 g d'Ech). Les concentrations en acide ascorbique sont déterminées à partir de la courbe d'étalonnage en utilisant l'acide L-ascorbique comme standard (Annexe I).

### III.5.3. Extraction et dosage des caroténoïdes

#### III.5.3.1. Extraction

Les caroténoïdes sont extraits par la méthode de Sass-Kiss *et al.* (2005). 20 mL d'un mélange hexane: acétone: éthanol (2:1:1 ; (v/v)) sont ajoutés à 10 g de confiture; après agitation pendant 30 min, la phase supérieure est récupérée. Une deuxième extraction est réalisée en ajoutant 10 mL d'hexane à la phase inférieure. Le mélange des deux extractions est utilisé pour le dosage des caroténoïdes totaux et du lycopène.

#### III.5.3.2. Dosage des caroténoïdes totaux

La mesure de la teneur en caroténoïdes totaux a été réalisée par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 450 nm. La concentration est estimée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue avec le  $\beta$ -carotène (Annexe I) et les résultats sont exprimés en milligramme Equivalent  $\beta$ -Carotène/ 100 g d'échantillon (mg EBC/100 g d'Ech).

#### III.5.3.3. Dosage du lycopène

La teneur en lycopène a été estimée par la mesure de l'absorbance à 472 nm, les concentrations sont calculées en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue avec le lycopène (Annexe I). Les résultats sont exprimés en milligramme Equivalent Lycopène par 100 g d'Echantillon (mg EL/100 g d'Ech).

### III.6. Evaluation du pouvoir antioxydant

#### III.6.1. Détermination du pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur est basé sur la réaction d'oxydo-réduction, dont la réduction du chlorure ferrique ( $\text{FeCl}_3$ ) en chlorure ferreux ( $\text{FeCl}_2$ ) en présence d'un agent chromogène: le ferricyanure de potassium [ $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ] en milieu acidifié par l'acide trichloracétique (Ribeiro *et al.*, 2008). Le pouvoir réducteur des extraits de la confiture

d'écorce de pastèque a été déterminé par la méthode écrite par Oyaizu (1986) rapportée par Kumar *et al.* (2005). Un volume de 100  $\mu$ L de chaque extrait est ajouté à 2,5 mL du tampon phosphate (pH 6,6; 0,2 M), suivi de 2,5 mL de ferricyanure de potassium [ $K_3Fe(CN)_6$ ] à 1%. Après agitation, le mélange est soumis à l'incubation à 50°C pendant 20 min. 2,5 mL d'acide trichloracétique (TCA) à 10% sont additionnés au mélange et agiter pendant 10 min. Un volume de 1,25 mL du surnageant est ajouté à 1,25 mL d'eau distillé, puis 0,25 mL de chlorure ferrique ( $FeCl_3$ ) à 0,1% est ajouté au mélange. Le mélange homogénéisé préalablement, est incubé pendant 10 min à l'abri de la lumière, l'absorbance est lue à 700 nm.

Le pouvoir réducteur est déterminé en se référant à la courbe d'étalonnage (Annexe I) et exprimé en milligramme Equivalent Trolox par 100 g d'échantillon (mg ET/100 g d'Ech).

#### III.6.2. Inhibition du radical DPPH°

L'activité antiradicalaire des extraits est déterminée par une méthode basée sur la réduction du radical diphenyl picryl-hydrazyl (DPPH°), par don d'atomes d'hydrogènes ou d'électrons (Molyneux, 2004). Le protocole utilisé dans cette méthode est celui de Milardović *et al.* (2006). Il consiste à mélanger 2,9 mL de la solution DPPH° ( $6 \cdot 10^{-5}$ ) avec 100  $\mu$ L de chaque extrait ; la mesure de la réaction de réduction de la solution du DPPH° a été faite à 515 nm après 30 min d'incubation. Les résultats sont exprimés par la moyenne de trois mesures. Les valeurs  $IC_{50}$  ont été déterminées pour chaque extrait, et définies comme étant la concentration du substrat qui cause l'inhibition de 50% du radical DPPH°. Le pourcentage de neutralisation du radical de DPPH° est calculé selon la formule ci-dessous et les pourcentages d'inhibition sont exprimés en milligramme Equivalent Trolox par 100 g d'échantillon (mg ET/100 g d'Ech) en se référant à une courbe étalon établie avec le Trolox (Annexe I).

$$\text{Activité antiradicalaire (\%)} = \frac{(\text{Abs}_{\text{Contrôle}} - \text{Abs}_{\text{Echantillon}})}{\text{Abs}_{\text{Contrôle}}} \cdot 100$$

Où

**Abs<sub>Contrôle</sub>**: Absorbance du contrôle à 515 nm;

**Abs<sub>Echantillon</sub>**: Absorbance de l'échantillon à 515 nm.

#### III.7. Analyses sensorielles de la confiture

L'évaluation sensorielle est une science multidisciplinaire essentielle dans toutes études alimentaires et s'applique dans divers domaines comme l'amélioration des produits,

le contrôle de la qualité, l'entreposage et le développement des processus. Elle est considérée comme une approche indispensable à l'évaluation de la qualité d'un produit alimentaire. Elle fait appel à des dégustateurs en faisant intervenir les organes des sens qui sont regroupés en cinq modalités : la vue, l'odorat, le goût, le toucher et l'ouïe pour mesurer les caractéristiques sensorielles et l'acceptabilité des produits alimentaires, c'est pour cela que la réaction humaine ne peut être remplacée ni reproduite par un autre instrument (Wattset *al.*, 1991).

#### III.7.1. Objectif d'une analyse sensorielle

L'évaluation sensorielle implique la mesure et l'évaluation des propriétés sensorielles des produits alimentaires. Elle implique également l'analyse et l'interprétation des résultats par le professionnel sensoriel (Stone *et al.*, 2012). L'objectif visé dans cette analyse est de déterminer les facteurs d'appréciation, les propriétés du produit et de leurs valeurs gustatives. Au cours de ce test sensoriel de la confiture d'écorce de pastèque, nous nous sommes intéressés à l'aspect visuel, olfactif et les sensations en bouche perçues lors de la consommation du produit avec du pain à savoir: aspect, texture, tartinabilité, couleur, goût, odeur et le goût sucré (Depledt, 2002).

#### III.7.2. Présentation des échantillons et déroulement de l'épreuve

Les quatre formulations de confitures différentes ont été préparées, la seule différence entre les différents échantillons était le taux de sucre.

Une quantité de chaque échantillon de confiture est mise dans un goblet où les numéros des échantillons sont mentionnés (pot 1, pot 2, pot 3 et pot 4) puis ils sont présentés pour les jurys. En outre, deux autres gobelets sont présentés dont l'un est rempli d'eau de rinçage et l'autre est réservé pour cracher. A chaque dégustation en passant d'un pot à un autre on doit rincer la bouche. Les échantillons doivent être présentés d'une façon neutre et garder l'anonymat appelée également « masquage ». Il est à rappeler que la température des échantillons au moment de test devrait correspondre à la température de leur consommation habituelle (Buchecker, 2008).

#### III.7.3. Réalisation d'un panel de dégustation de la confiture

Le groupe de panelistes est constitué de cent vingt-huit personnes entre enseignants et étudiants de l'université dont la tranche d'âge est entre 18 et 43 ans et huit experts entraînés. Les dégustateurs sont appelés à évaluer les confitures préparées par rapport à leur aspect, couleur, texture, goût, odeur et sucre. Chaque paramètre testé est évalué par une noté dans un questionnaire d'analyse sensorielle (Annexe II).

**III.7.4. Recueil des résultats**

Le recueil des résultats est effectué sur une fiche ou questionnaire remplie par chaque dégustateur (Annexe II).

**III.8. Analyse microbiologique de la confiture**

Le contrôle microbiologique de la confiture de pleure de pastèque enrichie au miel est effectué au niveau du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Bejaia et selon les directives générales de normes française pour le dénombrement des micro-organismes (NF 4833,1991). Les analyses microbiologiques ont pour but d'assurer que la confiture préparée présente une qualité hygiénique et commerciale supérieure. Le Tableau III suivant résume l'ensemble de germes recherchés et dénombrés (Annexe III).

**Tableau III** : Analyses microbiologiques.

<b>Germes recherchés</b>	<b>Milieus utilisés</b>	<b>Température d'incubation</b>	<b>Durée d'incubation</b>
Coliformes totaux	BCPL	37	48 h
Coliformes fécaux	Shubert	44	24 h
<i>Staphylococcus aureus</i>	Chapman	37	24 h
Salmonelles	Hektoen	37	72h
Clostridium	Gélose VF	37	24h
Levures et moisissures	Sabouraud	20	3 à 5 jours

**III.9. Analyse statistique**

Une analyse descriptive des résultats a été réalisée à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel 2010 afin de déterminer les moyennes, les écarts types et les pourcentages. Toutes les données représentent la moyenne de trois essais. Pour la comparaison des résultats obtenus, l'analyse de la variance, ANOVA (STATISTICA 5.5) est utilisée et le degré signification de données est pris à la probabilité  $p < 0,05$ .

L'étude statistique des résultats d'analyse sensorielle (ACP) a été réalisée à l'aide du logiciel XL-Stat 2010 afin de déterminer la ou les confiture (s) préférée (s) par les dégustateurs.

*Résultats*  
*et*  
*Discussion*

### IV.1. Paramètres physico-chimiques

Il est à signaler qu'il n'existe pas de travaux scientifiques dans la littérature à propos de la confiture d'écorce de pastèque ; la comparaison de nos résultats pour les quatre formulations de confiture élaborées est faite par rapport à d'autres confitures produites à base d'autres fruits. Le Tableau IV résume les propriétés physico-chimiques de la confiture d'écorce de pastèque enrichie au miel d'après les analyses effectuées.

**Tableau IV** : Résultats des paramètres physico-chimiques.

Paramètre/Confiture	C1	C2	C3	C4
<b>Ph</b>	4,30 ± 0,07 <sup>a</sup>	4,15 ± 0,08 <sup>b</sup>	4,03 ± 0,06 <sup>b,c</sup>	3,91 ± 0,07 <sup>c</sup>
<b>Humidité (%)</b>	37,50 ± 3,28 <sup>a</sup>	36,17 ± 4,25 <sup>a</sup>	38,83 ± 2,31 <sup>a</sup>	37,42 ± 2,81 <sup>a</sup>
<b>Matière sèche (%)</b>	62,50 ± 3,28 <sup>a</sup>	63,83 ± 4,25 <sup>a</sup>	61,17 ± 2,31 <sup>a</sup>	62,58 ± 2,81 <sup>a</sup>
<b>Acidité (%)</b>	5,74 ± 0,04 <sup>b</sup>	7,66 ± 0,13 <sup>a</sup>	7,67 ± 0,04 <sup>a</sup>	7,69 ± 0,00 <sup>a</sup>
<b>Cendres (%)</b>	1,36 ± 0,02 <sup>d</sup>	1,53 ± 0,02 <sup>c</sup>	2,69 ± 0,08 <sup>b</sup>	2,81 ± 0,10 <sup>a</sup>
<b>Matière organique (%)</b>	98,64 ± 0,02 <sup>a</sup>	98,47 ± 0,02 <sup>b</sup>	97,31 ± 0,08 <sup>c</sup>	97,19 ± 0,10 <sup>d</sup>
<b>Conductivité (µs)</b>	0,53 ± 0,05 <sup>c</sup>	5,17 ± 0,24 <sup>b</sup>	5,93 ± 0,66 <sup>a,b</sup>	4,97 ± 0,05 <sup>b</sup>
<b>Brix (%)</b>	53,67 ± 0,29 <sup>d</sup>	55,33 ± 0,29 <sup>c</sup>	58,17 ± 0,29 <sup>b</sup>	62,33 ± 0,29 <sup>a</sup>
<b>Sucres totaux (%)</b>	45,22 ± 1,20 <sup>c</sup>	53,21 ± 0,82 <sup>b</sup>	54,16 ± 0,00 <sup>b</sup>	59,05 ± 3,10 <sup>a</sup>
<b>Sucres réducteurs (%)</b>	18,19 ± 1,66 <sup>c</sup>	20,74 ± 0,21 <sup>a</sup>	24,98 ± 1,10 <sup>b</sup>	15,60 ± 0,12 <sup>d</sup>
<b>Sucres non réducteurs (%)</b>	27,04 ± 2,48 <sup>c</sup>	28,23 ± 0,35 <sup>c</sup>	33,43 ± 0,21 <sup>b</sup>	43,45 ± 3,04 <sup>a</sup>
<b>IBNE (Abs à 420 nm)</b>	0,170 ± 0,010 <sup>c</sup>	0,169 ± 0,006 <sup>c</sup>	0,213 ± 0,009 <sup>b</sup>	0,251 ± 0,006 <sup>a</sup>
<b>Indice de couleur (Abs à 420 nm)</b>	0,346 ± 0,001 <sup>d</sup>	0,557 ± 0,003 <sup>b</sup>	0,579 ± 0,004 <sup>a</sup>	0,438 ± 0,004 <sup>c</sup>
<b>Pectines</b>	Présence	Présence	Présence	Présence

- Les résultats sont exprimés à la moyenne des 3 essais ± l'écart types.
- Des lettres différentes dans la même ligne indiquent une différence significative ( $p < 0,05$ ). Les résultats sont classés par ordre décroissant;  $a > b > c > d$ .

#### IV.1.1. pH

Selon Derrardja (2014), un pH modéré est essentiel pour empêcher la détérioration de la confiture, en défavorisant la prolifération des bactéries, des levures et des moisissures. De même, la formation de gel se produit seulement dans une certaine plage de concentration en ions hydrogène. La plage de pH optimale pour une bonne gélification de la confiture est supérieur de 3,0. La force de gel diminue rapidement avec l'accroissement de la valeur du pH. La valeur pH d'un aliment est liée directement aux ions hydrogène libres dans ce produit. Le pH de la confiture est un facteur important pour obtenir une condition de gel optimal.

Le pH est un critère principal dans la fabrication de la confiture, les normes internationales exigent un pH relativement acide à la fin du procédé (confiture finale). La norme imposée que pH se situe dans la plage de 2,8 à 4,5 (CODEX STAN 79-1981). Les valeurs du pH obtenues pour les quatre confitures de croûte de pastèque élaborées sont dans les normes et significativement différentes ( $p < 0,05$ ) (Tableau IV). Ces résultats montrent que les confitures C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> présentent les pH les plus élevées comparativement à la confiture C<sub>1</sub> préparée sans l'ajout du miel. Les valeurs du pH des confitures C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> par ordre croissant sont respectivement 3,91, 4,03, 4,15 et 4,30. Ces résultats sont proches à celle enregistrée pour la confiture de melon avec une valeur de 4,1 (Benmeziane *et al.*, 2018). Cependant, le pH des confitures d'écorce de pastèque est plus faible que celui noté dans la confiture du fruit de pomme qui est de l'ordre de 4,6 (Muhammad *et al.*, 2008) et du fruit d'*Opuntia ficus indica* 5,54 (Temagoult, 2017). Cette différence est probablement due à la composition du fruit utilisé, des ingrédients ajoutés (le miel dans notre cas) et à la méthode de préparation suivie.

#### **IV.1.2. Acidité titrable**

L'acidité titrable est une mesure de la concentration totale d'acide, exprimée en mg d'équivalent acide citrique par 100 g de confiture. D'après l'étude statistique, les confitures élaborées présentent des acidités significativement différentes à  $p < 0,05$  (Tableau IV) qui sont peut-être dues à la présence d'acide citrique dans le citron et/ou le miel additionné lors de la préparation.

Les taux d'acidité enregistrés pour les confitures C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> sont de l'ordre de 5,74±0,04%; 7,66±0,13 %; 7,67± 0,04% et 7,69±0,00%, respectivement. Il est noté que plus la quantité du miel augmente plus l'acidité augmente et cela pour toutes les confitures produites. Donc, il est clair que le miel qui était à l'origine de cette augmentation.

La confiture d'écorce de pastèque analysée est moins acide par rapport à la confiture de "chadèque" analysée par Monroset *al.* (2009) avec une acidité entre 16,82 et 17,8 mg/100g, cette différence est due au fait que le chadèque appartient aux agrumes connus pour leur acidité. Par contre, l'acidité de la confiture préparée à base de la banane est plus faible par rapport au résultats obtenus dans ce travail, de l'ordre de 1,07 à 1,94mg/100g (Ronielliet *al.*, 2014). De ce fait, la nature de fruit détermine l'acidité de produit fini, tandis que le traitement thermique n'influence pas l'acidité du produit.

#### **IV.1.3. Teneur en eau**

La teneur en eau a une grande importance pour les propriétés technologiques, microbiologiques et nutritives des produits agroalimentaires et concerne également des aspects réglementaires et économiques. Ainsi, la détermination de la teneur en eau est une des analyses les plus fréquentes dans le domaine agroalimentaire (Isengardet *al.*, 1995).

La préservation de la composition chimique de la cellule est réalisée en éliminant l'eau des fruits par une évaporation (Tomas-Baberaet *al.*, 2001). Les résultats obtenus indiquent qu'il ne y'a aucune différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les quatre confitures préparées, ce qui mène à conclure que l'ajout du miel n'a aucun effet significatif sur le taux d'humidité des confitures élaborées. Les taux d'humidité enregistrés dans les confitures C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> sont respectivement  $37,50 \pm 3,28 \%$ ,  $36,17 \pm 4,25 \%$ ,  $38,83 \pm 2,31 \%$ ,  $37,42 \pm 2,81\%$  (Tableau IV). Ces résultats sont en accord aux résultats enregistrés par Cascales & Garcia (2020) dans leur étude portée sur confiture commerciale élaborées à base du coing espagnol avec un taux de 37,5%.

En outre, les taux d'humidité enregistrés pour les confitures de croûte de pastèque sont supérieures à celle rapportée par Benmeziane *et al.*(2018) pour la confiture du melon qui est de l'ordre de 24,20%. Cette différence est probablement due à la différence dans le taux d'humidité du fruit frais utilisé dans la préparation de la confiture sachant que la pastèque est plus riche en eau que le melon.

#### **IV.1.4. Matière sèche**

Un autre aspect important est le fait que le contenu en composants ou ingrédients est normalement donné en rapport avec la matière sèche, ce qui rend nécessaire la détermination correcte de la teneur en eau (Isengardet *al.*, 1995).D'après les résultats obtenus, les taux de matières sèches enregistrées sont  $62,50 \pm 3,28 \%$  (C<sub>1</sub>),  $63,83 \pm 4,25\%$  (C<sub>2</sub>),  $61,17 \pm 2,31\%$  (C<sub>3</sub>) et  $62,58 \pm 2,81\%$  (C<sub>4</sub>)(Tableau IV). Ces résultats sont proches aux taux enregistré dans la confiture d'abricot (65%) (Aziz *et al.*,2021).

Les taux de matière sèche des confitures de croûte de pastèque élaborées sont inférieures au taux enregistrés pour la confiture de melon qui est estimé à 75,80%(Benmeziane *et al.*, 2018). Selon la législation française (Décret n°85-872 du 14 août 1985), le taux de matière sèche des confitures doit être égal ou supérieure à 55 %.

#### **IV.1.5. Conductivité**

Les minéraux responsables de la conductivité sont des substances essentielles pour le bon fonctionnement de l'organisme. La conductivité des confitures élaborées est très

faible. L'étude statistique a révélé une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les confitures analysées (Tableau IV). Elles sont de l'ordre de  $0,53 \pm 0,05 \mu\text{s}$ ,  $5,17 \pm 0,24 \mu\text{s}$ ,  $5,93 \pm 0,66 \mu\text{s}$  et  $4,97 \pm 0,05 \mu\text{s}$  pour les confitures  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  et  $C_4$ , respectivement. Nous constatons également que les confitures additionnées du miel ( $C_2$ ,  $C_3$  et  $C_4$ ) possèdent des conductivités plus élevées que celle noté dans la confiture préparée sans l'adjonction du miel ( $C_1$ ). Ceci permet de conclure clairement que le miel qui était à l'origine de cette augmentation vue sa richesse en minéraux. Ces résultats enregistrées également sont largement inférieures à celle notée dans la confiture du melon avec une valeur de  $445,228 \mu\text{s}$  (Benmeziane *et al.*, 2018); ce qui signifie que la confiture d'écorce de pastèque enrichie au miel est un produit faiblement minéralisé, ce qui fait de cette dernière, un produit à faible conductivité.

#### **IV.1.6. Taux de cendres**

Le taux de cendres représente la quantité totale en sels minéraux présents dans l'échantillon. Selon le Tableau IV, la quantité de cendres est de l'ordre de  $2,81 \pm 0,10 \%$ ,  $2,69 \pm 0,08 \%$ ,  $1,53 \pm 0,02 \%$  et  $1,36 \pm 0,02 \%$  pour les confitures  $C_4$ ,  $C_3$ ,  $C_2$  et  $C_1$ , respectivement. Les taux de cendres enregistrés dans la présente étude sont en accord aux résultats enregistrés par Adeoti *et al.* (2021) dans leur étude portée sur la confiture de pomme. Cependant, ces résultats sont supérieurs au taux enregistré par Eke-Ejiofor & Owuno (2013) dans la confiture du jacquier avec un pourcentage de  $0,27 \%$ .

En général, la faible teneur en cendres enregistrée indique que la confiture de la croûte de pastèque enrichie au miel analysée n'est pas une source riche en minéraux, ce qui confirme le résultat obtenu pour la conductivité.

#### **IV.1.7. Matière organique**

Le taux de matière organique est de  $98,64 \pm 0,02\%$ ,  $98,47 \pm 0,02\%$ ,  $97,31 \pm 0,08\%$  et  $97,19 \pm 0,10\%$  pour les confitures  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  et  $C_4$ , respectivement (Tableau IV). Ces valeurs relativement élevées peuvent s'expliquer par les quantités de sucre et du miel rajoutées au cours de la préparation des confitures ( $C_1$  (500:0 g/g),  $C_2$  (480:20 g/g),  $C_3$  (460:40 g/g) et  $C_4$  (440:60 g/g).

#### **IV.1.8. Degré Brix (TSS)**

Le degré Brix désigne le taux de matière sèche soluble ou le taux de solide soluble (TSS). Selon Derrardja *et al.* (2014), la concentration de la matière soluble doit être

maintenue au niveau qui empêche la croissance des levures et moisissures. L'étude statistique a révélé une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les différentes confitures analysées (Tableau IV). Le degré Brix des confitures élaborées est respectivement  $53,67 \pm 0,29$  %,  $55,33 \pm 0,29$  %,  $58,17 \pm 0,29$  %,  $62,33 \pm 0,29$  % pour les confitures C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub>. Il est à noter que plus la quantité du miel augmente, le degré Brix augmente ce qui s'explique par la teneur en sucre apporté par le miel ajouté au cours de la préparation sachant que le miel est un produit très riche en sucre. Le taux de Brix élevé enregistré dans la confiture C<sub>4</sub> est dû au sucre et au miel rajouté pendant la préparation de la confiture. Ce résultat est conforme à celui rapporté par le Codex Alimentarius (2009), soit la teneur en matières sèches solubles où le degré Brix des confitures doit être dans tous les cas compris entre 60 à 65 % ou plus. En outre, les taux de Brix notés dans les confitures élaborées sont en accord avec le résultat retrouvé dans la confiture d'abricot/orange (Tariqet *al.*, 2015). Cependant, ces résultats sont légèrement inférieures à celui noté dans la confiture du melon qui a révélé un taux élevé de 73,1° Brix (Benmeziane *et al.*, 2018). Selon Touatiet *al.* (2014), le TSS est principalement représenté par les sucres.

#### **IV.1.9. Teneur en sucres totaux, réducteurs et non réducteurs**

Les sucres sont aussi importants dans la conservation des aliments (produit frais); une haute teneur en sucre empêche la prolifération microbienne et la détérioration des aliments ainsi qu'il prolonge également leur durée de conservation. Les résultats obtenus dans cette étude montrent qu'il existe une différence significative ( $p < 0,05$ ) dans les teneurs en sucres enregistrées dans les confitures analysées. Le Tableau IV indique que les teneurs en sucres totaux sont de l'ordre de  $45,22 \pm 1,20$  % (C<sub>1</sub>),  $53,21 \pm 0,82$  % (C<sub>2</sub>),  $54,16 \pm 0,00$  % (C<sub>3</sub>) et  $59,05 \pm 3,10$  % (C<sub>4</sub>). Les teneurs en sucres réducteurs sont respectivement pour les confitures C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> :  $18,19 \pm 1,66$  %,  $20,74 \pm 0,21$  %,  $24,98 \pm 1,10$  % et  $15,60 \pm 0,12$  %. De même, les taux des sucres non réducteurs sont enregistrés avec des taux de  $27,04 \pm 2,48$  % (C<sub>1</sub>) et  $28,23 \pm 0,35$  % (C<sub>2</sub>) et  $33,43 \pm 0,21$  % (C<sub>3</sub>) et  $43,45 \pm 3,04$  % (C<sub>4</sub>). Les résultats enregistrés pour les sucres totaux sont proches à celui noté par Benmeziane *et al.* (2018) lors de l'élaboration de la confiture de melon avec un taux de 56,18 g/100 g. En outre, ces auteurs également ont enregistré des teneurs en sucres non réducteurs, assez proche aux résultats obtenus dans la présente étude avec un taux de 29,29 g/100 g.

Selon les résultats obtenus par Kanwalet *al.* (2016), les taux des sucres totaux et réducteurs sont supérieurs aux résultats enregistrés pour les confitures étudiées qui sont de l'ordre de 63,40 g/100g et 50,85 g/100g, respectivement. Cependant, le taux des sucres non réducteurs qui est de l'ordre de 12,51 g/100g est largement inférieur aux résultats obtenus

dans le présent travail. Pour assurer cette fonction, la quantité de sucre doit être comprise entre 65 g et 70 g pour 100 g de produit (ou encore 65 à 70° Brix) car le sucre joue aussi un rôle organoleptique, quand il est cuit à différents stades (temps/température) contribue très largement à la saveur des fruits cuits et au même temps il est considéré comme agent de masse; il apporte de la consistance, de la masse au produit et il favorise la gélification de la confiture (Pnns, 2007).

Dans les travaux de Abdelazimet *al.*(2010) sur la confiture élaborée à base de trois variétés de mangue, la teneur en sucres totaux varie entre 57,14 et 68,80 %, Ronielli *et al.* (2014), quant à eux, ont rapporté des teneurs en sucres totaux de 50,71 et 60,86 % et de 39,02 à 50,89 % en sucre réducteurs, cette dernière est proche par rapport à la teneur en sucres totaux et plus élevée par rapport à la teneur en sucre réducteurs trouvés de dans la présente étude. En effet, ces auteurs ont rapporté que les teneurs en sucres dans le produit fini est proportionnelle à sa teneur dans le fruit, au sucre ajouté et au traitement thermique que subit le produit dont l'acidité joue un rôle important avec la température dans l'hydrolyse des sucres.

#### **IV.1.10. Indice de couleur**

La couleur de la confiture et de la gelée est très importante car elle détermine la qualité organoleptique du produit fini (Temagoultet *al.*, 2017). Les résultats de l'indice de couleur obtenus présentent des différences significatives ( $p < 0,05$ ) (Tableau IV). Ils sont respectivement  $0,346 \pm 0,001$ ,  $0,557 \pm 0,003$ ,  $0,579 \pm 0,004$  et  $0,438 \pm 0,004$  pour les confitures C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub>. En effet, les sucres sont à l'origine du développement de la couleur brune de nombreux aliments cuits à travers la réaction de Maillard et la caramélisation, qui se décomposent sous l'effet de la chaleur donnant de nouvelles molécules conférant une couleur légèrement brune aux produits tels que les sauces caramel, fruits et confiseries caramélisés. Les indices de couleur enregistrés pour les quatre confitures élaborées sont inférieurs à ceux rapportés par Kanwalet *al.* (2016) et Touatiet *al.*(2014), ce qui peut s'expliquer par la différence dans la méthode de préparation de la confiture (quantité de sucre ajouté et le temps ainsi que température de cuisson) et/ou par la méthode d'analyse.

#### **IV.1.11. Indice de brunissement non enzymatique (IBNE)**

Le degré de brunissement non enzymatique est une réaction des sucres de l'aliment avec des acides aminés en présence de la chaleur ou lors du traitement thermique qu'on appelle aussi la réaction de Maillard.

Les résultats de l'indice de brunissement non enzymatique des échantillons de confitures analysés sont de l'ordre de  $0,170 \pm 0,010$ ,  $0,169 \pm 0,006$ ,  $0,213 \pm 0,009$  et  $0,251 \pm 0,006$  pour les confitures  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  et  $C_4$ , respectivement (Tableau IV). Les IBNE notés dans les confitures élaborées sont largement inférieurs à celle obtenue dans la confiture de melon qui est de l'ordre de 0,61 (Benmeziane *et al.*, 2018). Un résultat similaire a été trouvé par Arkoub-Djermoune *et al.* (2016), ces auteurs ont rapporté que l'indice de BNE d'aubergine augmente après la cuisson avec des pourcentages de 48,89%, 66,18% et 76,76% dans l'aubergine grillée, frite et cuite au four, respectivement. Le brunissement subit par la confiture due à la réaction de Maillard qui a eu lieu lors de la pasteurisation et la cuisson. En effet, le brunissement enzymatique est défavorisé par une diminution du pH et avec le traitement thermique. Toutefois, le BNE est favorisé par les traitements thermiques et il peut encore se produire à un pH faible de l'ordre de 4.0 (Besbes *et al.*, 2009).

#### **IV.1.12. Pectine**

La pectine est un polysaccharide non digestible entrant dans la catégorie des fibres alimentaire. Les pectines hautement méthylées (HM) forment des gels en présence de sucres et en milieux acides. Une application comme depuis longtemps de ce type de pectines réside dans la formation des confitures. Mis à part le degré de méthylation, la concentration en sucre ou acide, la présence de chaînes latérales et la température jouent un rôle important dans la consistance du gel (Srivastava *et al.*, 2011).

La pectine qui est un gélifiant naturel qu'on trouve généralement en grande quantité dans les agrumes (fruits). Dans les quatre échantillons de confitures élaborées on a constaté la présence de la pectine (Tableau IV); cela se traduit par la formation d'un dépôt granuleux au dessus de la surface liquide et sur les parois du tube.

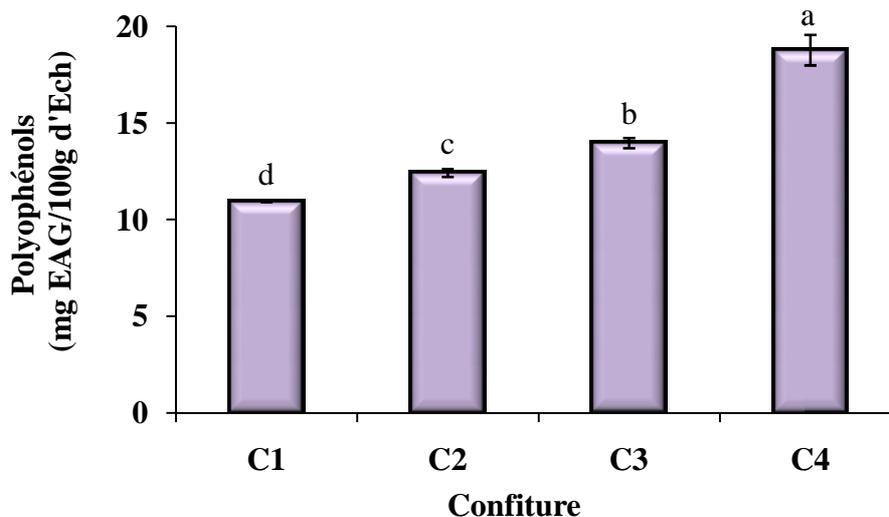
#### **IV.2. Antioxydants**

##### **IV.2.1. Composés phénoliques**

La teneur en polyphénols a été estimée par la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu. C'est l'une des méthodes les plus anciennes conçue pour déterminer la teneur en polyphénols, des plantes médicinales et des aliments. L'acide gallique est le standard le plus souvent employé dans la méthode de Folin-Ciocalteu (Maisuthisakul *et al.*, 2008).

Les résultats obtenus dans la présente étude montrent qu'il y'a une différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les quatre confitures analysées (Figure 18). La confiture  $C_4$  est la plus riche en polyphénols avec un taux de  $18,8 \pm 0,788$  mg EAG/100 g suivie par la

confiture C<sub>3</sub>, confiture C<sub>2</sub> et la confiture C<sub>1</sub> avec des teneurs de 14±0,263 mg EAG/100 g, 12±0,205 mg EAG/100 g et 11±0,058mg EAG/100 g, respectivement. Ces valeurs obtenues dans la confiture apparaissent faibles. Selon Méloet *al.* (2006) et Henane *et al.* (2015), ces faibles taux enregistrés peuvent être expliquée par les faibles teneurs en polyphénols dans les fruits frais, les conditions de transformation et de stockage. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Poiana *et al.*(2012), Levajet *al.* (2012) et Ebrahimi (2008). Cependant, les taux de polyphénols dans les confitures élaborées sont inférieurs à celui rapporté par Meenaks(2014) pour la confiture de figue avec un taux de 60,43 mg EAG/100 g. La différence constatée dans la teneur en polyphénols est probablement attribuée à la différence entre les échantillons de fruits distincts qui est en relation avec le type ou la variété du fruit, de son origine et sa maturité. En plus, le contenu polyphénolique varie qualitativement et quantitativement selon plusieurs facteurs: facteurs climatiques et environnementaux (la zone géographique, sécheresse, sol, agression et maladie ...etc) (Ebrahimi *et al.*, 2008), le patrimoine génétique, la période de la récolte et le stade de développement de la plante (Miliauskas, 2004).



**Figure 18** :Teneurs en polyphénols des extraits de confitures élaborées.

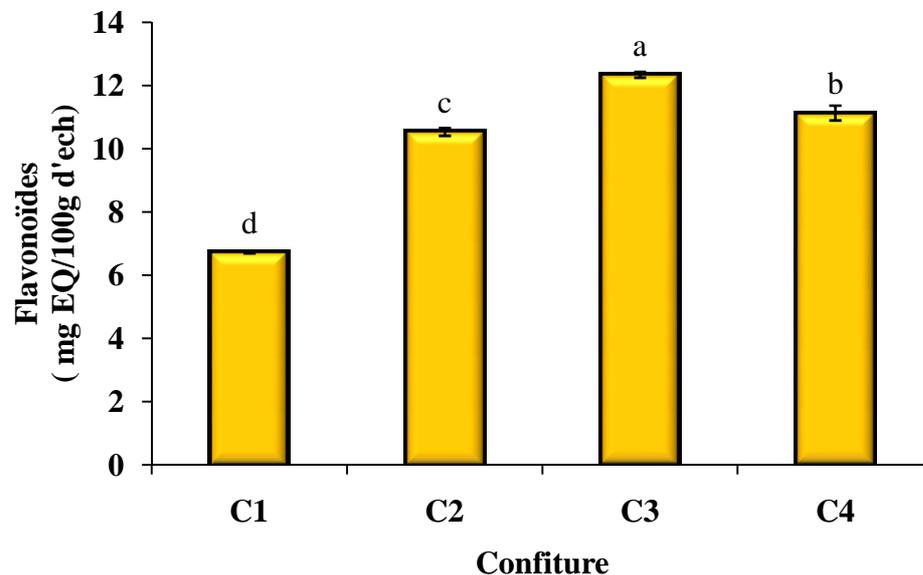
*Des lettres différentes indiquent une différence significative ( $p < 0,05$ ). Les résultats sont classés par ordre décroissant ;  $a > b > c > d$ .*

#### IV.2.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont les composés les plus étudiés (Hidlagoet *al.*, 2009). Ils sont capables de moduler l'activité de certaines enzymes et de modifier le comportement de plusieurs systèmes cellulaires, suggérant qu'ils pourraient exercer des activités

biologiques, notamment des propriétés antioxydantes, vasculo-protectrices, anti-inflammatoires, antiulcéreuses et même anticancéreuses (Ghedira, 2005).

Les concentrations de flavonoïdes dans les extraits de confiture de croûte de pastèque varient significativement à  $p < 0,05$ ; la confiture C<sub>3</sub> présente la teneur la plus élevée en flavonoïdes avec une valeur de  $11,86 \pm 0,09$  mg EC/100 g d'Ech, suivie de la confiture C<sub>4</sub> ( $11,13 \pm 0,23$  mg EC/100 g d'Ech), la confiture C<sub>2</sub> ( $10,54 \pm 0,12$  mg EC/100 g d'Ech) et la confiture C<sub>1</sub> ( $7,00 \pm 0,05$  mg EC/100 g d'Ech), respectivement (Figure 19). Ces résultats sont approximativement proches à ceux rapportés par Benmeziane *et al.* (2018) qui ont obtenu une teneur de 8,62 mg EC/100 g pour la confiture du melon.



**Figure 19 :** Teneurs en flavonoïdes des extraits de confitures élaborées.

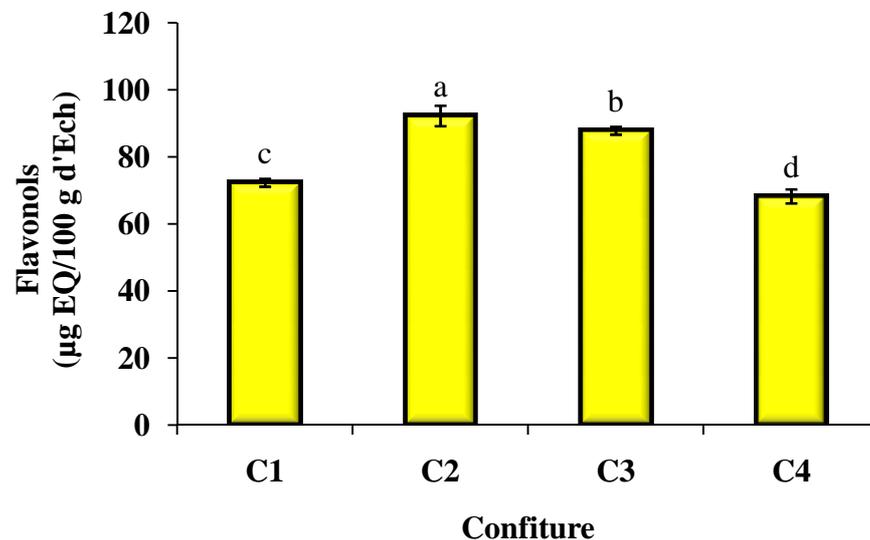
*Des lettres différentes indiquent une différence significative ( $p < 0,05$ ). Les résultats sont classés par ordre décroissant ;  $a > b > c > d$ .*

Les teneurs en flavonoïdes des confitures élaborées sont largement inférieures à celle enregistrée dans la confiture de pamplemousse étudiée par Igual *et al.* (2013) qui ont obtenu des teneurs comprises entre 120 et 141 mg EQ/100g. De même, les résultats obtenus par Danijela *et al.* (2009) sur les confitures de fraise sont aussi plus faibles que ceux enregistrés dans la présente étude (0,70-0,75 mg EQ/100 g). Plusieurs facteurs tels que la lumière, le stockage, les phénomènes de brunissements enzymatique et non-enzymatique sont responsables de la dégradation des flavonoïdes (Del Caro *et al.*, 2004;

Tsao, 2006; Igualet *al.*, 2013), ainsi que le traitement des fruits qui conduit à une diminution de la concentration des flavonoïdes (Tsao, 2006).

#### IV.2.3. Flavonols

Les résultats illustrés dans la Figure 20 montrent que les teneurs en flavonols des confitures C<sub>2</sub> et C<sub>3</sub> sont respectivement  $92,25 \pm 3,04 \mu\text{g EQ}/100 \text{ g d'Ech}$  et  $87,85 \pm 1,17 \mu\text{g EQ}/100 \text{ g d'Ech}$  supérieures à celles enregistrées pour les confitures C<sub>1</sub> et C<sub>4</sub> avec des taux respectifs de  $72,3 \pm 1,17 \mu\text{g EQ}/100 \text{ g d'Ech}$  et  $68,25 \pm 2,11 \mu\text{g EQ}/100 \text{ g d'Ech}$ . Ces résultats sont largement inférieurs à ceux enregistrés pour les confitures d'abricot (Sabri) et de fraise (Sabri) avec des valeurs de l'ordre de  $2,36 \pm 0,17$  et  $2,50 \pm 0,13 \text{ mg EQ}/100 \text{ g}$  (Hebbacheet *al.*, 2013).



**Figure 20 :** Teneurs en flavonols des extraits de confitures élaborées.

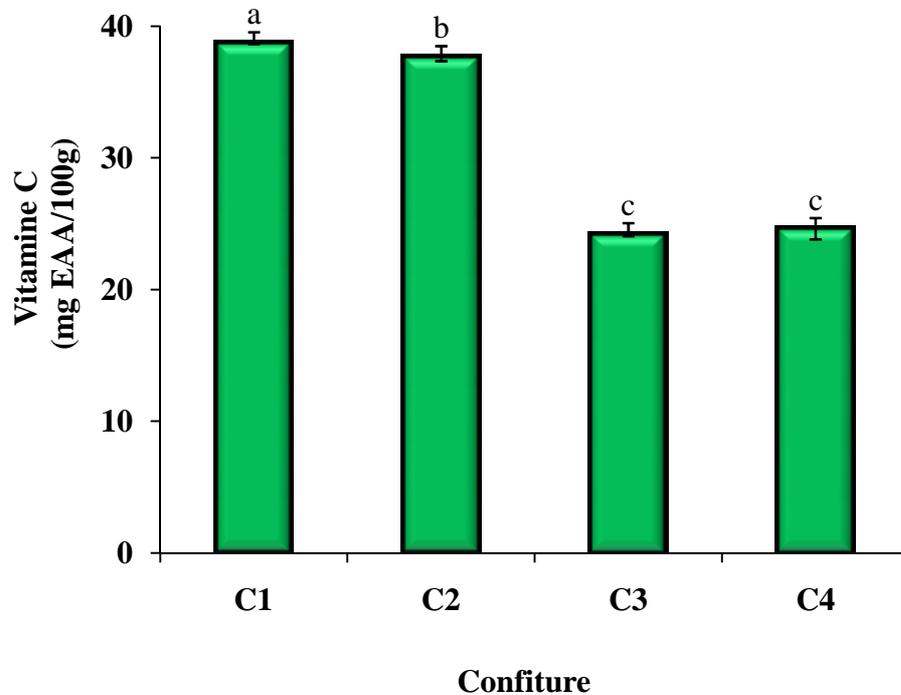
*Des lettres différentes indiquent une différence significative ( $p < 0,05$ ). Les résultats sont classés par ordre décroissant ;  $a > b > c > d$ .*

#### IV.2.4. Vitamine C

L'acide ascorbique est largement utilisé dans les industries alimentaires comme ingrédient ou additif à propriétés antioxydantes. Il a plusieurs rôles : il inhibe le brunissement enzymatique par la réduction des o-quinones et protège certains composants oxydables comme le folate. En outre, il est connu par ses effets anti-radicalaire et réducteur des métaux de transition (Willcox, 2003). L'acide ascorbique a des propriétés antioxydantes et métaboliques importantes aussi bien chez les végétaux que chez les animaux. C'est un excellent piègeur des radicaux libres et peut protéger divers substrats

biologiques (protéines, acides gras, ADN) de l'oxydation par une neutralisation des espèces réactives de l'oxygène (Jacob *et al.*, 2000).

Les résultats du dosage de la vitamine C dans les différentes confitures sont illustrés dans la Figure 21. La teneur en vitamine C des différents échantillons présente des différences significatives ( $p < 0,05$ ). Selon la teneur en vitamine C, les confitures analysées peuvent être classées comme suit:  $C_1 > C_2 > C_3 \approx C_4$  avec des teneurs de l'ordre de  $38,72 \pm 0,07$  mg EAA/100 g,  $37,67 \pm 0,32$  mg EAA/100 g,  $24,24 \pm 0,17$  mg EAA/100 g et  $24,63 \pm 0,82$  mg EAA/100 g, respectivement. Plusieurs études ont montré que la cuisson entraîne des pertes en vitamine C et le taux de destruction dépend considérablement du mode de cuisson et de la composition du produit (Arkoub-Djermoune *et al.*, 2016; Daset *et al.*, 2011).



**Figure 21 :** Teneurs en vitamine C des confitures élaborées.

Des lettres différentes indiquent une différence significative ( $p < 0,05$ ). Les résultats sont classés par ordre décroissant ;  $a > b > c$ .

Une teneur similaire à celle des confitures analysées a été enregistrée par Djaoudene (2015) pour la confiture d'orange avec des valeurs comprises entre 29 et 31,4 mg/100 g. De plus, les taux de vitamine C enregistrés sont largement supérieures à celles notées dans la confiture de pomme-abricot avec une valeur de 16,4 mg/100g (Hussain & Shakir, 2010) et la confiture de fraise avec une teneur de 5,3 mg/100 g analysée par Poiana *et al.* (2012). En outre, Jawaheer *et al.* (2003) a enregistré dans la confiture de goyave une

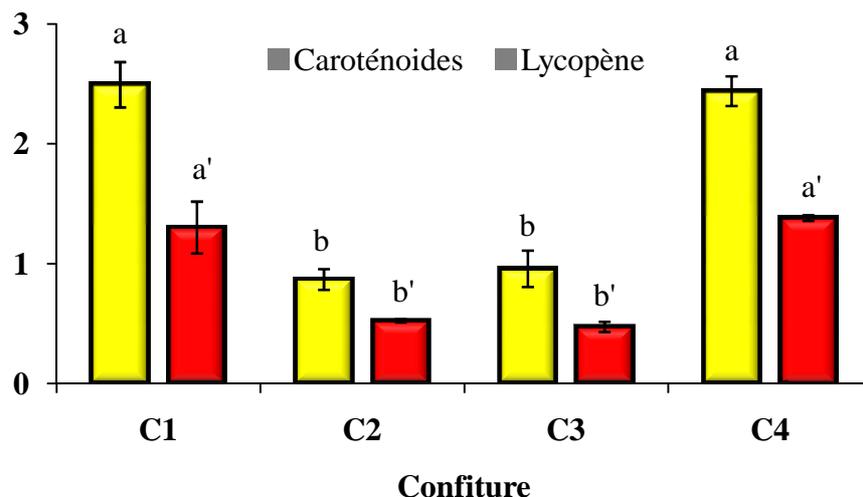
teneur légèrement inférieure aux confitures élaborées avec une valeur de 14,6 mg /100 g. Ces différences dues probablement aux teneurs en acide ascorbique des fruits étudiés car la teneur en vitamine C varie selon le type et les variétés de fruits utilisées. Il a été également démontré que la teneur en acide ascorbique contenu dans les confitures diminue de manière significative au cours de la fabrication et stockage de la confiture (Suutarinen *et al.*, 2002).

#### IV.2.5. Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont l'un des plus importants groupes de pigments naturels, en raison de leur large distribution. L'augmentation de la consommation de ces composés a été liée à la diminution du risque de développement des maladies cardiovasculaires et des cancers (Plaza *et al.*, 2011).

Les teneurs en caroténoïdes des échantillons de confiture analysées varient significativement ( $p < 0,05$ ), elles sont de l'ordre de  $2,49 \pm 0,19$  mg E $\beta$ C/100 g d'Ech,  $0,87 \pm 0,09$  mg E $\beta$ C/100 g d'Ech,  $0,96 \pm 0,15$  mg E $\beta$ C/100 g d'Ech et  $2,44 \pm 0,12$  mg E $\beta$ C/100 g d'Ech pour les confitures C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub>, respectivement (Figure 22). La différence significative enregistrée entre les quatre confitures peut être due à la différence dans le degré d'altération des caroténoïdes lors du traitement thermique (cuisson) et/ou aux conditions de stockage.

Les résultats de la présente étude sont proches à ceux obtenus par Igualet *et al.* (2013) et Benmeziane *et al.* (2018) pour les confitures de pamplemousse et de melon avec des taux respectifs de 2,05 mg/100 g et 1,44 mg EC/100 g. Les différences notés dans la teneur en caroténoïdes peuvent être dues soit, à la méthode d'extraction, à la nature des standards utilisés, à l'origine géographique de l'échantillon, ou alors au degré de maturité et des conditions de stockage (Nicoliet *et al.*, 1999).



**Figure 22** :Teneurs en Caroténoïdes et lycopène des confitures élaborées.

*Des lettres différentes indiquent une différence significative ( $p < 0,05$ ); Les résultats sont classés par ordre décroissant;  $a > b$ .*

- *Les teneurs en caroténoïdes sont exprimées en mg E $\beta$ C/100g d'Ech.*
- *Les teneurs en lycopène sont exprimées en mg EL/100g d'Ech.*

#### IV.2.6. Lycopène

Le lycopène est un piègeur efficace de l'oxygène singulet et des radicaux libres dans l'organisme (Woodall, 1997). Les teneurs en pigment lycopène varient significativement ( $p < 0,05$ ) entre les quatre confitures élaborées (Figure 22). Les taux de lycopène notés pour les confitures C<sub>3</sub> et C<sub>2</sub> ( $0,47 \pm 0,04$  mg EL/100 g d'Ech et  $0,52 \pm 0,01$  mg EL/100 g d'Ech) sont inférieurs à ceux enregistrés pour les confitures C<sub>1</sub> et C<sub>4</sub> avec des taux respectifs de  $1,30 \pm 0,22$  mg EL/100 g d'Ech et  $1,38 \pm 0,02$  mg EL/100 g d'Ech. Ces résultats sont proches à celui enregistré pour la confiture du melon avec une valeur de  $0,93$  mg EL/100g (Benmeziane *et al.*, 2018). Contrairement à la confiture de tomate qui représente une valeur plus élevée de lycopène qui est de l'ordre de  $75,64$  mg/100 g selon Mile *et al.* (2012). Ces différences peuvent s'expliquer par la différence dans le fruit utilisé, dans la préparation de la confiture contenant des concentrations différentes et également la sensibilité du lycopène à la dégradation oxydante en raison de sa structure polyénique fortement conjuguée.

La stabilité du lycopène dans les produits alimentaires dépend du profil de ses isomères, de la composition de la matrice végétale, de la température et du temps de traitement. Inversement, l'isomérisation thermique du lycopène est connue pour améliorer sa biodisponibilité à partir de matrice alimentaire (Mayeaux *et al.*, 2006).

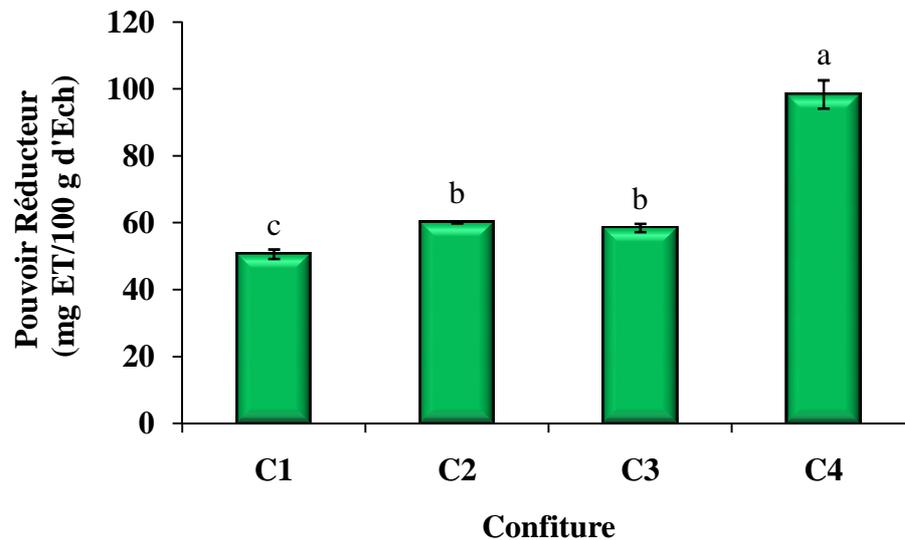
#### IV.3. Activité antioxydante

##### IV.3.1. Pouvoir réducteur

Le test du pouvoir réducteur met en évidence la capacité d'une molécule à réduire un oxydant en lui cédant un électron, permettant ainsi de bien apprécier l'activité antioxydante de l'extrait testé. De nombreux auteurs considèrent la capacité réductrice d'un composé comme indicateur significatif de son pouvoir antioxydant (Huanget *al.*, 2002; Bourgouet *al.*, 2007; Liet *al.*, 2009).

La Figure 23 montre que le pouvoir réducteur des confitures analysées sont significativement différent ( $p < 0,05$ ) et la confiture C<sub>4</sub> présente la meilleure activité ( $98,33 \pm 4,23$  mg ET/100 g d'Ech). Les valeurs de capacité réductrice à 0,5 (CR<sub>0,5</sub>) exprimées en

mg/mL des différents extraits sont résumées dans le Tableau V. Sur la base de ces résultats, la confiture 4 présente la meilleure capacité de réduction des ions ferriques ( $212,13 \pm 9,24$ mg/mL). Ce résultat est similaire à celui noté dans la confiture de mûres ( $97,16 \pm 3,48$  mg EAG/100 g) et inférieur à celui enregistré pour la confiture de fraise (sabri) ( $132,09$  mg EAG/100 g) (Hebbache *et al.*, 2013).



**Figure 23 :** Pouvoir réducteur des confitures élaborées.

*Des lettres différentes indiquent une différence significative ( $p < 0,05$ ). Les résultats sont classés par ordre décroissant ;  $a > b > c$ .*

**Tableau V :** Pouvoir réducteur et les  $CR_{0,5}$  des différents extraits de confitures élaborées.

Confiture	Pouvoir réducteur (mg ET/100 g MS)	$CR_{0,5}$ (mg/mL)
C1	$50,56 \pm 1,39^c$	$412,30 \pm 11,49^a$
C2	$60,00 \pm 0,21^b$	$347,23 \pm 1,21^b$
C3	$58,40 \pm 1,22^b$	$356,82 \pm 7,38^b$
C4	$98,33 \pm 4,23^a$	$212,13 \pm 9,24^c$

*Des lettres différentes indiquent une différence significative ( $p < 0,05$ ). Les résultats sont classés par ordre décroissant;  $a > b > c$ .*

De même la confiture de croûte de pastèque enrichie au miel présente la capacité réductrice la plus élevée que celle de confiture d'orange analysée par Djoudane (2015)

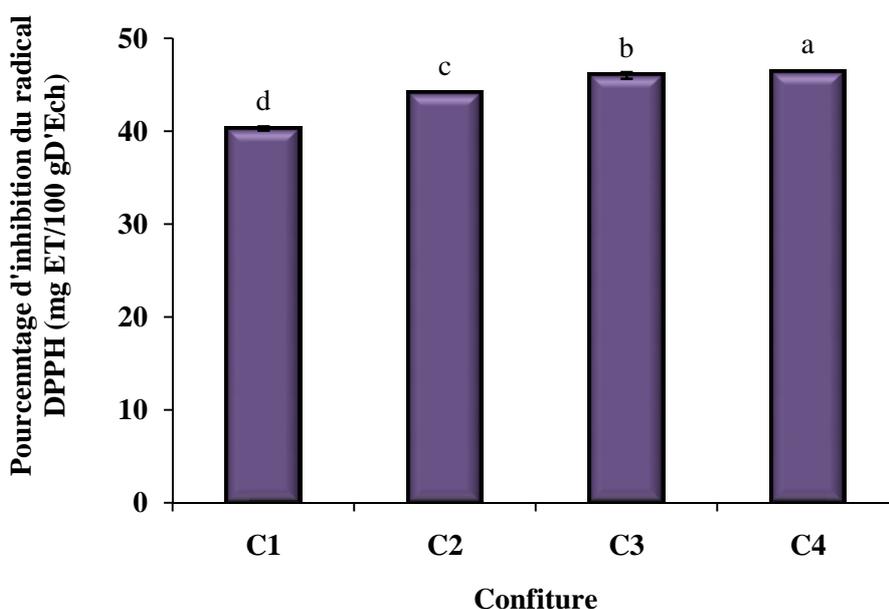
avec des pouvoirs réducteurs compris entre 12,7 et 19,5 mg EAG/100 g de confiture. Ceci peut s'expliquer par l'influence de plusieurs facteurs sur le pouvoir réducteur tels que la composition phénolique et le type des polyphénols (Estevinho *et al.*, 2008; Küçük *et al.*, 2007; Al-Mamary *et al.*, 2002). Il est bien connu aussi que le type et la position des substituants phénoliques ont une influence considérable (Küçük *et al.*, 2007; Al-Mamary *et al.*, 2002).

#### IV.3.2. Inhibition du radical DPPH°

Le DPPH est un radical organique relativement stable qui a été largement utilisé dans la détermination de l'activité antioxydante des différents extraits de plantes (El Far & Taie, 2009). Les antioxydants interagissent avec le DPPH en lui transférant un électron ou un atome d'hydrogène ce qui entraîne sa neutralisation, par conséquent la couleur change de pourpre vers le jaune.

L'activité anti-radicalaire (DPPH) des extraits de confiture analysées varient significativement ( $p < 0,05$ ), elles sont de l'ordre de  $40,30 \pm 0,21 \mu\text{g ET}/100 \text{ g d'Ech}$ ,  $44,10 \pm 0,00 \mu\text{g ET}/100 \text{ g d'Ech}$ ,  $46,00 \pm 0,37 \mu\text{g ET}/100 \text{ g d'Ech}$  et  $46,42 \pm 0,00 \mu\text{g ET}/100 \text{ g d'Ech}$  pour les confitures C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub>, respectivement (Figure 24 et Tableau VI).

Les résultats de la présente étude indiquent également que les activités antioxydantes des confitures enrichies au miel (C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub>) sont supérieures que celle enregistrée pour la confiture C<sub>1</sub>, ceci peut s'expliquer particulièrement par leurs teneurs élevées en composés phénoliques.



**Figure 24 :** Activité antiradicalaire des extraits de confitures élaborées.

Des lettres différentes indiquent une différence significative ( $p < 0,05$ ). Les résultats sont classés par ordre décroissant;  $a > b > c > d$ .

**Tableau VI :** Activité antiradicalaire (DPPH) et les  $IC_{50}$  des différents extraits de confitures élaborées.

Confiture	Pourcentage d'inhibition du DPPH ( $\mu\text{g ET}/100 \text{ g d'Ech}$ )	$IC_{50}$ ( $\mu\text{g/mL}$ )
C <sub>1</sub>	$40,30 \pm 0,21^d$	$248,15 \pm 1,30^a$
C <sub>2</sub>	$44,10 \pm 0,00^c$	$226,78 \pm 0,00^b$
C <sub>3</sub>	$46,00 \pm 0,37^b$	$217,42 \pm 1,24^c$
C <sub>4</sub>	$46,42 \pm 0,00^a$	$215,44 \pm 0,00^d$

Des lettres différentes indiquent une différence significative ( $p < 0,05$ ). Les résultats sont classés par ordre décroissant ;  $a > b > c > d$ .

En outre, la confiture C<sub>4</sub> contenant 60g du miel présente la meilleure activité et ce résultat est confirmé par l'évaluation de la concentration inhibitrice à 50% ( $IC_{50}$ ) la plus faible qui est de l'ordre de  $215,44 \pm 0,00 \mu\text{g/mL}$  comparativement aux autres confitures (Tableau VI). Les résultats de la présente étude indiquent également que l'activité antiradicalaire des confitures élaborées sont inférieures par rapport à la confiture de l'argousier qui est de 69,39% (Meenaks, 2014). Cependant, les confitures élaborées possèdent des activités antioxydantes supérieures à celles enregistrées pour confiture de mur avec un taux de 11,5% (Scibisz & Mitek, 2009) et la confiture de tomate avec un pourcentage de 1,195% (Mile *et al.*, 2012).

#### IV.4. Analyse microbiologique

Les résultats des analyses microbiologiques obtenus (Tableau VII) sur les échantillons de confiture montrent que la confiture élaborée à base d'un sous produit de pastèque (croûte) enrichie au miel est d'une qualité hygiénique et commerciale acceptable, absence des germes susceptibles d'altérer la qualité du produit ou qui peuvent présenter un risque pour le consommateur. Par conséquent, le produit est propre à la consommation.

**Tableau VII :** Résultats des analyses microbiologiques.

Germes recherchés	Résultats
Coliformes totaux	Négatif
Coliforme fécaux	Négatif
<i>Staphylococcus aureus</i>	Négatif

Salmonelles	Négatif
Clostridium	Négatif
Levures et moisissures	Négatif

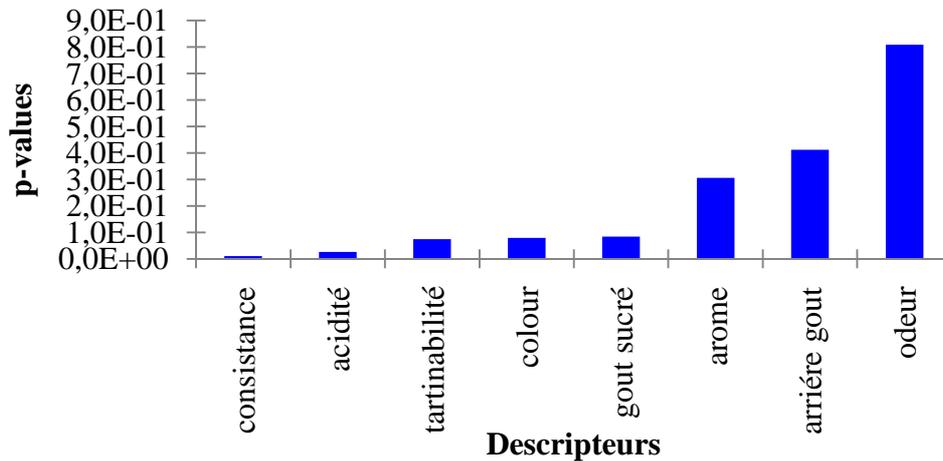
**IV.5. Analyse sensorielle**

**IV.5.1. Caractérisation des produits**

Ce test permet de caractériser rapidement les échantillons des produits nommés a « C<sub>1</sub> », b « C<sub>2</sub> », c « C<sub>3</sub> » et d « C<sub>4</sub> » perçus par le jury expert et hédonique, donc il s’agit d’identifier les descripteurs ou les attributs sensorielles qui discriminent le mieux les produits et ainsi de déterminer les caractéristiques importantes de ces derniers.

**IV.5.1.1. Pouvoir discriminant par descripteur**

Ce test permet d’afficher les descripteurs ordonnés de celui qui a le plus fort pouvoir discriminant sur les produits à celui qui a le pouvoir le plus faible (Figure 25).



**Figure 25 :** Pouvoir discriminant par descripteur.

Selon les résultats représentés dans la Figure25, nous remarquons que la consistance, l’acidité, la tartinabilité, la couleur et le goût sucré sont les descripteurs qui ont le plus fort pouvoir discriminant ce qui signifie que les experts ont constaté des différences entre les caractéristiques précédentes sur les quatre confitures analysées. Les pouvoirs discriminants des caractéristiques : arôme et arrière-goût sont moyens. Cependant, le descripteur odeur est celui qui a le pouvoir discriminant le plus faible, donc cette caractéristique ne change pas beaucoup entre les quatre confitures analysées.

**IV.5.1.2. Coefficient des modèles**

Ce test a pour but de traiter pour chaque combinaison descripteur-produit, le Coefficient, la moyenne estimée, la p-value ainsi qu'un intervalle de confiance sur le Coefficient. Les résultats des coefficients des modèles sont présentés dans la Figure 26.

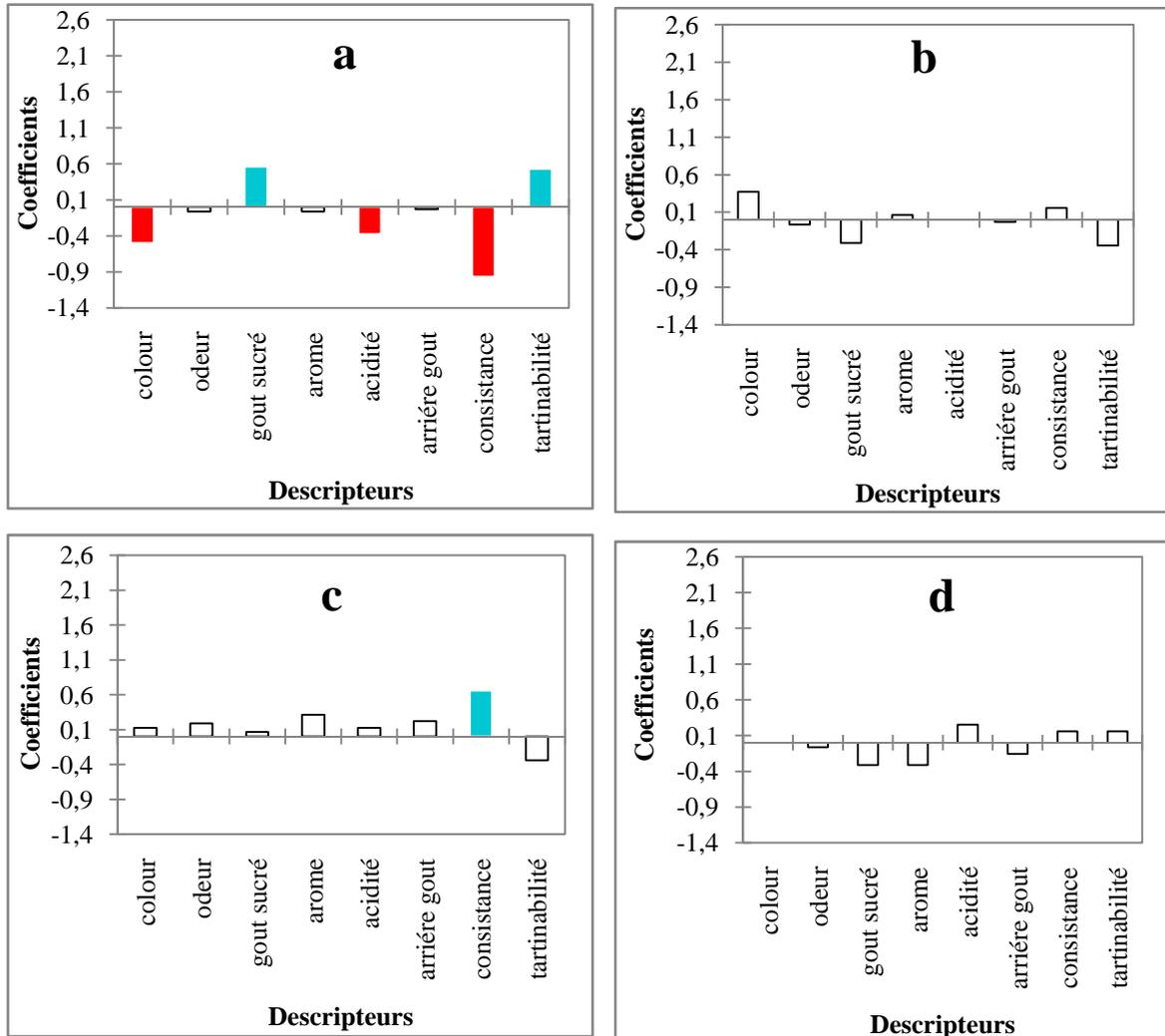


Figure 26 : Coefficients modèles des confitures élaborées.

La figure permet de définir l'appréciation ou la non appréciation des descripteurs des quatre échantillons de confiture élaborées à base de croûte de pastèque enrichie au miel (a, b, c et d) par les jurys experts et hédonique. L'analyse de chaque graphique permet de définir chaque confiture en bleu, on voit les caractéristiques dont le coefficient est significativement positif, en rouge, on voit la caractéristique dont le coefficient est significativement négatif et en blanc celles dont le coefficient n'est pas significatif.

Ces résultats permettent de conclure que la confiture **a** est caractérisée par un goût sucré et une bonne tartinabilité appréciés par les experts. Contrairement au descripteur 'couleur, acidité et consistance' qui n'ont pas été appréciés par le jury expert. Le reste

des descripteurs tels que l’odeur, l’arôme, l’arrière-goût n’ont pas été détectés par l’ensemble de panel expert. Alors que pour la confiture **c**, le seul descripteur qui a été apprécié par le panel expert est la consistance. Cependant, pour les confitures **b** et **d** l’ensemble des caractéristiques n’ont pas été détectés par l’ensemble de panel expert.

➤ **Moyennes ajustées par produit**

Le tableau suivant correspond aux moyennes ajustées calculées à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit.

**Tableau VIII : Moyennes ajustées par produit.**

	Consistance	Couleur	Acidité	Odeur	Arôme	Arrière goût	Goût sucré	tartinabilité
<b>c</b>	3,625	2875	1,500	2,125	3,750	2,500	3,500	3,875
<b>b</b>	3,125	3,125	1,375	1,875	3,500	2250	3,125	3,875
<b>d</b>	3,125	2,750	1,625	1,875	3,125	2,125	3,125	4,375
<b>a</b>	2,000	2,250	1,000	1,875	3,375	2,250	4,000	4,750

Le but de cette action est de définir les moyennes ajustées calculées à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit. Le tableau VIII des moyennes ajustées par produit permet de faire ressortir les moyennes, quand les différents produits et les caractéristiques sont croisés.

A partir des résultats observés, nous remarquons que pour la confiture **c** le descripteur “consistance” un effet discriminant significativement positif sur le produit, tandis que les autres descripteurs n’ont aucun effet discriminant sur les produits c’est-à-dire ils n’ont pas été appréciés pour ce produit. Pour la confiture **a**, les descripteurs consistance, couleur et acidité ont un effet discriminant significativement négatif sur le produit, tandis que l’odeur, l’arôme, l’arrière-goût n’ont aucun effet discriminant sur les produits c’est-à-dire ces descripteurs n’ont pas été appréciés pour ce produit. De plus, le goût sucré, la tartinabilité ont un effet discriminant significativement positif sur ce dernier.

En outre, pour les autres confitures **b** et **d**, leur caractéristique n’ont ni un effet significativement positif ni négatif sur les produits. Donc il n’existe pas de différences significatives entre les caractéristiques entre eux.

**IV.5.2. Cartographie externe de préférence (PREFMAP)**

Cette méthode permet de relier les préférences exprimées par les consommateurs (panel naïf) aux attributs sensorielles des produits sur une même représentation graphique (en deux ou trois dimensions). La réalisation d’une cartographie externe de préférence, nécessite deux types de données :

- a.** Les moyennes données par les experts pour chaque attribut étudié pour effectuer une Analyse en Composante Principale (ACP).

b. Les notes d'acceptabilité attribuées par le panel naïf pour chaque échantillon afin de réaliser une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).

#### IV.5. 2.1. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP est l'une des méthodes d'analyse de données multivariées aux quels les observations (les produits) sont décrites par un ou plusieurs variables (les attributs sensorielles). Cette méthode consiste à transformer et réduire le nombre de variables corrélées en nouvelles variables non corrélées les unes des autres. Ces nouvelles variables sont nommées "composantes principales", qui peuvent être visualisées graphiquement, avec la conservation d'un maximum d'information.

La Figure 27 représente les corrélations entre les variables et les facteurs par l'ACP. La corrélation est assez bonne, puisqu'elle permet de représenter 90,65 % de la variabilité et permet de constater que les produits ont été perçus par les experts comme assez différents. Etant donné que la Figure 27 montre que tous les descripteurs sont présentés dans le cercle.

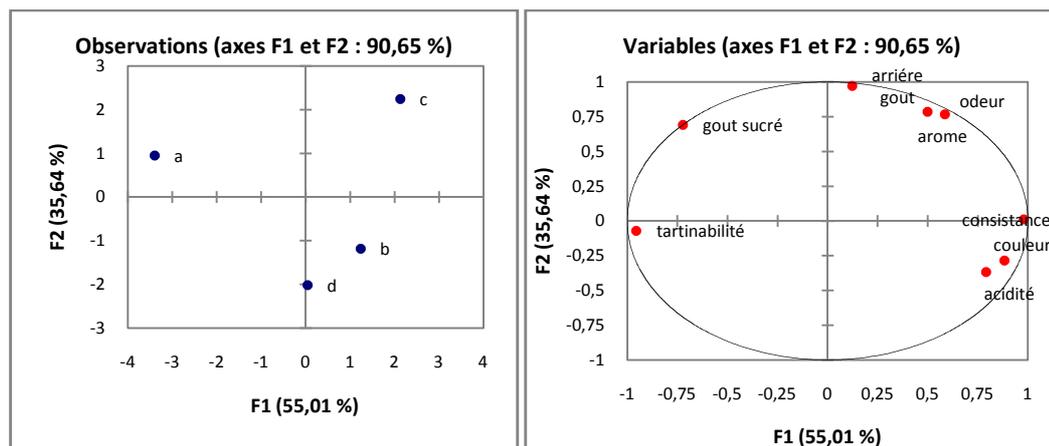


Figure 27 : Corrélations entre les variables et les facteurs.

L'ACP normalisée a été réalisée afin de pouvoir mettre en évidence les descripteurs responsables de la plus grande partie de la variabilité observée. Les deux premières dimensions (F1 et F2) de l'ACP représentent 90,65 % de la variance totale (Figure 36). A l'exception des descripteurs consistance, couleur, acidité et la tartinabilité tous les descripteurs sont bien corrélés avec la première dimension F1 de l'ACP, tandis qu'arrière-gout, arôme, et l'odeur représentent que 55,01 % de la variance totale. En outre, les descripteurs Arôme, la consistance et l'odeur et l'arrière-gout et couleur et l'acidité sont corrélés positivement avec le premier axe. Alors que le goût sucré et la tartinabilité le sont négativement. Les descripteurs consistance et tartinabilité présentent la plus grande variabilité entre les différentes confitures.

Les descripteurs l'arrière-goût, l'arôme, l'odeur et le goût sucré sont bien corrélés positivement à la 2<sup>ème</sup> dimension de l'ACP, tandis que la tartinabilité, la couleur et l'acidité sont corrélés négativement avec la 2<sup>ème</sup> dimension ce qui explique 35% de variance totale.

#### IV.5.2.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

Des regroupements successifs produisent un arbre binaire de classification (dendrogramme), dont la racine correspond à la classe regroupant l'ensemble des individus. Ce dendrogramme représente une hiérarchie de partitions. Ce qui permet de choisir une partition en tronquant l'arbre à un niveau donné, le niveau dépendant soit des contraintes de l'utilisateur (l'utilisateur doit savoir combien de classes il veut obtenir), soit de critères plus objectifs (Everitt, 2001).

La Figure 28 permet de représenter le profil des différentes classes créées. L'application de l'analyse des données CAH génère plusieurs tableaux et graphes. Le graphe du profil des classes (réalisé à partir des données de préférences) permet de comparer visuellement les moyennes des différentes classes créées :

- 1<sup>er</sup>, 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> classe ont préféré la confiture « a » plus que la confiture b, c et d.
- 2<sup>ème</sup> et 8<sup>ème</sup> classe ont préféré la confiture « b » plus que la confiture a, c et d.
- 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> classe ont préféré la confiture « d » plus que la confiture b et c.
- 7<sup>ème</sup> classe ont préféré la confiture a et « c » plus que la confiture b et d.
- 9<sup>ème</sup> classe ont préféré la confiture « c » plus que la confiture a, b et d.

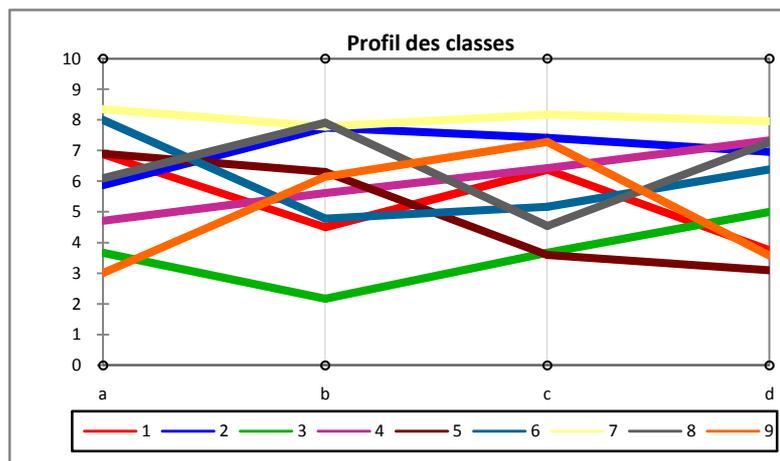


Figure 28 : Profil des classes créées.

#### IV.5.2.3. Test de préférence

La courbe de niveau et carte des préférences PREFMAP illustrée dans la Figure 29 montre que les confitures élaborées a, b, c et d sont appréciées avec un taux variant de 40% à 60% par les experts et des consommateurs de dégustation. Les confitures les plus

préférées sont la confiture **a** ( $C_1$ ) et **c** ( $C_3$ ) avec un taux de 56% chacune suivies des confitures **b** ( $C_2$ ) et **d** ( $C_4$ ) avec un des pourcentages similaires de 46% (Tableau IX).

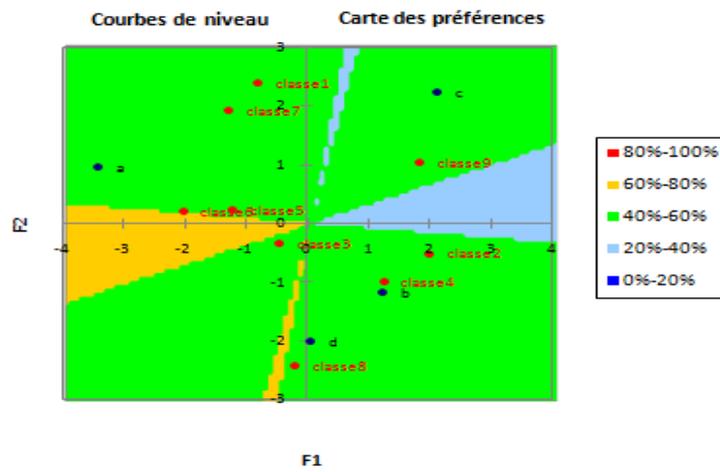


Figure 29 : Courbes de niveau et carte des préférences.

Tableau IX : Pourcentage de juges satisfaits pour chaque produit.

Produit	Pourcentage
a ( $C_1$ )	56%
b ( $C_2$ )	44%
c ( $C_3$ )	56%
d ( $C_4$ )	44%

*Conclusion*

La pastèque (*Citrullus lanatus*) est un fruit originaire d'Afrique et l'un des plus grands fruits de la famille des Cucurbitacées. Il existe plusieurs variétés de pastèque, avec ou sans pépins, des plus au moins grosses, rondes ou ovales, à chair jaune ou rouge. Elle est une importante source de lycopène, un caroténoïde de grand intérêt en raison de sa capacité antioxydante, ainsi que sa teneur en vitamine C, elle est aussi utilisée pour ses vertus thérapeutiques.

Une variété de produits peut être fabriquée à partir de la pastèque (jus, confiture, yaourt... etc). Il est nécessaire d'intensifier les études sur tous ces produits, cela contribuera à la production stable d'approvisionnements constants en produits nutritifs à valeur ajoutée de pastèque. La production de produits à valeur ajoutée de pastèque minimisera les pertes après la récolte en raison de l'utilisation même des sous produits qui peuvent être considérés comme des déchets pour produire un produit acceptable et de bonne qualité. Une grande quantité de pastèques est cultivée et vendue, mais les consommateurs ne mangent que la partie rouge et jettent l'écorce qui peut être utilisée pour d'autres préparations. Cette étude est mise au point dans le but d'élaborer une confiture à base de croûte de pastèque selon des formulations alimentaires de type biologique, énergétique et salubre avec une valeur ajoutée (enrichissement au miel). Quatre confitures (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub>) ont été élaborées et soumises à une analyse microbiologique, une évaluation sensorielle et une évaluation des propriétés physico-chimiques (pH, humidité, acidité, cendres, sucres totaux, sucres réducteurs, Brix, IBNE, indice de couleur, conductivité et pectines). En outre, la teneur en principaux antioxydants (polyphénols totaux, flavonoïdes, flavonols, caroténoïdes, lycopène et vitamine C) et l'activité antioxydante (pouvoir réducteur, Inhibition du radical DPPH<sup>o</sup>) des confitures préparées ont été également déterminées.

Les quatre formulations de la confiture de croûte de pastèque que nous avons produites traditionnellement sont conformes pour la plupart de ses paramètres aux spécifications définies par la norme Codex STAN 296-2009 et présentent une source importante en antioxydants ayant un pouvoir antioxydant important. De plus, les analyses microbiologiques révèlent que les confitures analysées présentent une qualité microbiologique satisfaisante. L'analyse sensorielle mène à conclure que la confiture C<sub>1</sub> et C<sub>3</sub> sont les plus appréciées par les dégustateurs avec un pourcentage de 56 % comparativement aux confitures C<sub>2</sub> et C<sub>4</sub> avec un taux de 44 %. Les résultats obtenus dans la présente étude montrent que l'écorce de pastèque présente des intérêts nutritionnels et

de point de vue économique très importants vu que le coût de sa transformation en confiture n'est pas très coûteux. S'agissant que nos essais qui se sont déroulés dans un temps relativement court, la DLUO (Date Limite d'Utilisation Optimale) n'a pas pu être étudié. Nous souhaitons donc que les essais soient poursuivis afin de parvenir à des résultats plus complets.

Afin de compléter ce travail il serait intéressant de:

- Valoriser les déchets des autres variétés;
- Elargir sa transformation à l'échelle industrielle;
- Etudier la stabilisation du produit sur six (06) mois au minimum;
- Déterminer le profil antioxydant en utilisant des méthodes beaucoup plus performantes et précises tels que l'HPLC.

*Références  
Bibliographiques*

Adedeji, T., & Oluwalana, I. (2013). Physico-chemical, sensory and microbial analysis of wine produced from watermelon (*Citrullus lanatus*) and pawpaw (*Carica papaya*) blend. *Food Science and Quality Management*, 19(2224-6088), 41-50.

Adetutu, A., Olorunnisola, O. S. & Owoade, O. A. (2015). Nutritive values and antioxidant activity of *Citrullus lanatus* fruit extract. *Food and Nutrition Sciences*, 6 (11), 1056-1064.

Abdelazim, A. M. A., Khalid S.M. K. & Gammaa A.M. O. (2010). Suit ability of some sudanese mango variétés for jam making. *American Journal of Scientific and Industriel Research*, 2, 17-23.

AFNOR. 1982. Recueil de Normes Françaises des produits dérivés des fruits et légumes et jus de fruits. *Ed. AFNOR*, p325.

Ahmad, M., Faruk, R., Shagari, K. A. & Umar, S. (2017). Analysis of essential oil from watermelon seeds. *SosPoly Journal of Science & Agriculture*, 2, 2536-7161.

Ajiboye, B. O., Shonibare, M. T., & Oyinloye, B. E. (2020). Antidiabetic activity of watermelon (*Citrullus lanatus*) juice in alloxan-induced diabetic rats. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, 19(1), 343-352.

Akande, E. A. Ojekemi ., O. R. (2013). Biochemical changes in watermelon and pineapple juice blend during storage. *Sky Journal of Food Science*, 2 (7), 54-58.

Alam, M., Hoque, M., Morshed, S., Akter, F., & Sharmin, K. (2013). Evaluation of watermelon (*Citrullus lanatus*) juice preserved with chemical preservatives at refrigeration temperature. *Journal of Scientific Research*, 5(2), 407-414.

Al-Mamary, M., Al-Meerri, A., & Al-Habori, M. (2002). Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutrition research*, 22(9), 1041-1047.

Al-Sayed, H. M., & Ahmed, A. R. (2013). Utilization of watermelon rinds and sharlyn melon peels as a natural source of dietary fiber and antioxidants in cake. *Annals of Agricultural Sciences*, 58(1), 83-95.

Ankush, D. J., Shukla, R. N. & Guosoddin. (2015). Development and chemical analysis of watermelon blends with beetroot juice during storage. *International Journal of Scientific Engineering and Technology*, 3 (4), 960-964.

Arkoub-Djermoune, L., Boulekbache-Makhlouf, L., Zeghichi-Hamri, S., Bellili, S., Boukhalfa, F., & Madani, K. (2016). Influence of the thermal processing on the physico-chemical properties and the antioxidant activity of a solanaceae vegetable: eggplant. *Journal of Food Quality*, 39(3), 181-191.

Aziz, M., Azam, I., Zafar, A., & Batool, R. (2021). Incorporation of antioxidant enriched almond skin in dried apricot jam. *EasyChair Preprint*, № 5848.

Bath, P. K., & Singh, N. (1999). A comparison between *Helianthus annuus* and *Eucalyptus lanceolatus* honey. *Food Chemistry*, 67(4), 389-397.

- Benmeziane, F., Djermoune-Arkoub, L., Boudraa, A., & Bellaagoune, S. (2018). Physicochemical characteristics and phytochemical content of jam made from melon (*Cucumis melo*). *International Food Research Journal*, 25(1), 133-141.
- Besbes, S., Drira, L., Blecker, C., Deroanne, C & Attia, H. (2009). Adding value to hard date (*Phoenix dactylifera* L.): Compositional, functional and sensory characteristics of date jam. *Food Chemistry*, 112,406–411.
- Bourgou, S., ksouri, R., Bellila, A., Skandrani, I., Falleh, H. & Marzouk, B. (2007). Phenolic composition and biological activities of Tunisian *Nigella sativa* L. shoots and roots. *Comptes Rendos Biologies*, 331, 48-55.
- Bouzonviller, E. (2004). A Decisive Stopover in" an Antiseptic Smelling Land": Switzerland as a Place of Decision and Recovery in F. Scott Fitzgerald's Fiction. *The F. Scott Fitzgerald Review*, 3, 27-42.
- Buchecker, K. (2008). Sensorik. *Ed. Behr's publishing hamburg*. pp 1-41.
- Cascales, E. V., & García, J. M. R. (2020). Characteristics of the raw fruit, industrial pulp, and commercial jam elaborated with Spanish quince (*Cydonia oblonga* Miller). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 623-633.
- Chakrabarty, N., Mourin, M. M., Islam, N., Haque, A. R., Akter, S., Siddique, A. A., & Sarker, M. (2020). Assessment of the Potential of Watermelon Rind Powder for the Value Addition of Noodles. *Journal of Biosystems Engineering*, 45(4), 223-231.
- Chen, J., Li, F., Li, Z., McClements, D. J. & Xiao, H. (2017). Encapsulation of carotenoids in emulsion-based delivery systems: Enhancement of  $\beta$ -carotene water-dispersibility and chemical stability. *Food Hydrocolloids*, 69, 49-55.
- Choo, W. S., & Sin, W. Y. (2012). Ascorbic acid, lycopene and antioxidant activities of red-fleshed and yellow-fleshed watermelons. *Advances in Applied Science Research*, 3(5), 2779-2784.
- Choudhary, B. R., Haldhar, S. M., Maheshwari, S. K., Bhargava, R. & Sharma, S. K. (2015). Phytochemicals and antioxidants in watermelon (*Citrullus lanatus*) genotypes under hot arid region. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 85 (3), 414-417.
- Codex Alimentarius. (2009). Confitures, gelées et marmelades. norme codex pour la confiture, gelées et marmelades. *Ed. CODEX STAN 296, FAO, OMS*, pp 1-10.
- Codex Alimentarius. (2017). Confitures, gelées et marmelades. normes codex pour la confiture, gelées et marmelades. *Ed. CODEX STAN 296, FAO, OMS*, pp 1-11.
- Darman, D. R., Ngang, J. J. E., & Etoa, F. X. (2010). Development of water melon (*Citrullus vulgaris* L.) red wine. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(2), 73-77.

Das, S., Raychaudhuri, U., Falchi, M., Bertelli, A., Braga, P. & DAS, D.K. (2011). Cardioprotective properties of raw and cooked eggplant (*Solanum melongena* L). *Food Functional*, 2, 395-399.

Del Caro, A., Piga, A., Vacca, V., & Agabbio, M. (2004). Changes of flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage. *Food chemistry*, 84(1), 99-105.

Depledt, F. S., F. (2002). Evaluation sensorielle des produits alimentaires. Référence F4000V1. [www.techniques-ingenieur.fr](http://www.techniques-ingenieur.fr)

Derrardja, A. E. (2014). Impact de deux procédés technologiques (jus et confiture) et du séchage sur les polyphénols et les caroténoïdes de l'abricot. Mémoire de magister Technologie Alimentaire, Université de Constantine. pp 1-161.

Dermesonlouoglou, E., Giannakourou, M. & Taoukis, P. (2007). Kinetic modelling of the quality degradation of frozen watermelon tissue: effect of the osmotic dehydration as a pre-treatment. *International Journal of Food Science and Technology*, 42 (7), 790-798.

DGCERF. (2008). Guide pratique d'utilisation de la valisette de contrôle de la qualité. Edité par la Direction Générale du Contrôle Economique et de la Répression des Fraudes. Ministère du Commerce.

Di Mascio, P., Kaiser, S., & Sies, H. (1989). Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. *Archives of biochemistry and biophysics*, 274(2), 532-538.

Dia, M., Wehner, T. C., Perkins-Veazie, P., Hassell, R., Price, D. S., Boyhan, G. E. & Bernier, J. (2016). Stability of fruit quality traits in diverse watermelon cultivars tested in multiple environments. *Horticulture Research*, 3 (1), 1-11.

Djaoudene, O. (2015). Etude de l'évolution de la composition et des propriétés antioxydantes de confitures d'oranges au cours de la conservation. Alimentation et technologie Alimentaire, Mémoire de magister. Université de Abderrahmane Mira, Bejaïa. pp 1-57.

Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., & Vidal, N. (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chemistry*, 97(4), 654-660.

Ebrahimi, N. S., Hadian, J., Mirjalili, M.H., Sonboli, A. & Youcefzadi M. (2008). Essential oil composition and antibacterial activity of thymus caramanicus et different phenological stages. *Food Chemistry*, 110, 927-931.

Egbonu, 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.

Eke-Ejiofor, J., & Owuno, F. (2013). The physico-chemical and sensory properties of jackfruit (*Artocarpus heterophilus*) jam. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 2(3), 149-152.

El-Badry, N., El-Waseif, M., Badr, S., & Ali, H. (2014). Effect of addition watermelon rind powder on the rheological, physiochemical and sensory quality attributes of pan bread. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 4(4), 1051-1046.

El Far, M. M., & Taie, H. A. (2009). Antioxidant activities, total anthocyanins, phenolics and flavonoids contents of some sweetpotato genotypes under stress of different concentrations of sucrose and sorbitol. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4), 3609-3616.

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

Everitt B.S, L. S., Leese M. (2001). Cluster analysis, 4ème Ed. Arnold,London, p. 35- 42.

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 and Emerging Technologies*, 19, 133-139.

Fila, W., Itam, E., Johnson, J., Odey, M., Effiong, E., Dasofunjo, K., & Ambo, E. (2013). Comparative proximate compositions of watermelon *Citrullus lanatus*, squash *Cucurbita pepo* '1 and rambutan *Nephelium lappaceum*. *International Journal of Science and Technology*, 2(1), 81-88.

Fraser, P. D. B. P. M. (2004). The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. *Progress in Lipid Research*, 43 (1), 228-265.

Ghavidel, R. A. D., & Davoodi, M.G. (2006 ). Effect of Chemical Pretreatments and Dehydration Methods on Quality Characteristics of Tomato Powder and Its Storage Stability. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation*, 3 (6), 330-339.

Ghedira, K. (2005). Les flavonoides: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 4,162-169.

Globinmed, A. (2010). *Citrullus lanatus* (Thunb) Manf (Cucurbitaceae). <http://www.globinmed.com>.

Gusmini, G., & Wehner, T. C. (2007). Heritability and genetic variance estimates for fruit weight in watermelon. *Horticultural Science*, 42 (6), 1332-1336.

Hasanin, M. S., & Hashem, A. H. (2020). Eco-friendly, economic fungal universal medium from watermelon peel waste. *Journal of Microbiological Methods*, 168, 105802.

Hebbache, I., Sebkhil, S. & Ouchemoukh, S. E. (2013). Teneurs en antioxydants et activités antioxydantes de quelques variétés de confitures industrielles. Mémoire Master, Université Abderrahmane Mira, Bejaia, pp 1- 64.

Hidlago, M., Sanchez, S.M. & Pascual, T. (2009). Flavonoid- flavonoide interaction and its effect on their antioxidant activity. *Food Chemistry*, 121, 691-696.

Hoque, M. M., & Iqbal, A. (2015). Drying of watermelon rind and development of cakes from rind powder. *International Journal of Novel Research in Life Sciences*, 2(1), 14-21.

Hong, M. Y., Kaufman, N. H., Katy, H. S., Figueroa, A. & Kern, M. (2015). Watermelon consumption improves inflammation and antioxidant capacity in rats fed an atherogenic diet. *Nutrition Research*, 35 (3), 251-258.

Huang, D., Ou, B., Hampsch-Woodill, M., Flanagan, J. A. & Deemer, E.K. (2002). Analysis of antioxidant activity of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: a comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(11), 3122-3128

Ibrahim, U. K., Kamarrudin, N., Suzihaque, M. U. H., Abd Hashib, S. (2017). Local fruit wastes as a potential source of natural antioxidant: An Overview. *IOP Publishing*, 206 (1), 1088-1757.

Igual, M., Garcia-Martinez, E., Camacho, M.M. & Martinez-Navarrete, N. (2013). Jam processing and storage effect on  $\beta$ -carotene and flavonoids content in grapefruit. *Journal of Functional Foods*, 5, 736-744.

Innocent, K., & Matenda, R. (2018). Postharvest technology and value addition of watermelons (*Citrullus lanatus*): An overview. *Journal of Postharvest Technology*, 6(2), 75-83.

Isengard, H. (1995). Rapid water determination in foodstuffs. *Trends in Food Science & Technology*, 6(5), 155-162.

Islam, M. (2017). Value Addition to Watermelon Rind Through Jam Preparation. Mémoire de master, *Sher-e-Bangla Agricultural University Dhaka*, p 69.

Jacob, R., Hasegawa, S., & Manners, G. (2000). The potential of citrus limonoids as anticancer agents. *Perishables Handling Quarterly*, 102, 6-8.

Jawaheer, B., Goburdhun, D. & Ruggoo, A. (2003). Effect of Processing and Storage of Guava into Jam and Juice on the Ascorbic Acid Content. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58, 1-12.

Jumde, A., & Shukla, R. (2015). Gousoddin. Development and Chemical Analysis of Watermelon Blends with Beetroot Juice during Storage. *International Journal of Science Engineering and Technology*, 4, 2395-4752.

Kanwal, N., Randhawa, M. A. & Iqbal, Z. (2016). A review of production, losses and processing technologies of guava. *Asian Journal of Agriculture and Food Sciences*, 4(2), 111.

Kong, L., Bhosale, R. & Ziegler, G. R. (2018). Encapsulation and Stabilization of  $\beta$ carotene by Amylose Inclusion Complexes. *Food Research*, 105, 446-452.

Küçük, M., Kolaylı, S., Karaoğlu, Ş., Ulusoy, E., Baltacı, C., & Candan, F. (2007). Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. *Food Chemistry*, 100(2), 526-534.

Kulczyński, B., Gramza-Michałowska, A., Kobus-Cisowska, J. & Kmiecik, D. (2017). The role of carotenoids in the prevention and treatment of cardiovascular disease—Current state of knowledge. *Journal of Functional Foods*, 38, 45-65.

Kumar, R., Sivakumar, T., Sunderam, R., Gupta, M., Mazumdar, U., Gomathi, P., Muruges, K. (2005). Antioxidant and antimicrobial activities of *Bauhinia racemosa* L. stem bark. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 38, 1015-1024.

Kyriacou, M. C., Leskovar, D. I., Colla, G. & Roupael, Y. (2018). Watermelon and melon fruit quality: The genotypic and agro-environmental factors implicated. *Scientia Horticulturae*, 234, 393-408.

Lako, J., Trenerry, V. C., Wahlqvist, M., Wattanapenpaiboon, N., Sotheeswaran, S., & Premier, R. (2007). Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. *Food Chemistry*, 101(4), 1727-1741.

Levaj, B., Kovačević, D.B., Bituh, M., Dragović-Uzelac, V. (2012). Influence of Jam Processing Upon the Contents of Phenolics and Antioxidant Capacity in Strawberry fruit (*Fragaria ananassa* Duch.). *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition*, 7, 18-22.

Li, H., Wang, X., Li, Y., Li, P. & Wang H. (2009). Polyphenolic compound and antioxidant properties of selected china wines. *Food Chemistry*, 112, 454-460.

Lin, Q., Liang, R., Williams, P. A. & Zhong, F. (2018). Factors Affecting the Bioaccessibility of  $\beta$ -carotene in Lipid-Based Microcapsules: Digestive conditions, the composition, structure and physical state of microcapsules. *Food Hydrocolloids*, 77, 187203.

Maisuthisakul, P., Pasuk, S. & Ritthiruangdej, P. (2008). Relationship between antioxidant properties and chemical composition of some Thai plants. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 229-240.

Makaepea, M., Maoto, M. M., Beswa, D. & Jideani, A. I. O. (2019). Watermelon as a potential fruit snack. *International Journal of Food Properties*, 22 (1), 355-370.

Mau, J. L., Tsai, S. Y., Tseng, Y. H., & Huang, S. J. (2005). Antioxidant properties of methanolic extracts from *Ganoderma tsugae*. *Food Chemistry*, 93(4), 641-649.

McLaren, D. S., & Frigg, M. (1997). Vitamin A in nature. In "Sight and life manual on vitamin A deficiency disorders (VADD)". Ed. Task Force Sight and Life Basel, Switzerland, pp 1-8.

- Meenaks, h. S. F. K. (2014). Processing seabuckthorn fruit for antioxidant rich jam development and shelf stability assessment. *Indian Journal Traditional Knowledge*, 13 (2),
- 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.
- Mélo, E. A., Lima, V.L.A.G., Maciel, M.I.S., Caetano, A.C.S. & Leal, F.L.L. (2006). Polyphenol, ascorbic acid and total carotenoid contents in common fruits and vegetables. *Brazilian Journal of Food Technology*, 9 (2), 89-94.
- Miliauskas, G., Venskutonis, P.R., Van Beek, T.A. ( 2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extract. *Food Chemistry*, 85, 231-237.
- Muhammad, A., Durrani, Y., Zeb, A., Ayub, M., & Ullah, J. (2008). Development of diet jam from apple grown in swat (NWFP). *Sarhad Journal of Agriculture*, 24(3), 461-467.
- Monros. (2009). Standardisation d'une formulation de confiture de Chédaque et évaluation des paramètres physico-chimiques, microbiologique et sensoriels. *Mémoire d'ingénieur en Agronomie, Université d'état d'Haïti*. p 57.
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*, 26(2), 211-219.
- Morais, D. R., Rotta, E. M., Sargi, S. C., Bonafe, E. G., Suzuki, R. M., Souza, N. E. & Visentainer, J. V. (2017). Proximate composition, mineral contents and fatty acid composition of the different parts and dried peels of tropical fruits cultivated in Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 28(2), 308-318.
- Nagal, S., Kaur, C., Choudhary, H., Singh, J., Bhushan Singh, B., Singh, K. N. (2012). Lycopene content, antioxidant capacity and colour attributes of selected watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansfeld) cultivars grown in India. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63 (8), 996-1000.
- Naz, A., Butt, M. S., Sultan, M. T., Qayyum, M. M. N. & Niaz, R. S. (2014). Watermelon lycopene and allied health claims. *Excli Journal*, 13, 650-660.
- Nickavar, B., Alinaghi, A. & Kamalinejad, M. (2008). Evaluation of the antioxidant properties of five *Mentha* species. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 7(3), 203-209.
- Nicole, T., & François, G. (2013). Des fruits et des graines comestibles du monde entier. *Ed. Lavoisier*, p 728.
- Nicoli, M., Anese, M. & Parpinel, M. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, 10, 94-100.

- Oberoi, D. P. S., & Sogi, D. S. (2017). Prediction of lycopene degradation during dehydration of watermelon pomace (cv Sugar Baby). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(1), 97-103.
- Ogodo, A. C., Ugbogu, O. C., Ugbogu, A. E., & Ezeonu, C. S. (2015). Production of mixed fruit (pawpaw, banana and watermelon) wine using *Saccharomyces cerevisiae* isolated from palm wine. *SpringerPlus*, 4(1), 1-11.
- Ogunbanwo, S., Azinat, S., Olufunke, A., & Fadahunsi, I. (2013). Microbiological and nutritional evaluation of water melon juice (*Citrullus lanatus*). *Acad. Arena*, 5, 36-41.
- Okwori, E., Onu, R., Adamu, M. O., Chindo, H., Dikko, H., Odunze, I. I. & Eze, P. (2017). Production and shelf life determination of fruit/vegetable juices using watermelon, cucumber, pineapple and carrot. *African Journal of Food Science and Technology*, 8 (3), 34-39.
- Otutu, O., Seidu, K., Muibi, B., Oladokun, F., & Oyalowo, M. (2015). Potential food value of watermelon (*Citrullus lanatus*) seed constituents. *The International Journal of Science and Technoledge*, 3(7), 222.
- Owolade, S., Babalola, S., Popoola, F., Akinrinola, A., & Olabod, I. (2016). Study on physico-chemical property and shelf-life of watermelon jam under ambient storage. *Journal of Agroalimentary Process and Technology*, 22 (4), 286-291.
- Oyaizu, M. (1986). Studies on products of browning reaction antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *The Japanese Journal of nutrition and Dietetics*, 44(6), 307-315.
- Oyeleke, G., Olagunju, E., & Ojo, A. (2012). Functional and physicochemical properties of watermelon *Citrullus Lanatus* seed and seed-oil. *Journal of Applied Chemistry*, 2(2), 29-31.
- Pacier, C., & Martirosyan, D. M. (2015). Vitamin C: optimal dosages, supplementation and use in disease prevention. *Functional Foods in Health and Disease*, 5(3), 89-107.
- Pinto, P., Santos, C., Henriques, C., Basto de Lima, M. G. & de Fátima Quedas, M. (2011). Lycopene content and antioxidant capacity of Portuguese watermelon fruits. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 2090-2097.
- Pitrat, M., & Foury, C. (2003). Histoires de légumes: Des origines à l'orée du XXI<sup>e</sup> siècle. *Ed. Qua, Paris, France*, p 396.
- Plaza, L., Sánchez-Moreno, C., De Ancos, B., Elez-Martínez, P., Martín-Belloso, O., & Cano, M. P. (2011). Carotenoid and flavanone content during refrigerated storage of orange juice processed by high-pressure, pulsed electric fields and low pasteurization. *LWT-Food Science and Technology*, 44(4), 834-839.
- Pnns. (2007). Rapport du groupe de travail Pnns sur les glucides, partie 1, mars p. ([www.agriculture.gouv.fr/rapport\\_glucides.pdf](http://www.agriculture.gouv.fr/rapport_glucides.pdf)). Consulté le 22/08/2019.

Poiana, M.A., Alexa, E., & Mateescu, C. (2012). Tracking antioxidant properties and color changes in low-sugar bilberry jam as effect of processing, storage and pectin concentration. *Chemistry Central Journal*, 6(1), 1-11.

Quek, S. Y., Chok, N. K., & Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46(5), 386-392.

Ramadan, M. F. (2019). Fruit Oils: Chemistry and Functionality. Ed. Springer Nature Switzerland, p 910.

Rhodes, B., & Zhang, X. (2000). Hybrid seed production in watermelon. *Journal of New Seeds*, 1(3-4), 69-88.

Ribeiro, S., Barbosa, L., Queiroz, J., Knödler, M., & Schieber, A. (2008). Phenolic compounds and antioxidant capacity of Brazilian mango (*Mangifera indica* L.) varieties. *Food Chemistry*, 110(3), 620-626.

Rodríguez-Roque, M. J., de Ancos, B., Sánchez-Moreno, C., Cano, M. P., Elez-Martínez, P., & Martín-Belloso, O. (2015). Impact of food matrix and processing on the in vitro bioaccessibility of vitamin C, phenolic compounds, and hydrophilic antioxidant activity from fruit juice-based beverages. *Journal of Functional Foods*, 14, 33-43.

Ronielli, C. R., Eliseth, S. V., Jaciene, L. J., Marcos, V. S. A. & Celio K. S. (2014). Physicochemical and Sensory Characterization of Banana and Araçá-Boi Jam. *Brazilian Agricultural Research Corporation*, 5, 733-741.

Roy, D. K. D., Saha, T., Akter, M., Hosain, M., Khatun, H., & Roy, M. C. (2015). Quality evaluation of yogurt supplemented with fruit pulp (banana, papaya, and water melon). *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 4(6), 695-699.

Sabahelkhier, M., Ishag, K., & Sabir Ali, A. (2011). Fatty acid profile, ash composition and oil characteristics of seeds of watermelon grown in Sudan. *British Journal of Science*, 1(2), 76-80.

Sass-Kiss, A., Kiss, J., Milotay, P., Kerek, M., & Toth-Markus, M. (2005). Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*, 38(8-9), 1023-1029.

Scibisz, I., & Mitek, M. (2009). Effect of processing and storage conditions on phenolic compounds and antioxidant capacity of highbush blueberry jams. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 59(1), 45-52.

Schaffer, C. B., García, J. F., & Mazur, E. (2003). Bulk heating of transparent materials using a high-repetition-rate femtosecond laser. *Applied Physics A*, 76(3), 351-354.

Seidu, S., Achana, F., Gray, L., Davies, M., & Khunti, K. (2016). Effects of glucose-lowering and multifactorial interventions on cardiovascular and mortality outcomes: a meta-analysis of randomized control trials. *Diabetic Medicine*, 33(3), 280-289.

Sengupta, S., Patra, D., Ortiz-Rivera, I., Agrawal, A., Shklyae, S., Dey, K. K., & Sen, A. (2014). Self-powered enzyme micropumps. *Nature Chemistry*, 6 (5), 415-423.

Shao, P., Qiu, Q., Xiao, J., Zhu, Y. & Sun, P. (2017). Chemical stability and in vitro release properties of  $\beta$ -carotene in emulsions stabilized by *Ulva fasciata* polysaccharide. *International Journal of Biological Macromolecules*, 102, 225-231.

Soteriou, G. A., Kyriacou, M. C., Siomos, A. S. & Gerasopoulos, D. (2014). Evolution of watermelon fruit physicochemical and phytochemical composition during ripening as affected by grafting. *Food Chemistry*, 165, 282-289.

Souad, A., Jamal, P., & Olorunnisola, K. (2012). Effective jam preparations from watermelon waste. *International Food Research Journal*, 19 (4), 1545-1549.

Srivastava, P. M., R. (2011). Sources of pectin, extraction and its applications in pharmaceutical industry, An overview. *Indian Journal of Natural Product*, 2 (1), 10-18.

Stone, H., Bleibaum, R. M. & Thomas H. A. (2012). Sensory evaluation practices. In "introduction to sensory evaluation". Ed. Elsevier, pp 8-15.

Sui, X., Jiang, L., Li, Y., & Liu, S. (2011). The research on extracting oil from watermelon seeds by aqueous enzymatic extraction method. *Procedia Engineering*, 15, 4673-4680.

Suutarinen, J., Honkapää, K., Heiniö, R. L., Autio, K., Mustranta, A., Karppinen, S., Morkkila, M. (2002). Effects of calcium chloride-based prefreezing treatments on the quality factors of strawberry jams. *Journal of Food Science*, 67(2), 884-894.

Tamburini, E., Costa, S., Rugiero, I., Pedrini, P. & Marchetti, M. G. (2017). Quantification of lycopene,  $\beta$ -carotene and total soluble solids in intact red-flesh watermelon (*Citrullus lanatus*) using on-line near-infrared spectroscopy. *Sensors*, 17 (4), 746-758.

Tariq, K. (2015). Functional Properties and Preparation of Diet Apricot Jam. *Food Science and Quality Management*, 6, 475-498.

Temagoult, A. (2017). Caractérisation et Transformation de la Figue de Barbarie (*Opuntia Ficus Indica* L.), Elaboration d'une Confiture et d'une Gelée Extra. Génie des Procédés Alimentaires. *Mémoire de master, Université Hadj Lakhdar- Batna 1*, pp 1-71.

Tița, B., & Statti, G. A. (2020). Nutraceutical properties and health-promoting biological activities of fruits of watermelon cultivars with different origins. *Farmacia*, 68, 4, 679-686.

Tlili, I., Hdider, C., Ilahy, R., & Jebari, H. (2010). Phytochemical composition and antioxidant activity of selected watermelon varieties grown in Tunisia. *The African Journal of Plant Science and Biotechnology*, 4 (2), 68-71.

Tlili, I., Hdider, C., Lenucci, M. S., Riadh, I., Jebari, H., & Dalessandro, G. (2011). Bioactive compounds and antioxidant activities of different watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansfeld) cultivars as affected by fruit sampling area. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(3), 307-314.

Tomas-Babera, F. A. E., J. C. (2001). Phenolic compounds and related enzyme as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81, 853-876.

Touati, N., Tarazona-Díaz, M. P., Aguayo, E. & Louaileche, H. (2014). Effect of storage time and temperature on the physicochemical and sensory characteristics of commercial apricot jam. *Food Chemistry*, 145, 23–27.

Tsao, R., Khanizadeh, S. & Dale, A. (2006). Designer fruits and vegetables with enriched phytochemicals for human health. *Canadian Journal of Plant Science*, 86 (3), 773-786.

USDA. (2002). USDA nutrient database for standard reference, release 15.U.S. Department of Agriculture, Beltsville Human Nutrition Research Center, Beltsville Md, United States. <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>

Verma, L., & Joshi, V. (2000). Postharvest technology of fruits and vegetables: an overview. *Postharvest Technology of Fruits and Vegetables: General Concepts and Principles*, p 1194.

Vohra, A., & Kaur, H. (2011). Chemical investigation of medicinal plant *Ajuga bracteosa*. *Journal of Natural Products Plant Resources*, 1(1), 37-45.

Warakulle, S., Weerathilake, W., & Abeynayake, N. (2014). Production and Evaluation of Set Type Yoghurt Incorporated with Water Melon (*Citrullus lanatus*). *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4, 1-4.

Watts, F. N. & Coyle, K. 1991. Recall bias for stimulus and response anxiety words in spider phobics. *Anxiety Research*. 4(4), 315-323.

Wehner, T. C. (2008). *Watermelon Vegetables I*. Ed. Springer, pp 381-418.

Willcox, J. K., Catignani, G. L. & Lazarus, S. (2003). Tomatoes and cardiovascular health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43, 1-18.

Woodall, M. J., Lee, S. W., Weesie, R. J., Jackson, M. J. & Britton, G. (1997). Oxidation of carotenoids by Free radicals: relationship between structure and reactivity. *Biochimica and Biophysica Acta*, 1336, 33-42.

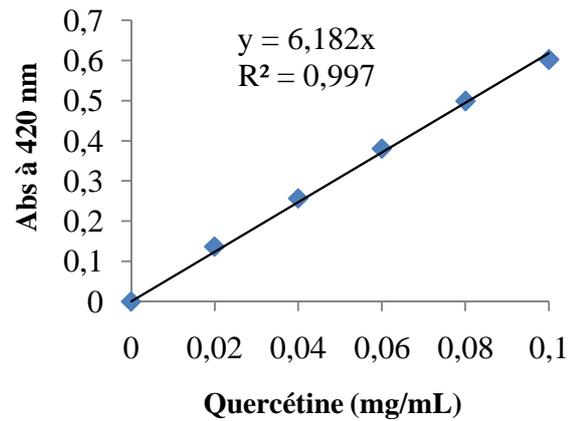
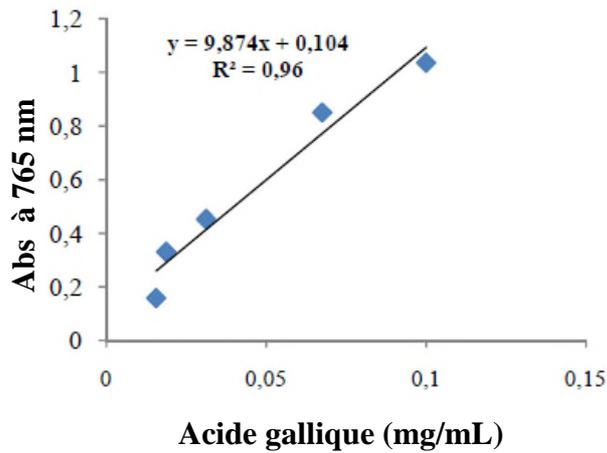
Yuan, G., Wahlqvist, M. L., He, G., Yang, M. & Li, D. (2006). Natural products and anti-inflammatory activity. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 15 (2), 143-152.

Zamuz, S., Munekata, P. E., Gullón, B., Rocchetti, G., Montesano, D., & Lorenzo, J. M. (2021). *Citrullus lanatus* as source of bioactive components: An up-to-date review. *Trends in Food Science and Technology*, 11, 208-222.

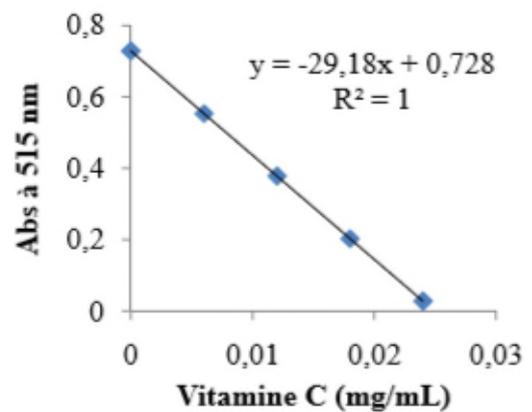
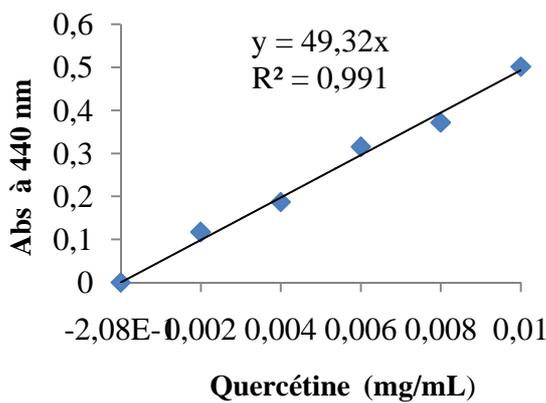
Zia, S., Khan, M. R., Shabbir, M. A., & Aadil, R. M. (2021). An update on functional, nutraceutical and industrial applications of watermelon by-products: A comprehensive review. *Trends in Food Science and Technology*, 114, 275-291.

# *Annexes*

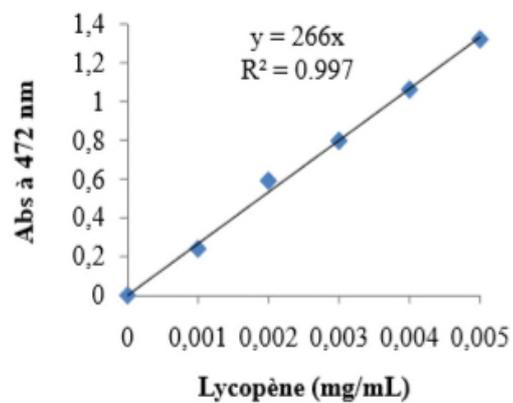
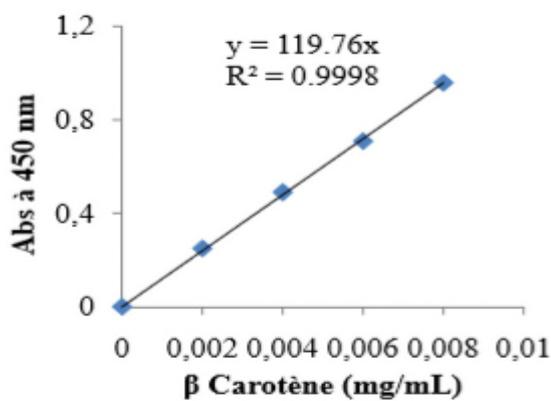
## Annexe I: Courbes d'étalonnage



**Figure 1:** Courbe étalon pour le dosage des polyphénols. **Figure 2:** Courbe étalon pour le dosage des flavonoïdes.

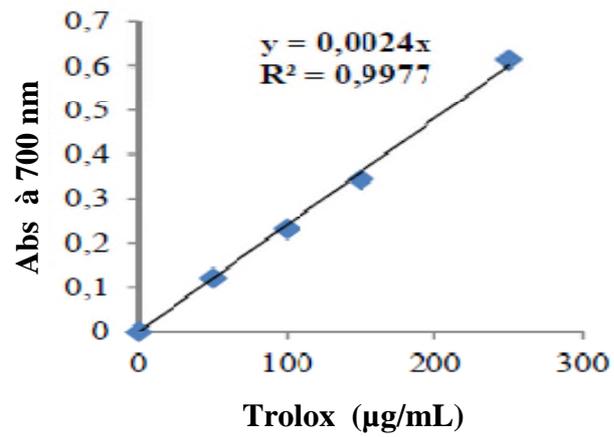


**Figure 3:** Courbe étalon pour le dosage des flavonols. **Figure 4:** Courbe étalon pour le dosage de la vitamine C.

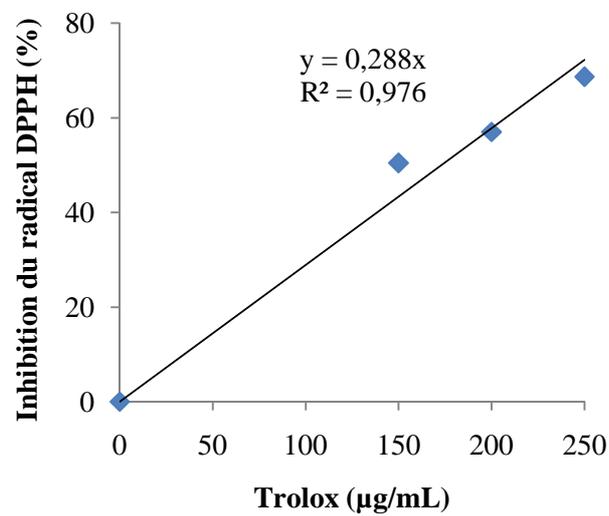


**Figure 5:** Courbe étalon pour le dosage des caroténoïdes totaux. **Figure 6:** Courbe étalon pour le dosage du lycopène.

## Annexe I (suite): Courbes d'étalonnage



**Figure 7:** Pouvoir réducteur en fonction de la concentration du Trolox (µg/mL)



**Figure 8:** Activité antiradicalaire (DPPH) en fonction de la concentration du Trolox (µg/mL).

## Annexe II: Questionnaire d'analyse sensorielle de la confiture (panel expert)

**Sexe:** Fou M  
:.....

**Date**

**Age :**.....

Dans l'optique de réaliser une caractérisation sensorielle de la confiture, quatre échantillons numérotés 1, 2, 3, 4 vous sont présentés. Il vous est demandé de les goûter successivement et d'évaluer les caractéristiques suivantes : la Couleur, l'odeur, la sensation en bouche (goût sucré, arôme, acidité, arrière-goût) et la texture (consistance).

**N.B :** Veuillez rincer la bouche après chaque dégustation d'un échantillon.

### Couleur:

Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon comme présentée ci-dessous :

**1 :** Très faiblement intense

**2 :** Faiblement intense

**3 :** Moyennement intense

**4 :** Fortement intense

**5 :** Très fortement intense

Echantillon	1	2	3	4
Note				

### Odeur :

Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon concernant l'intensité de l'odeur fraise :

**1 :** Très faiblement intense

**2 :** Faiblement intense

**3 :** Moyennement intense

**4 :** Fortement intense

**5 :** Très fortement intense

Echantillon	1	2	3	4
Note				

**Sensation en bouche :**• **Goût sucré**

Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

1 : Très faiblement intense

2 : Faiblement intense

3 : Moyennement intense

4 : Fortement intense

5 : Très fortement intense

<b>Echantillon</b>	1	2	3	4
<b>Note</b>				

• **Arôme (Sensation en bouche):**

Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

1 : Très faiblement intense

2 : Faiblement intense

3 : Moyennement intense

4 : Fortement intense

5 : Très fortement intense

<b>Echantillon</b>	1	2	3	4
<b>Note</b>				

• **Acidité :**

Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

1 : Très faiblement intense

2 : Faiblement intense

3 : Moyennement intense

4 : Fortement intense

5 : Très fortement intense

<b>Echantillon</b>	1	2	3	4
<b>Note</b>				

- **Arrière-goût :**

Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

1 : Absent

2 : Faible

3 : Moyen

4 : Fort

5 : Très fort

<b>Echantillon</b>	1	2	3	4
<b>Note</b>				

- **Consistance :**

Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

1 : Trop molle

2 : Molle

3 : Moyenne

4 : Gélifiante

5 : Très gélifiante

<b>Echantillon</b>	1	2	3	4
<b>Note</b>				

- **Tartinabilité :**

Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

1 : Très difficile

2 : Difficile

3 : Moyenne

4 : Facile à tartiner

5 : Très facile à tartiner

<b>Echantillon</b>	1	2	3	4
<b>Note</b>				

**1. Préférence générale :**

❖ Donnez une note de préférence de 1 a 9 pour chaque échantillon sachant que la note 1 correspond au moins préféré et la note 9 au plus préféré selon l'échelle ci-dessous:

❖ **1:** Extrêmement désagréable, **2:** Très désagréable, **3:** Désagréable, **4:** assez désagréable,

**5 :** Ni agréable ni désagréable, **6 :** faiblement agréable , **7 :** Agréable, **8 :** Très agréable, **9 :** Extrêmement agréable.

Echantillon	1	2	3	4
Note				

**2. paramètre ayant motivé la préférence générale :**

❖ Quel sont les caractères organoleptique qui ont motivé votre préférence:

Le goût	<input type="text"/>	L'acidité	<input type="text"/>	L'arôme	<input type="text"/>
Sucré					
La couleur	<input type="text"/>	L'arrière-gout	<input type="text"/>	L'Odeur	<input type="text"/>
La consistance	<input type="text"/>				

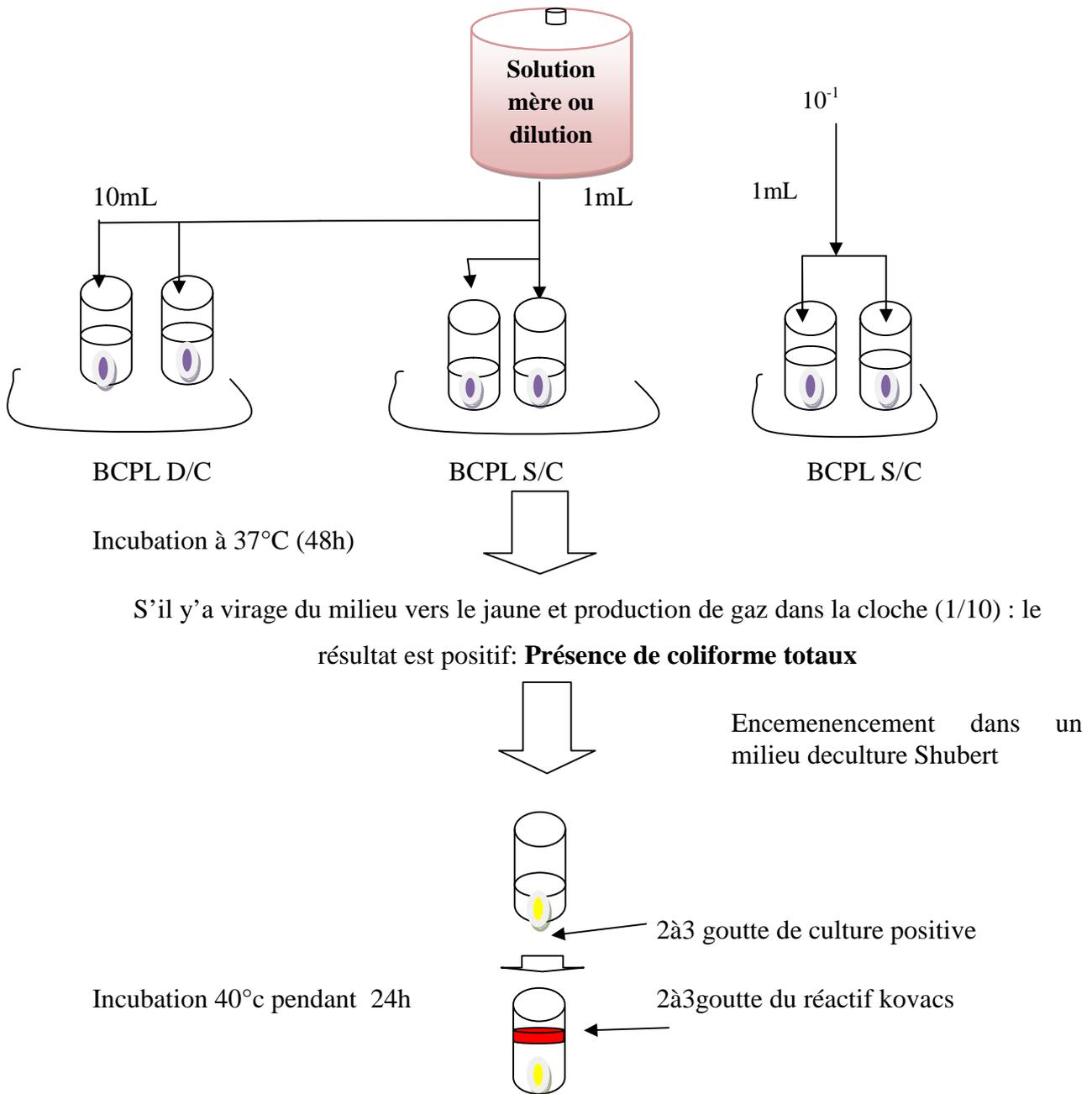
**Il s'agit de confiture de quel fruit selon vous ? .....**

**Avis personnel**

.....  
 .....

**\*Merci pour votre  
coopération\***

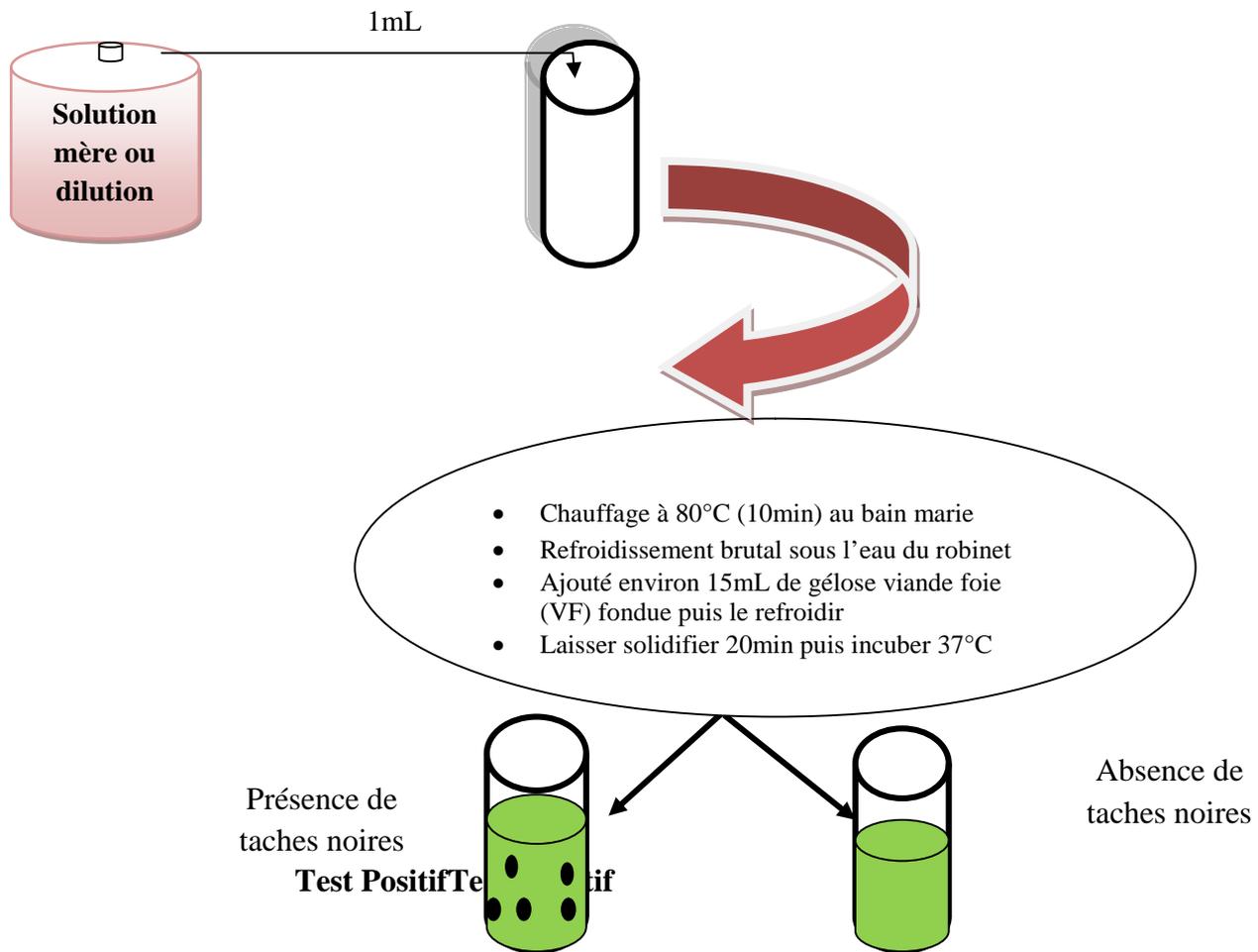
## Annexe III: Diagrammes des analyses microbiologiques.



S'il ya formation d'un trouble et d'un anneau rouge avec production de gaz donc présence d'*E.Coli* (coliforme fécaux).

**Figure 1:** Dénombrement des coliformes totaux et fécaux.

## Annexe III (suite):Diagrammes des analyses microbiologiques.



**Figure 2:** Recherche et dénombrement de *Clostridium* Sulfite-réducteurs

## Annexe III (suite): Diagrammes des analyses microbiologiques.

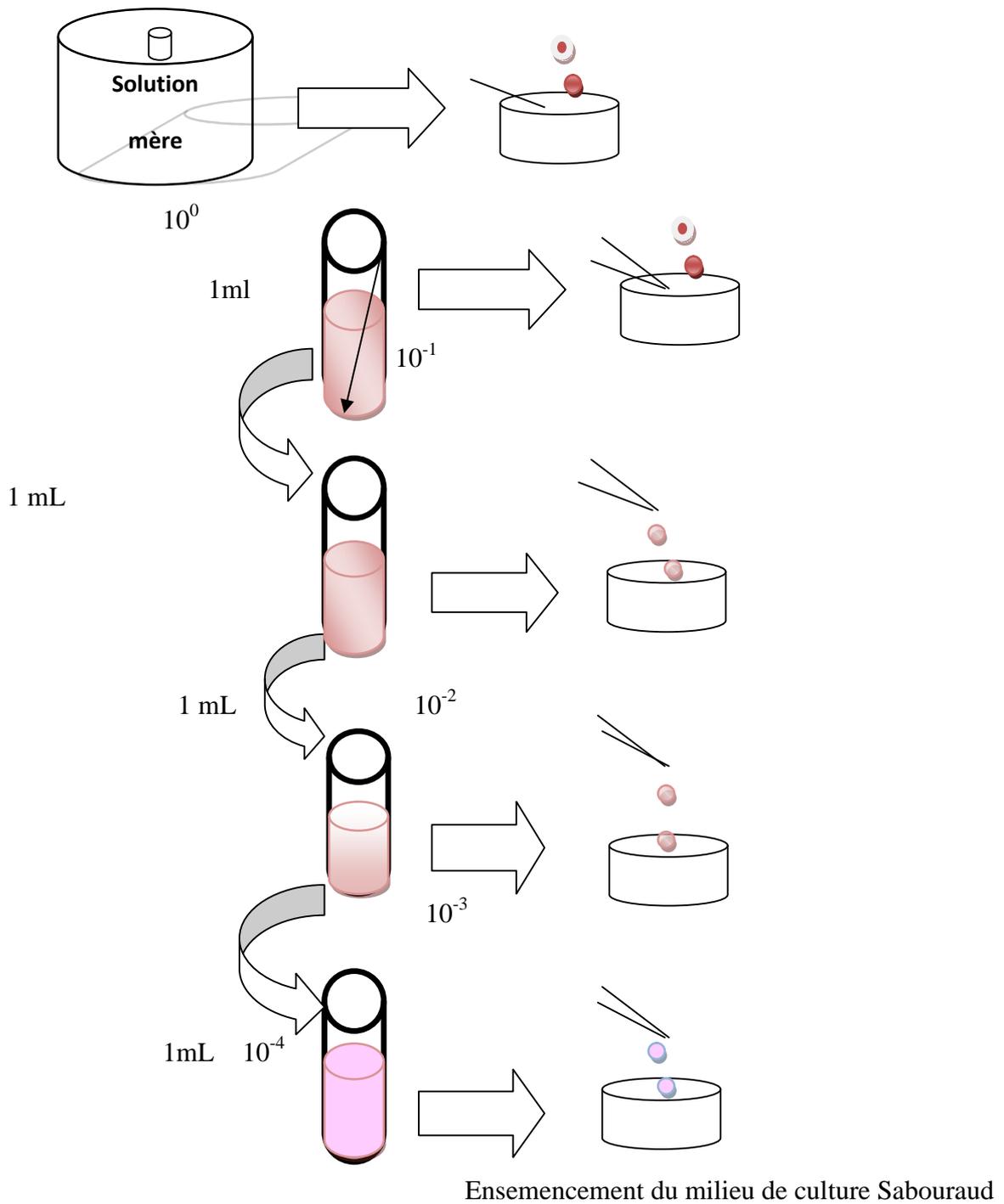


Figure 3: Dénombrement des levures et moisissures.

Annexe III (suite): Diagrammes des analyses microbiologiques.

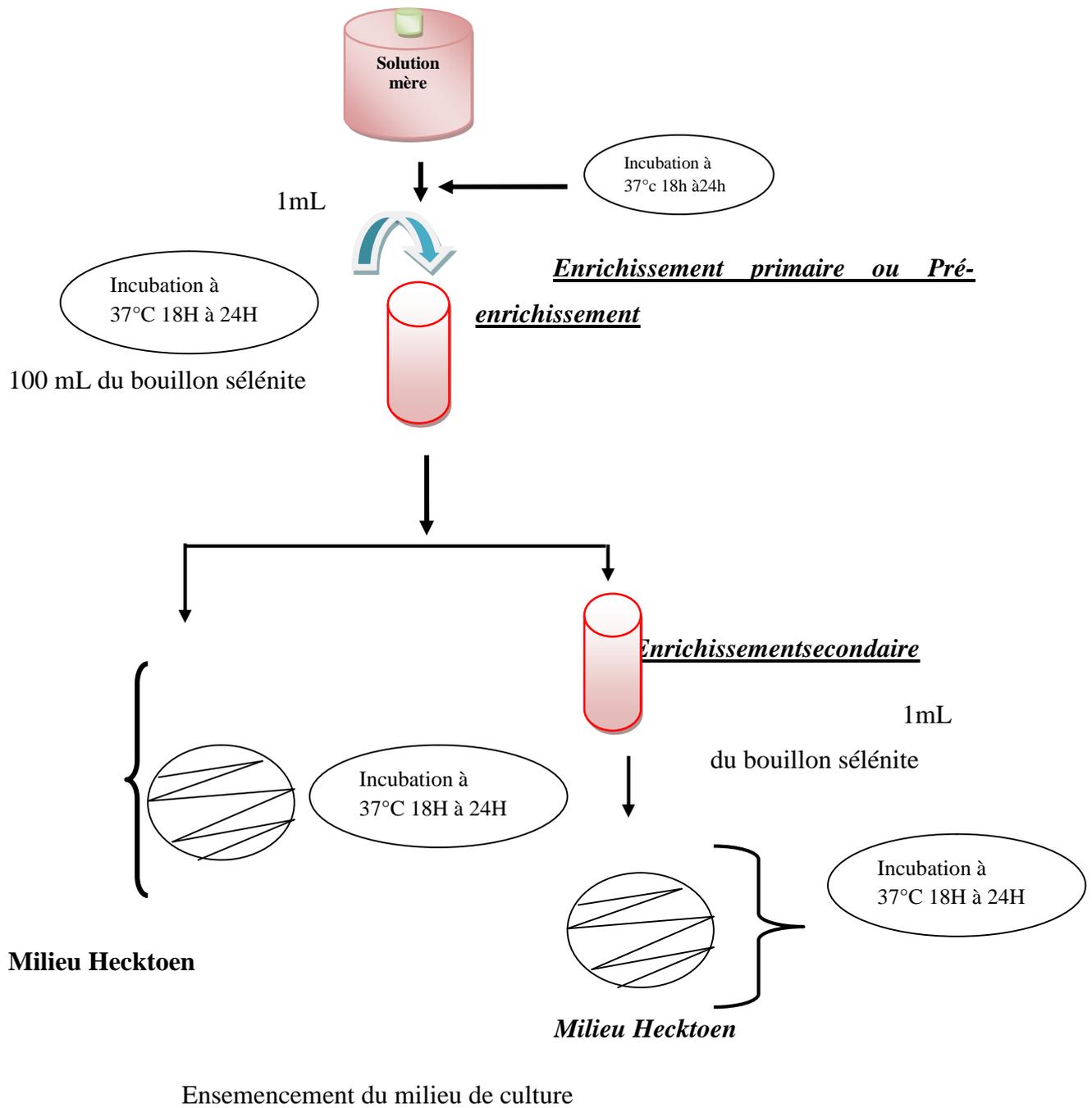


Figure 4: Recherche des salmonelles

Annexe III (suite):Diagrammes des analyses microbiologiques.

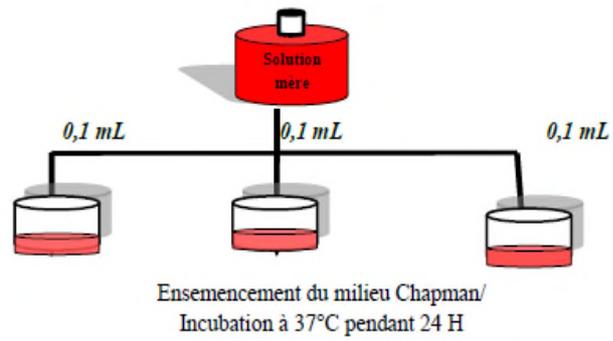


Figure 5: Dénombrement de *Staphylococcus aureus*.

## Résumé

L'objectif principal de la présente étude est l'élaboration d'une confiture enrichie au miel à base d'un déchet de pastèque: la croûte en vue de sa valorisation. La variété de pastèque (*Citrullus lanatus*) utilisée dans cette étude a été achetée du marché local de *Baccaro* dans la wilaya de Bejaia et le miel additionné au cours de la préparation de cette confiture a été acheté chez un apiculteur de la région d'Ait Smail, wilaya de Bejaia. Dans cette étude, nous nous sommes intéressés d'une part à élaborer une recette appropriée pour la transformation de la croûte de pastèque en confiture avec quatre formulations (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub>) sans et avec adjonction du miel avec des proportions différentes (0 g, 20 g, 40 g et 60 g), d'autre part d'évaluer leurs qualités microbiologiques, sensorielles, physico-chimiques, la détermination du contenu en antioxydants et l'évaluation des propriétés antioxydantes. Les résultats d'analyses physico-chimiques indiquent que les confitures étudiées présentent des propriétés assez comparables à d'autres confitures issues d'autres fruits. Les analyses microbiologiques réalisées ont révélé que les confitures élaborées sont indemne de tous germes de contamination. Quant aux antioxydants, les confitures renferment une quantité considérable en substance bioactives (polyphénols, flavonoïdes, flavonols, vitamine C, caroténoïdes et lycopène) liée à une activité antioxydante importante. L'analyse sensorielle mène à conclure que les confitures C<sub>1</sub> et C<sub>3</sub> sont les plus appréciées par les dégustateurs avec un pourcentage de 56 % comparativement aux confitures C<sub>2</sub> et C<sub>4</sub> avec un taux de 44 %. En conclusion, les confitures de croûte de pastèque élaborées présentent des paramètres technologiques concurrents aux autres confitures connues et qui permettent sa commercialisation avec succès.

**Mots clés:** Croûte de pastèque; Confiture; Qualité Physico-chimique; Qualité Microbiologique; Qualité Sensorielle; Antioxydants; Activité antioxydante.

## Abstract

The main objective of this study is the development of a jam enriched with honey made from watermelon waste: the peel with a view to its recovery. The variety of watermelon (*Citrullus lanatus*) used in this study was purchased from the local market of *Baccaro* wilaya of Bejaia and the honey added during the preparation this jam was purchased from a beekeeper in the Ait smail region, wilaya of Bejaia. In this study, we were interested on the one hand in developing an appropriate recipe for the transformation of the watermelon peel into jam with four formulations (C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub>) without and with the addition of honey with different proportions (0 g, 20 g, 40 g et 60 g), on the other hand to evaluate their Microbiological, sensory, physico-chemical qualities, the determination of antioxidant content and evaluation of their antioxidant power. The results of physico-chemical analyzes indicate that the jams studied exhibit properties quite comparable to other jams made from other fruits. The microbiological analyzes carried out revealed that the jams produced are free from all germs of contamination. As for antioxidants, jams contain a considerable amount of bioactive substances (polyphenols, flavonoids, flavonols, vitamin C, carotenoids and lycopene) linked to significant antioxidant activity. The sensory analysis leads to the concluded that jam C<sub>1</sub> and C<sub>3</sub> is the most appreciated by tasters with a same percentage of 56% comparatively to jam C<sub>2</sub> and C<sub>4</sub> which are appreciated with a rate of 44%. In conclusion, the watermelon peel jams prepared have technological parameters which compete with other known jams and which allow their successful commercialization.

**Keywords:** Watermelon peel; Jam; Physical-chemical quality; Microbiological quality; Sensory evaluation; Antioxidants; Antioxidant activity.

## ملخص

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تطوير مربى غني بالعسل المصنوع من مخلفات البطيخ الأحمر: القشر بهدف استعادته. تم شراء صنف البطيخ (*Citrullus lanatus*) المستخدم في هذه الدراسة من السوق المحلي ليكارو في ولاية بجاية وتم شراء العسل المضاف أثناء تحضير هذا المربى من مربى نحل في منطقة آيت اسماعيل - ولاية بجاية. اهتمنا في هذه الدراسة من جهة بوضع وصفة مناسبة لتحويل قشر البطيخ إلى مربى بأربع تركيبات (C<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>) بدون وإضافة العسل بنسب مختلفة (0غ، 20غ، 40غ و 60غ) من جهة أخرى تقييم صفاتها الميكروبيولوجية، الحسية، الفيزيائية والكيميائية، تحديد محتوى مضادات الأكسدة وتقييم خصائصها المضادة للأكسدة. تشير نتائج التحليلات الفيزيائية والكيميائية إلى أن المربى المدروس تظهر خصائص مماثلة تماما للمربى الأخرى المصنوعة من الفاكهة الأخرى. أظهرت التحاليل الميكروبيولوجية التي تم إجراؤها أن المربى المنتجة خالية من جميع الجراثيم الملوثة. بالنسبة لمضادات الأكسدة، تحتوي المربى على كمية كبيرة من المواد النشطة بيولوجيا (البوليفينول، الفلافونويد، الفلافونول، فيتامين ج، الكاروتينات والليكوبين) المرتبطة بنشاط مضاد للأكسدة. يؤدي التحليل الحسي إلى استنتاج مفاده أن المربى C<sub>1</sub> و C<sub>3</sub> هم الأكثر تقديرا من قبل المتذوقين بنسبة 56% مقارنة بالمربى C<sub>2</sub> و C<sub>4</sub> بنسبة 44%. في الختام، تحتوي مربى قشر البطيخ الأحمر المحضرة على معايير تكنولوجية تتنافس مع أنواع المربى المعروفة الأخرى والتي تسمح بتسويقها بنجاح.

**كلمات البحث:** قشر البطيخ الأحمر، مربى، تحاليل فيزيائية، تحاليل ميكروبيولوجية، تحاليل حسية، مضادات الأكسدة.