

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



Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques

Mémoire de Fin de Cycle

En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière: Sciences Alimentaires

Option: Agro-Alimentaires et Contrôle de Qualité

Thème

***Les propriétés nutritionnelles, antioxydantes et
thérapeutiques de la pastèque (Citrullus lanatus)***

Présenté par

M^{elle} Landri Lycia

M^{elle} Simoud yasmine Lina

Devant le jury

Président: M^r AMROUCHE T. (Professeur)

Examinatrice: M^{me} AIT LOUNIS S. (MAA)

Promotrice: M^{me} ARKOUB L. (MCB)

Promotrice: M^{me} REMANE Y. (MAA)

Année universitaire: 2019/2020

Remerciements

Avant toute chose, nous remercions ALLAH, le tout puissant, de nous avoir donné la santé, la patience, la puissance, et la volonté pour réaliser ce travail.

A cette occasion, qu'il nous soit permis d'exprimer particulièrement notre profonde gratitude, nos sentiments de reconnaissance et de satisfaction à notre promotrice D^r ARKOUB L. qui nous a fait l'honneur de veiller et de diriger ce travail. En assurant la gestion quotidienne de notre mémoire. Ses conseils pertinents ainsi que sa disponibilité régulière ont fortement facilité l'avancement de ce travail.

Nos vifs remerciements s'adressent à notre Co-promotrice Mme REMANE pour son aide et ses conseils.

Nous exprimons également notre estime et nos remerciements aux membres de jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail en dépit de leurs nombreuses autres obligations, nos sincères remerciements au Professeur AMROUCHE T. qui a accepté de présider ce jury. On tient à exprimer notre très grande considération à M^{me} AIT LOUNIS-BENTAYEB S. qui nous a fait l'honneur d'examiner ce mémoire et de nous faire ainsi bénéficier de leurs compétences et de leurs connaissances.

Nous tenons aussi à remercier sincèrement toutes nos collègues et nos amies de la promotion AACQ avec qui nous avons vécu ces deux dernières années.

Enfin, nous remercions ceux et celles qui nous ont aidé d'une façon ou d'une autre, de près ou de loin dans notre travail, nous les remercions du fond du cœur.

DEDICACES

Je saisis cette occasion qui m'est offerte aujourd'hui pour dédier ce modeste travail à :

A ma très chère mère qui est mon exemple de la réussite, que j'ai tant aimé et respecté, qui m'a donné de l'amour, de la tendresse et de la force, que Dieu te protège et te prête une longue et heureuse vie.

A mon très cher père pour toutes les peines et les sacrifices qu'il s'est donné pour nous voir réussir dans la vie. Que Dieu tout puissant vous garde et vous procure santé et bonheur.

A mes sœurs Sabrina Imene, Tiziri et Hiba

A mes cousines Serghine Asma, Khichane Hiba et Serghine Saada

A ma binôme Lycia et toute sa famille.

A mes professeurs et enseignants de tout mon cursus d'étude.

A mon amie Katia pour son soutien et accompagnement.

Yasmine

DEDICACES

Je saisis cette occasion qui m'est offerte aujourd'hui pour dédier ce modeste travail:

A ma très chère mère qui est mon exemple de la réussite, que j'ai tant aimé et respecté, qui m'a donné de l'amour, de la tendresse et de la force, que Dieu te protège et te prête une longue et heureuse vie.

A mon très cher père pour toutes les peines et les sacrifices qu'il s'est donné pour nous voir réussir dans la vie. Que Dieu tout puissant vous garde et vous procure santé et bonheur.

A mes frères Dehmane, Said et Mayas.

A ma sœur Katia et son fils Ilyas

A mes grands parents

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

A mes cousins et cousines et à toute ma famille sans exception.

Une mention particulière va à mon future mari, je veux lui témoigner toute gratitude et ma reconnaissance pour son soutien constant, ses conseils et ses marques d'encouragements pour les quels il a été bien plus qu'un partenaire de vie.

A ma binôme Yasmine et toute sa famille.

A mes professeurs et enseignants de tout mon cursus d'étude.

A mes ami (e)s pour leurs soutiens et accompagnement.

Je clos cette dédicace

Avec une pensée particulière à tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

Lycia

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

I. La pastèque (Citrullus lanatus)

I.1. Importance économique	3
I.1.1. Au niveau mondial	3
I.1.2. En Algérie	4
I.2. Origine, distribution et domestication.....	5
I.3. Noms communs	6
I.4. Classification botanique.....	6
I.5. Description botanique	7
I.5.1. Racine.....	7
I.5.2. Tige	8
I.5.3. Feuilles	8
I.5.4. Fleurs.....	8
I.5.5. Fruits	9
I.5.6. Graines	9
I.6. Variétés de pastèque.....	9
I.7. Composition et valeurs nutritives	11
I.8. Nutrition de pastèque et avantages pour la santé	13

II. Antioxydants et propriétés thérapeutiques de la pastèque

II.1. Caroténoïdes	16
II.1.1. Lycopéne.....	16
II.1.2. β -Carotène.....	19
II.2. Citrulline	21
II.3. Composés phénoliques	23
II.4. Vitamines.....	24
II.5. Propriétés thérapeutiques de la pastèque	27
II.5.1. Activité anti-inflammatoire.....	27

Sommaire

II.5.2. Activités antimicrobiennes	28
II.5.3. Activité anti-prostatique	28
II.5.4. Activité anti-giardique	29
II.5.5. Activité anti-diabétique.....	30
II.5.6. Effet hépato- protecteur	30
II.5.7. Effets anti-sécrétoires	30
II.5.8. Propriété anti-ulcérogène	31

III. Valorisation de la pastèque

III.1. Aptitude à la Conservation et à la transformation.....	32
III.2. Produits de valorisation	34
III.1.1. Confiture de pastèque	34
III.1.2. Jus de pastèque	36
III.1.3. Yaourt à la pastèque	36
III. 1.4. Poudre de pastèque	37
III. 1.5. Huile de graines de pastèque	37
III.1.6. Alimentation infantile.....	38
III.1.7. Vin de pastèque	38
III.1.8. Agent anti-staling et additif de cuisson	39
III.1.9. Autres utilisations.....	39
Conclusion.....	41

Références bibliographiques

Glossaire

Résumé

Liste des abréviations

ALT: Alanine Amino Transférase

ALP: Alcaline Phosphatase

AST: Aspartate Amino Transférase

CCl₄: Tétrachlorure de Carbone

CLSO: *Citrullus lanatus* Seed Oil

CVD: Cardiovascular Disease

EAG: Equivalent Acide Gallique

HDL: High Density Lipoprotein

HTC: Hormone Treated Control

HTEC: Hormone Treated Extract Control

HRBC: Human Red Blood Cell

IC₅₀: Concentration Inhibitrice à 50%

LDL: Low Density Lipoprotein

MECLS: Methanolic Extract of *Citrullus lanatus* Seed

ROS: Reactive oxygen species

PL: Pyloric Ligation

WM-P: Water Melon Powder

WM-E: Water Melon Ethanol Extract

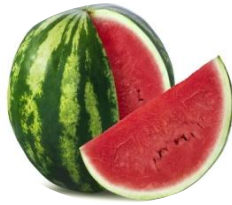
Liste des figures

<i>N° de Figure</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
1	Distribution de la production de la pastèque dans le monde	3
2	Origine et distribution de la pastèque	6
3	Système racinaire de la pastèque	7
4	Tige de la pastèque	8
5	Feuilles de <i>Citrullus lanatus</i>	8
6	Fleur de <i>Citrullus lanatus</i>	8
7	Fruit de <i>Citrullus lanatus</i>	9
8	Graines de <i>Citrullus lanatus</i>	9
9	Variétés de pastèque et apparence physique	10
10	Structure du lycopène	20
11	Structure chimique du β -carotène, du lycopène et de ses isomères obtenus par traitement thermique	21
12	Formule développée de la citrulline	22
13	Croûte de pastèque	35

Liste des tableaux

<i>N° de Tableau</i>	<i>Titre</i>	<i>Page</i>
I	Les grands pays producteur de pastèque	4
II	Production de la pastèque au niveau de la wilaya de Tizi-ouzou	5
III	Classification de la pastèque	7
IV	Composition nutritionnelle d'une portion comestible de pastèque	11
V	Maladies et bienfaits pour la santé de certains paramètres de qualité.	15
VI	Effets du traitement sur les antioxydants de pastèque	33

Introduction



Les fruits et légumes possèdent des propriétés biologiques très intéressantes, qui trouvent leurs applications dans divers domaines en médecine, pharmacologie ainsi que dans l'équilibre de la ration alimentaire vu leurs valeurs nutritives très élevées (Mohammedi, 2006). La malnutrition, résultant de sous et/ou sur alimentation, est l'une des principales préoccupations des organismes internationaux tels que la FAO et l'OMS, et parmi ses conséquences des complications cardiovasculaires et respiratoires, des infections et l'apparition de certains type de cancers (Arzel *et al.*, 2005). Plusieurs études épidémiologiques ont révélé une faible incidence de plusieurs maladies chez les populations des régions méditerranéennes. Cette protection apparaît reliée aux régimes alimentaires de ces régions, qui sont basées sur la consommation des fruits et des légumes.

Les *Cucurbitaceae* est une grande famille de plantes composée de 120 genres et 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, trouvé 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.*, 2016). Bien que les graines ne sont pas consommées régulièrement avec de la pulpe, elles représentent environ 1 à 4% du poids total des fruits (Lopusiewicz, 2018).

La pastèque (*Citrullus lanatus*) est sous le genre de *Citrullus*, qui se classe parmi les dix premiers en importance économique parmi les cultures végétales dans le monde (Schaffer *et al.*, 2003). Selon Gusmini et 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 (Wee Sim Choo *et al.*, 2012).

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 contient des composés bioactifs tels que le lycopène, la vitamine C,

le β -carotène et les polyphénols qui possèdent des propriétés anti-inflammatoires, anticancéreuses et antioxydantes (Makaepea *et al.*, 2019). 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. La présence de ces substances bioactives améliore son utilisation potentielle en tant qu'ingrédient fonctionnel.

Traditionnellement *Citrullus lanatus* a été utilisé comme purgatif et émétique à haute dose, vermifuge, démêlent, diurétique et tonique. La graine est utilisée dans le traitement des infections urinaires, le mouillage du lit, les pierres lètantes et rénales, l'intoxication alcoolique, l'hypertension, le diabète, la diarrhée et la gonorrhée.

Ainsi, l'objectif principal de la présente étude est de faire une synthèse bibliographique sur les propriétés nutritionnelles, antioxydantes et thérapeutiques du fruit de pastèque (*Citrullus lanatus*).

Afin d'atteindre ces objectifs, nous avons suivi une démarche en trois partie:

- La première partie de l'étude bibliographique rapporte quelques généralités sur le fruit de pastèque (*Citrullus lanatus*) (l'origine et historique, la classification et description botanique, la répartition géographique et ses différentes variétés);
- La deuxième partie synthétisant quelques connaissances sur les antioxydants et les propriétés thérapeutiques de la pastèque;
- La troisième partie rapporte les différentes formes de valorisation de la pastèque.

Enfin, une conclusion générale mettra l'accent sur les principales propriétés nutritionnelles et fonctionnelles de la pastèque.

I. La pastèque
(Citrullus lanatus)



I. La pastèque (*Citrullus lanatus*)

I.1. Importance économique

La pastèque est considérable dans les régions sèches et sa culture est répandue presque dans tous les pays du monde. Elle est connue pour ses variétés comestibles: Nado, Alana, Kadija, Céline....etc.

La motivation première pour la culture de la pastèque est économique pour la plupart des producteurs. L'objectif est la quête de revenus pour satisfaire leurs besoins socio- économiques (Achour et Khaled, 2019).

I.1.1. Au niveau mondial

En 2016, la production mondiale de pastèques s'est établie à 117 022 560 T, selon les données de FAOSTAT. La superficie mondiale consacrée à la production de pastèques était de 3 507 243 hectares en 2016, avec un rendement moyen par m² de 3,34 kilos. Comme à l'accoutumé, la Chine est le plus gros producteur de ce fruit puisqu'elle cultive 67,54% de la production mondiale soit 79 043 138 T annuellement (Figure 1 et Tableau I). Son rendement moyen est relativement haut: 4,20 kg/m² contre une moyenne mondiale de 3,34 kg/m². En seconde place se trouve la Turquie avec 3 928 892 T et un rendement moyen de 4,16 kg/m². En 3^{ème} position se place l'Iran avec 3 813 850 T et un rendement assez faible de 2,88 m²/kg. Viennent ensuite le Brésil avec 2 090 432 et 2,31 kg/m² puis l'Ouzbékistan avec 1 976 373 et 3,64 kg/m². L'Espagne se place plus loin derrière: en 13^{ème} position avec une production de 969 327 T et le très bon rendement de 5,58 kg/m²; il s'agit du deuxième meilleur rendement après la Tunisie (6,60 kg/m²). Le Maroc occupe quant à elle le 24^{ème} rang avec 437 061 T soit les 0,37% de la production mondiale totale. Le rendement du Royaume est légèrement au dessus de la moyenne mondiale: 3,57 m²/kg.

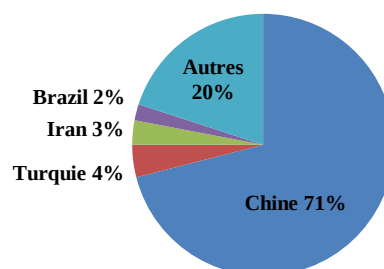


Figure 1: Distribution de la production de la pastèque dans le monde (Ramadan, 2019).

Tableau I: Les grands pays producteur de pastèque (Anonyme, 2018).

Pays	Production (Tonnes)	Production par personne (kg)	Superficie(en hectares)	Rendement (kg/hectare)
République populaire de Chine	79244271	56,852	1892570	41871,2
Turquie	3928892	48,619	94333	41649,3
Iran	3 813850	46,649	132464	28791,7
Brésil	2090432	9,977	90447	23112,2
Ouzbékistan	1976373	60,525	54368	36351,5
Algérie	1877069	44,119	58969	31831,5
Etats-Unis d'Amérique	1823160	5,562	4597	39659,8
Fédération de Russie	17 57972	11,969	148 270	11856,6
Égypte	1680994	17,242	52352	32109,7
Mexique	1199648	9,617	38672	31021,4
Kazakhstan	1172839	64,186	50125	23398,3
Viet Nam	1102657	11,649	50031	2039,3
Espagne	969327	20,775	1736	55 835,2
Afghanistan	862341	27,311	74679	11 547,3
Corée du sud	65203	12,628	15241	42781,7
Tunisie	541000	47,264	8198	65995,4
Maroc	437061	12,568	12231	35733,9

I.1.2. En Algérie

Ces ressources sont importantes pour l'économie Algérienne et pour le maintien de l'équilibre écologique. Dans le cadre des plans cultureux, les cultures maraîchères sont des cultures principales dans le monde. La pastèque est très prisée et estimée et très recherchée sur les marchés locaux et internationaux. Elle possède une pratique culturale en Algérie surtout en été. Le fruit de la pastèque, avec son contenu en jus joue le rôle d'un fruit et d'un désaltérant en même temps. En Algérie, La superficie cultivée est très importante, elle occupe un rang principal avec la pomme de terre. Elle occupe 12 % des superficies utilisées pour les cultures maraîchères avec une production de 8,5 % de la production totale du maraîchage (Madr, 2014).

Dans la wilaya de Tizi-Ouzou la production de la pastèque a augmenté ces dernières années sachant que la superficie de production a diminué en 2019 à 1095,75 ha et la production est de 365217 Qt (Tableau II) (DSA, 2020).

Tableau II: Production de la pastèque au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou (DSA, 2020)

Année	Superficie de production (ha)	Production en Qat
2017	975,50	344855
2018	1137,58	339880
2019	1095,75	365217

I.2. Origine, distribution et domestication

La diversité des formes spontanées et la présence des espèces sauvages de *Citrullus lanatus* sur le continent Africain ont permis de supposer que cette espèce est d'origine Africaine (Bisognin, 2002; Janick *et al.*, 2007). Cependant, son origine exacte sur le continent Africain reste encore confuse. Trois zones sont souvent citées comme étant son origine: Wasylikowa et Van der veen (2004) et Cox et Van der veen (2008) ont indiqué l'Afrique du Nord (l'Égypte et la Lybie) comme un centre d'origine de la plante. Dane et Lui, 2007 ont aussi mentionné l'Afrique du Sud comme un centre d'origine de *C. lanatus*. Enfin, Guner et Wehner (2004) ont suggéré qu'elle serait native de l'Afrique centrale.

Les études de Dane *et al.* (2004) et Dane et Lui (2007), basées sur l'ADN chloroplastique de cette espèce ont permis de suggérer que les formes cultivées et sauvages ont divergé, indépendamment, à partir de l'ancêtre *C. ecirrhosus* (*Cucurbitaceae*) en Namibie. Toutes ces études permettent de dire que la distribution de *C. lanatus* se serait faite à partir de l'Afrique pour gagner le reste du monde. En effet, elle a été introduite au VII^{ème} siècle en Inde et au X^{ème} siècle en Chine. Il a fallu attendre trois siècles de plus pour qu'elle soit introduite en Europe. Concernant l'Amérique, son introduction a eu lieu au XVI^{ème} siècle (Wasylikowa et Van der veen, 2004).

Les *Cucurbitaceae* font partie des premières cultures domestiquées par l'homme. Les expéditions archéologiques dans la région d'Oaxaca, au Mexique, indiquent que *Cucurbita pepo* L. (*Cucurbitaceae*) a été associée à l'homme dès 8500 ans Avant Jésus Christ. Cette domestication visait, surtout, l'alimentation de la population à travers les fruits ou les graines (Bisognin, 2002).

Dans le monde en général et en Afrique particulier, de nombreuses espèces de *Cucurbitaceae* sont cultivées pour leurs fruits ou pour leurs graines. C'est notamment le cas de *C. lanatus*. Cette espèce existe sous deux types: le type sucré et le type oléagineux (Levi *et al.*, 2002; Dane et Lui, 2007).

➤ **Le type sucré** est produit pour ses gros fruits possédant une pulpe très sucrée. Ils sont présents dans la plupart des pays d'Afrique (Jensen *et al.*, 2011; Mujaju et Fatih, 2011). Dans certains pays comme le Botswana, le Zimbabwe et le Mozambique, ce type est connu sous le nom local de « tsamma » (Dane et Lui, 2007). Ces fruits sont beaucoup consommés pendant les périodes de famine et de sécheresse comme source d'alimentation et d'eau aussi bien par les hommes que par les animaux (Guer et Wehner, 2004; Sultana *et al.*, 2004). Ils sont très riches en vitamine A, C et en β -carotène. De plus, ils peuvent fournir une importante quantité d'énergie (26 Kcal) et 93 % d'eau à l'organisme (Van der vossen *et al.*, 2004; Yau *et al.*, 2010).

➤ **Le type oléagineux** est principalement localisé en Afrique de l'Ouest (Nigeria, Bénin, Côte d'Ivoire, Togo et Ghana). Néanmoins, il est aussi signalé en Afrique Centrale et Australe (Zoro Bi *et al.*, 2003; Achigan-Dako *et al.*, 2006). En dehors de l'Afrique, le type oléagineux de cette espèce est également produit sur le continent Asiatique, notamment, en Chine et en Inde (Erdem et Yuksel, 2003; Wang *et al.*, 2004).



Figure 2: Origine et distribution de la pastèque (Grubben et Denton, 2004).

I.3. Noms communs

Les noms vernaculaires de *Citrullus lanatus* incluent: **melon egusi** et **pastèque egusi**. D'autres incluent: **pastèque d'Afrique de l'Ouest**, **pastèque**, **pastèque dessert**, **melon de cuisson** (Rhodes et Zhang, 1999).

I.4. Classification botanique

La pastèque (*Citrullus lanatus*), aussi appelée **melon d'eau**, est une espèce de plantes herbacées de la famille des *Cucurbitacées*. Elle est largement cultivée pour ses

gros fruits lisses, à chair rouge, jaune, verdâtre ou blanche et à graines noires ou rouges. Selon Matsum et Nakai (1916), la pastèque a été classée selon la systématique regroupée dans le Tableau III.

Tableau III: Classification de la pastèque (Matsum et Nakai, 1916).

Règne	<i>Plantae</i>
Division	<i>Magnoliopsida</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Ordre	<i>Cucurbitales</i>
Famille	<i>Cucurbitaceae</i>
Genre	<i>Citrullus</i>
Espèce	<i>Citrullus lanatus</i>

I.5. Description botanique

La pastèque (*Citrullus lanatus*) est une plante herbacée annuelle de la famille des *Cucurbitacées*. 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).

I.5.1. Racine

Selon l'importance de la racine principale par rapport aux ramifications, la pastèque possède des racines pivots (racine principale et racine secondaire) les racines sont étendues, mais peu profonde (Figure 3). La racine principale a une longueur et un diamètre plus importants que les ramifications, il est caractéristique des Angiospermes dicotylédones (Wehner, 2008).

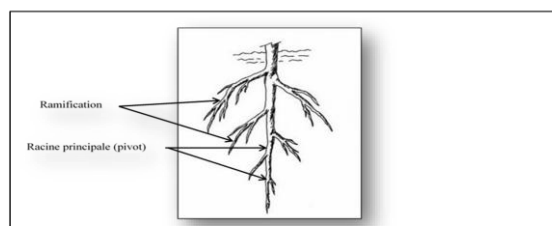


Figure 3: Système racinaire de la pastèque (Wehner, 2008).

I.5.2. Tige

La pastèque se présente sous la forme d'une plante à tiges rampantes éminces ou grimpantes, poilues angulaires et peuvent atteindre trois mètres (3 m) de long (Figure 4) et qui s'accroche par des vrilles à l'aisselle des feuilles, elle produit de grosses feuilles nervurées et des fleurs (Louahedj, 2016).



Figure 4: Tige de la pastèque (Erhirhie et Ekene, 2013).

I.5.3. 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 5). 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 et Bramley, 2004).



Figure 5: Feuilles de *Citrullus lanatus* (Erhirhie et Ekene, 2013).

I.5.4. 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 6) (Wehner, 2008).



Figure 6: Fleur de *Citrullus lanatus* (Wehner, 2008).

I.5.5. Fruits

Le fruit de 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 (Figure 7). 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 (Achour et Khaled, 2019).



Figure 7: Fruit de *Citrullus lanatus* (Erhirhie et Ekene, 2013).

I.5.6. Graines

Les graines de *Citrullus lanatus* (Figure 8) 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 (Bramley, 2004).



Figure 8: Graines de *Citrullus lanatus* (Erhirhie et Ekene, 2013).

I.6. 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 et Ekene 2013). Certaines variétés communes et leur apparence sont décrites ci-dessous (Figure 9) (Ramadan, 2019).

➤ **Carolina cross:** 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 et 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 *et al.*, 2017).

➤ **Orangeglo:** a 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.

➤ **Moon and stars:** est considérée comme une classe d'orangeglo et a été trouvée 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 (Janakiraman *et al.*, 2012).

➤ **Cream of 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 (Sultana et Ashraf, 2019).

➤ **Melitopolski:** a de 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 (Sultana et Ashraf, 2019).

➤ **Densuke:** a des 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 et Kaur, 2011).



Figure 9: Variétés de pastèque et apparence physique (Ramadan, 2019).
(a) Carolina cross; (b) Yellow crimson ; (c) Orangeglo ; (d) Moon and stars ; (e) Cream of Saskatchewan; (f) Melitopolski et (g) Densuke.

I.7. Composition et valeurs nutritives

La pastèque (*Citrullus lanatus*) est riche en eau (91,45%), 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, de minéraux (Ca, Fe, Mg, P, K, Na et Zn) et de vitamines (A, C, E, K et en particulier les vitamines du groupe B) (Tableau IV) (USDA, 2002).

Tableau IV: Composition nutritionnelle d'une portion comestible de pastèque
(Innocent et Matenda, 2018).

Nutriments	Unité	Valeur par 100 g
Valeur approximative		
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
Minéraux		
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
Vitamines		
Vitamine C	mg	8,1
Thiamine	mg	0,033
Riboflavine	mg	0,021
Niacine	mg	0,178
Vitamine B ₆	mg	0,045
Folate	mg	3
Vitamine A	µg	28
Vitamine A	UI	569
Vitamine E	mg	0,05
Vitamine K	µg	0,01
Lipides		
Acides gras saturés totaux	g	0,016
Acides gras monoinsaturés	g	0,037
Acides gras polyinsaturés	g	0,05

La pastèque est également une source naturelle de lycopène, un caroténoïde de grand intérêt en raison de sa capacité antioxydante et des avantages potentiels pour la santé (Rhodes et Zhang, 1999). Les plantes de *Cucurbitaceae* en générale et la pastèque en particulier sont connues par leur richesse en composés bioactifs tels que la cucurbitacine, les triterpènes, les stérols et les alcaloïdes (Yuan, *et al.*, 2006). En outre, elle contient de nombreux éléments intéressants d'un point de vue nutritionnel, comme la citrulline, qui sert à synthétiser un autre acide aminé capital dans l'organisme, l'arginine, jouant un rôle clé dans la division cellulaire, la cicatrisation et l'élimination de l'ammoniaque (Erhirhie et Ekene, 2014).

Chaque aspect 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 contenant pas d'acide hydrocyanique, ce qui la rend appropriée comme nourriture du bétail. L'huile de graines contient des glycosides, d'acides linoléiques, oléiques, palmitiques et stéariques et la croûte de fruit contient des cucurbitacines amères (Schippers, 2002). La façon la plus courante de consommer la pastèque, c'est la consommation de la chair rose ou jaune, consommée 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 (Wind, 2008).

Les jeunes feuilles tendres et les fruits sont cuits comme des légumes verts, tandis que la chair de 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).

Les graines brunes plates ont une valeur alimentaire beaucoup plus élevée que la chair et 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, rôties et consommées 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 utilisée dans la cuisine (Moldenke et Moldenke, 1952).

En Afrique de l'Ouest, les graines sont transformées en pulpe et ajoutées comme épaississantes aux soupes. Ils sont également fermentés pour produire un édulcorant localement appelé « Ogiri » ou ils sont rôtis, pilonnés, enveloppés dans des feuilles, puis

bouillis pour produire un autre édulcorant appelé « Igbalo ». Les résidus provenant de l'extraction de l'huile sont transformés en boules qui sont frites pour produire une collation locale appelée « Robo » au Nigeria, ou est utilisé comme aliments pour bétail (Moldenke et Moldenke, 1952). Elles sont de plus en plus utilisées pour leur huile dans les régions semi-arides dans l'industrie cosmétique et pharmaceutique. Il existe également des perspectives d'utilisation des graines dans l'amélioration de la nutrition infantile en raison de leur teneur élevée en protéines et en matières grasses (Maynard, 2001).

I.8. Nutrition de pastèque et avantages pour la santé

La consommation de pastèque est souhaitable par les consommateurs car elle montre de nombreux effets biologiques positifs, qui sont principalement liés à être sans gras, sans cholestérol, faible en sodium, riche en minéraux et en phytochimiques (Jumde *et al.*, 2015). En conséquence, la consommation de pastèque fournit des avantages à long terme pour la santé tels que le risque réduit de maladie cardiaque, l'amélioration de la pression artérielle chez les patients souffrant d'hypertension, diminuer l'oxydation LDL et exercer un effet cardio-protecteur (Bianchi *et al.*, 2018). Comparé aux fruits bien connus comme les tomates, fraises, et goyaves, la pastèque a une plus grande capacité antioxydante. Les glucides, les vitamines et les fibres sont les principaux composants qui composent la pastèque (Tableau IV). Tous ces composants sont présents dans leurs formes les plus bénéfiques. La pastèque a récemment reçu l'attention pour ses moins de quantités de graisses; il est donc considéré comme un constituant d'une alimentation saine faible en cholestérol et en sodium. En raison de ses nutriments rapportés, la pastèque est considérée comme une plante médicinale (Sai'd, 2014; Abourashed, 2013). Comme fruit, il a une faible densité énergétique et il est donc recommandé pour la gestion du poids. Adedeji et Oluwalana (2013) ont indiqué que la pastèque est une bonne source de minéraux et de vitamines puisqu'elle contient 11 minéraux et 19 vitamines. Il a des vitamines telles que la thiamine, la riboflavine, la niacine, et le folate. En outre, il a des minéraux tels que le potassium, le magnésium, le calcium, le phosphore et le fer (Ijah *et al.*, 2015; Sivudu *et al.*, 2017). En raison de ces propriétés, la consommation de pastèque peut être utile dans le maintien de l'équilibre acido-basique dans le corps qui a un rôle majeur dans la physiologie normale, le maintien de l'appétit et la digestion normale.

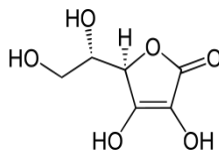
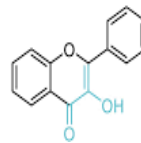
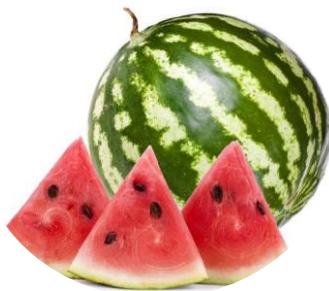
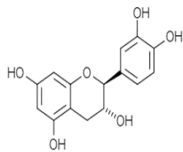
En outre, Adedeji et Oluwalana (2013) ont rapporté que les minéraux tels que le calcium et le potassium jouent un rôle important dans la régulation cellulaire, le maintien de la structure cellulaire, et le processus de différenciation cellulaire.

Bailey *et al.* (2016) ont constaté que la supplémentation avec le jus de pastèque améliore les aspects de la santé vasculaire chez les individus souffrant d'hypertension. La présence de vitamines rend la pastèque utile pour soutenir la vision normale et la santé de la peau, la gestion du cholestérol, le soutien de l'appétit normal et la fonction du système nerveux et peut être impliqué dans la contraction musculaire normale. L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) recommande que le régime alimentaire optimal pour tout le monde et par la consommation d'un faible en gras, les glucides riches en fibres. Le jus et la pulpe de pastèque contiennent des quantités considérables de fibres et de glucides. La fibre joue un rôle important dans le cholestérol sanguin, qui aide à la prévention des grandes maladies intestinales tandis que les glucides sont la source d'énergie pour les cellules. Ijah *et al.* (2015) ont indiqué que la pastèque est riche en vitamine B, qui est responsable de la production d'énergie dans le corps. Compte tenu de ces paramètres de promotion de la santé, les extraits de pastèque peuvent être incorporés dans les cosmétiques, les aliments et les produits pharmaceutiques.

Tableau V: Maladies et bienfaits pour la santé de la pastèque.

Maladie	Paramètre	Résultats	Références
Femmes ménopausées obèses	Citrulline	Amélioration de la fonction autonome cardiaque chez les femmes postmenopausal obèses sédentaires, augmenter l'arginine plasmatique	(Wong <i>et al.</i> , 2016, Sai'd, 2015)
Hypertension	Lycopène	Amélioration de l'agitation plasmatique	(Choudhary <i>et al.</i> , 2015)
Course	Vitamine C	Réduction de l'AVC	(Pacier et Martirosyan, 2015)
Cancer du sein	Lycopène	Lycopène sérique associé à une diminution du risque	(Naz <i>et al.</i> , 2014; Dia <i>et al.</i> , 2016)
Ostéoporose	Lycopène	Peut contrecarrer les dommages du stress oxydatif qui cause l'ostéoporose	(Choudhary <i>et al.</i> , 2015)
Maladie du foie	Vitamine C	Diminution de 58,2 % d'aminotransférase sérique et minimise également les dommages et la lenteur de la progression de la maladie	(Pacier et Martirosyan, 2015)
Métabolisme humain	Vitamine C	Moins de risque d'insuffisance ou d'effets néfastes sur la santé.	(Pacier et Martirosyan, 2015)
Mortalité des maladies cardiovasculaires	β -carotène	Réduction de la ration de danger dans les maladies cardiovasculaires et coronariennes	(Choudhary <i>et al.</i> , 2015)
Taux élevé de cholestérol	Lycopène	Réduction de la synthèse du cholestérol	(Vaccaa <i>et al.</i> , 2016)
Faible libido	Citrulline	Améliorer les fonctions érectiles	(Soteriou <i>et al.</i> , 2014)
Flue et scorbut	Vitamine C	Prévient et traite une variété de maux, le scorbut et un simple rhume	(Choudhary <i>et al.</i> , 2015, Poupée et Ricou, 2013)
Santé oculaire	Vitamine A	Améliore le fonctionnement optimal des yeux	(Makaepea <i>et al.</i> , 2019)

II. Antioxydants et propriétés de la pastèque (Citrullus lanatus)



II. Antioxydants et propriétés de la pastèque (*Citrullus lanatus*)

II.1. Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments naturels synthétisés par la plante et sont responsable de couleurs vives de divers fruits et légumes. Le β -carotène et le lycopène sont les caroténoïdes les plus abondants dans la pastèque permettant de neutraliser l'oxygène singulier. Le β -carotène qui agit comme un antioxydant et un précurseur de la vitamine A (Makaepa *et al.*, 2019).

II.1.1. Lycopène

Le lycopène ($C_{40}H_{56}$) est un caroténoïde liposoluble présent dans la pulpe de pastèque, avec le plus haut degré d'insaturation (Kehili *et al.*, 2017). Il s'agit d'un hydrocarbure à chaîne droite avec 13 liaisons doubles, dont 11 sont conjuguées (Figure 10) (Naz *et al.*, 2014; Soteriou *et al.*, 2014). Le lycopène 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 (Soteriou *et al.*, 2014) et contribue à environ 21-43% du total des caroténoïdes accumulés dans le tissu humain (Elumalai, 2013). 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 (Tomes *et al.*, 1963; Tadmor *et al.*, 2005). Ce pigment rouge possède l'activité antioxydante la plus élevée parmi tous les antioxydants diététiques (Di Mascio *et al.*, 1989).

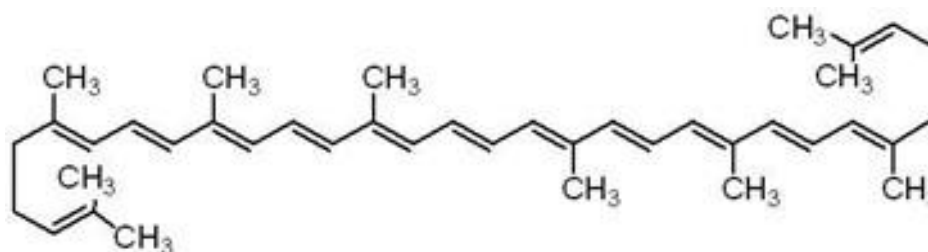


Figure 10: Structure du lycopène (Sies et Stahl, 1996).

Le lycopène est dérivé des fruits et légumes et il est incorporé dans le corps par l'alimentation. Sa consommation dans les pays développés est estimée à 5-7 mg/jour et on

suppose qu'environ 10 à 30 % de lycopène est absorbé dans l'organisme (Petyaev, 2016). Il est considéré comme le puissant antioxydant parmi tous les caroténoïdes dans le piégeage des radicaux libres (Oberoi *et al.*, 2017; Srivastava *et al.*, 2015). En fait, le taux de récupération du lycopène est plus élevé que le β -carotène et le tocophérol; les études *In vitro* ont prouvé que le lycopène est deux fois plus puissant que le β -carotène et dix fois celui de α -tocophérol en termes de son activité de capacité de piéger d'oxygène singlet (Naz *et al.*, 2014, Kulczynski *et al.*, 2017). Au départ, il a été signalé que la tomate contient la plus grande quantité de lycopène que tous les fruits (Srivastava *et al.*, 2015). Cependant, une étude récente réalisée par Oberoi et Sogia (2017) a montré que la pastèque est le fruit contenant plus du lycopène biodisponible (environ 60%) que celui trouvé dans la tomate qui en fait le leader du lycopène parmi les produits frais.

Le traitement thermique induit l'isomérisation de la biodisponibilité du lycopène. Par conséquent, on dit qu'une tomate traitée à la chaleur contient plus de lycopène biodisponible qu'une tomate fraîche. La pulpe de pastèque est rapporté pour être une source concentrée de lycopène par rapport au jus avec un taux de 20-24 mg/100 g (Oberoi et Sogi, 2017). Des études sont toujours en cours pour déterminer la partie de la pastèque qui contient la source la plus concentrée de lycopène.

La quantité de lycopène dans la pastèque varie selon le type de variétés et les conditions de croissance (Kyriacou *et al.*, 2018, Soteriou *et al.*, 2014). Une étude menée par Tlili *et al.* (2010) sur quelques variétés tunisiennes a montré que la teneur de pastèque en lycopène varie entre 47,40 mg/kg à 112,00 mg/kg matière fraîche. En outre, Choo et Sin (2012) ont noté que la chair de la pastèque rouge possède la teneur en lycopène (9,50 mg/kg) plus élevée que celle enregistrée dans la chair de la pastèque jaune (0,04 mg / kg). Egalement, le fruit entier de la pastèque à chair rouge contient une teneur en lycopène de 2,60 mg/kg supérieure à celle du fruit entier de la pastèque à chair jaune (0,37 mg/kg). Pinto *et al.* (2011) ont enregistré dans quelques variétés de pastèque portugaise des teneurs variant entre 21,22 à 40,32 μ g/g de matière fraîche. Choudhary *et al.* (2015) et Nagal *et al.* (2012) ont noté des taux de 3,74 à 6,80 mg/100g et 3,46 à 8,00 mg/100g, respectivement. Adetutu *et al.* (2015) et Tamburini *et al.* (2017) ont montré que *Citrullus lanatus* (pastèque rouge) contient 16,19 mg/kg et 4537,83 μ g/100g, respectivement. Selon Tlili *et al.* (2010), les teneurs en lycopène de la pastèque varient en fonction du génotype et des conditions environnementales. Ces résultats ont prouvé que la pastèque peut constituer une source prédominante de lycopène dans l'alimentation en raison de sa disponibilité et sa consommation élevée.

Le lycopène est devenu un composé d'intérêt pour les chercheurs en alimentation et en santé en raison de ses avantages rapportés sur la santé humaine. Récemment, la demande de forme naturelle de lycopène a augmenté, principalement parce qu'elle est efficace pour freiner les radicaux libres destructeurs, y compris le dioxyde d'azote, le soufre, l'oxygène singlet, et l'inhibition de l'ADN et des dommages à la membrane cellulaire. En raison de ses fonctions anti-oxydantes, il réduit les lipides en empêchant la formation d'enzymes impliquées dans la synthèse du cholestérol (Elumalai *et al.*, 2013).

Johary *et al.* (2012) rapporté que tandis que le lycopène est reconnu pour son importance en tant qu'antioxydant, son effet biologique est également influencé par d'autres mécanismes tels que la communication intercellulaire de jonction d'écart, système hormonal et immunitaire. Les mécanismes physiques et chimiques sont deux mécanismes principaux qui ont été établis pour expliquer les propriétés anti-oxydantes et les activités anti-carcinogènes du lycopène. Elumalai *et al.* (2013) ont expliqué en outre que le mécanisme physique implique le transport de l'énergie des radicaux libres au lycopène formant le lycopène isomérisé excité.

En ce qui concerne le lycopène étant utile dans le corps, Naz *et al.* (2014) ont rapporté en outre que son activité dépend de ses propriétés moléculaires et physico-chimiques et du site d'action dans les cellules. Par exemple, le lycopène est liposoluble; par conséquent, son absorption est améliorée par la présence d'huile dans l'alimentation (Johary *et al.*, 2012). Oberio et Sogiont (2017) ont rapporté que la prise du lycopène est associée au risque diminué de divers cancers tels que le sein, le côlon, l'estomac, la cavité buccale, la prostate et le cancer du poumon. Les boissons fonctionnelles dérivées du lycopène ont le potentiel de réduire la transformation maligne du cholestérol oxydé dans l'état diabétique (Naz *et al.*, 2014). De plus, il limite la phosphorylation induite par le cancérogène des protéines régulées et cesse la division cellulaire à la phase du cycle cellulaire G₀-G₁ (Elumalai *et al.*, 2013).

Le lycopène également empêche l'inflammation en réduisant la production de médiateurs pro-inflammatoires, y compris les interleukines, l'oxyde nitrique, le facteur de nécrose tumorale et le facteur nucléaire de transcription dans les macrophages des CVD (Choudhary *et al.*, 2015; Dia *et al.*, 2016). Plusieurs études ont montré que le lycopène possède un effet suppresseur de tumeur; il diminue également la prolifération cellulaire induite par des facteurs de croissance insuline comme ceux qui ont un effet sur les

mitogènes dans diverses lignes de cellules de cancer et inhibent davantage la croissance cellulaire anormale dans le corps.

En outre, la régulation de l'écart communication de jonction dans les cellules fibroblastes embryonnaires donne au lycopène ses effets anti-carcinogènes (Elumalai *et al.*, 2013). En conséquence, la prise des produits contenant du lycopène est associée à une incidence réduite des cancers du col de l'utérus, du sein, de la vessie et de la prostate (Oberoi et Sogi, 2017; Kehili *et al.*, 2017).

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; il n'est pas toxique sans effets secondaires connus. 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.

II.1.2. β -Carotène

Le β -carotène est un macronutriment lipophile et insoluble qui comprend un groupe de composés organiques nutritionnels insaturés, y compris le rétinoïde, la rétine et le rétinol (Rajabi *et al.*, 2016). Il possède 40 atomes de carbone et contient 11 liaisons conjuguées et 2 liaisons doubles non conjuguées (Kulczynski *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 *et al.*, 2018). Visible comme la couleur orange dans les fruits et légumes, il sert de précurseur pour la vitamine A dans un corps humain (Shao *et al.*, 2017). Lin *et al.* (2018) ont indiqué que le β -carotène est absorbé dans un intestin directement par les cellules épithéliales intestinales et obtenu sous forme de configuration *Trans* et transformé en *Cis* isomères par isomérisation photo-induite et thermique (Figure 11).

Chen *et al.* (2017) ont déclaré 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). Kim *et al.* (2014) ont rapporté que la teneur en β -carotène de la chair fraîche de pastèque était de 4,82 mg/g.

Tamburini *et al.* (2017) ont enregistré une teneur faible en β -carotène dans la pastèque avec un taux de 0,96 mg/kg. De même Tlili *et al.* (2011) ont noté des taux faibles allant de 0,1 mg/kg à 0,4 mg/kg. Cependant, Adetutu *et al.* (2015) dans leur étude ont rapporté que *Citrullus lanatus* contient un taux de 308,71 μ g/100g. Comme pour les autres produits phytochimiques, la quantité du β -carotène varie selon la variété et les facteurs environnementaux (Dia *et al.*, 2016). Il a la capacité d'exposer à la fois l'activité antioxydante et les propriétés pro-oxydantes. En raison de ces propriétés, le β -carotène a le pouvoir souhaitable dans l'inactivation de 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 la cation caroténoïde radical et le transfert de l'atome d'hydrogène (Kulczynski *et al.*, 2017).

Le potentiel antioxydant du β -carotène a été largement étudié et certains résultats positifs ont été rapportés. Parmi d'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. Entre autres fonctions, il 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; Barkura *et al.*, 2017).

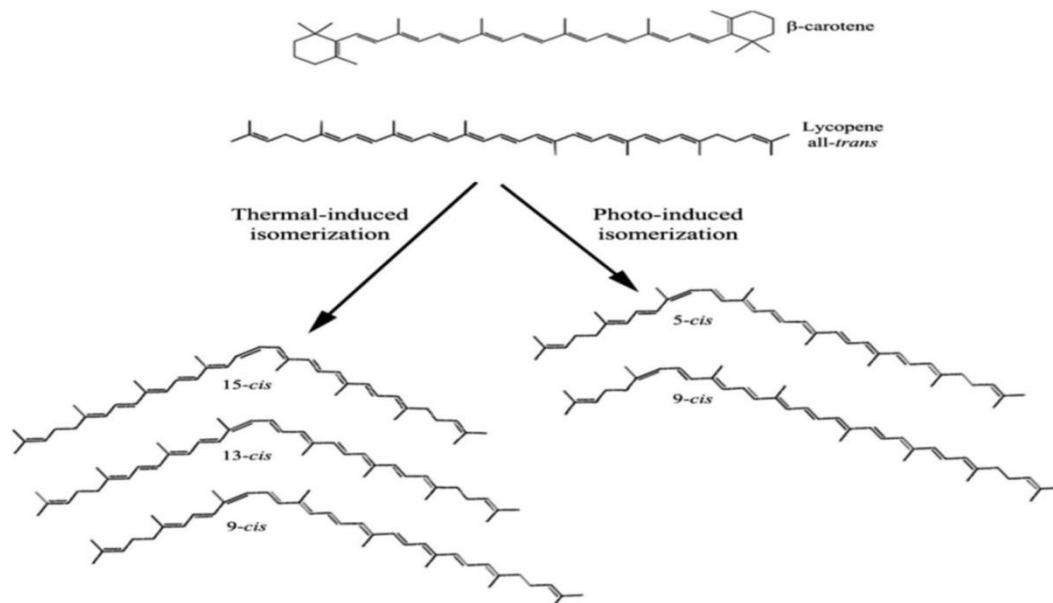


Figure 11: Structure chimique du β -carotène, du lycopène et de ses isomères obtenus par traitement thermique (Costa-Rodrigues *et al.*, 2018).

Un régime enrichi en β -carotène neutralise les molécules nocives qui ont pour résultat de défier l'âge naturellement (Kim *et al.*, 2014). Il aide le corps à absorber la lumière dans les yeux pour une bonne vision et d'autres fonctions comme facteurs de croissance pour les cellules épithéliales et module la fonction du gène principalement en raison de l'enzyme dioxygénase, qui est présente dans la muqueuse humaine de l'intestin grêle et il convertit le β -carotène en rétinol (Kulczynski *et al.*, 2017).

Selon Nzamwita *et al.* (2017), ce nutriment est essentiel pour maintenir l'intégrité des tissus épithéliaux, la croissance et le bon fonctionnement du système immunitaire (Pacier et Martirosyan, 2015). Le β -carotène est également connu pour ses attributs anticancéreux potentiels (Barkura *et al.*, 2017). Il joue un rôle important dans la réduction du risque de diabète type 2 et l'abaissement du syndrome métabolique chez les adultes d'âge moyen (Chen *et al.*, 2017). Il peut également améliorer la fonction du système immunitaire et inhiber la progression de tumeur dans certains types de cancers (Kulczynski *et al.*, 2017).

II.2. Citrulline

La citrulline est un acide aminé non protéique abondant dans la pastèque (Figure 12) (Kim *et al.*, 2014). Les chercheurs ont également rapporté que la citrulline est un précurseur efficace pour l'arginine et un intermédiaire métabolique dans le cycle d'oxyde nitrique. Elle est considérée comme un osmolyte puissant et piègeur du radical contre la sécheresse/stress du sel (Kyriacou *et al.*, 2018). Hong *et al.* (2015) ont mentionné que la citrulline la plus abondante se trouve dans une pastèque en quantités variant de 0,7 à 3,6 mg/g frais. Kyriacou *et al.* (2018) ont rapporté qu'une étude récente réalisée sur 56 variétés a donné une valeur moyenne de citrulline qui est de 3,1 mg/g, ce qui montre aucune corrélation avec le type de variétés. Des recherches sont toujours en cours pour déterminer quelle partie de la pastèque contient plus de citrulline que l'autre (chair, jus et croûte).

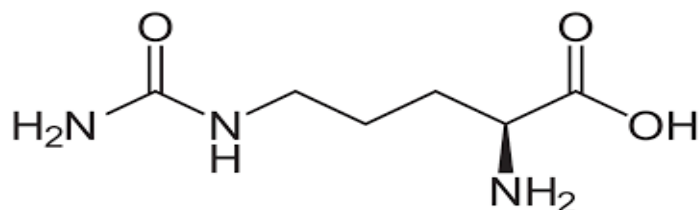


Figure 12: Formule développée de la citrulline (Goron, 2016)

Odewunmi *et al.* (2015) ont rapporté que la citrulline est produite naturellement dans le corps par une réaction enzymatique de l'azote-carbone contenu L-glutamine et est principalement absorbée dans l'intestin. Une source naturelle de citrulline peut être plus biodisponible qu'une source synthétique (Barba *et al.*, 2015).

Une étude a rapporté que les sujets consommant un niveau élevé constant de jus de pastèque avec chacun des trois repas a augmenté les concentrations de plasma en arginine et en ornithine comparativement aux sujets non alimentés de pastèque diététique (Sai'd, 2014). Ces résultats démontrent que la concentration plasmatique de l'arginine peut être augmentée par la prise de citrulline du jus de pastèque. En tant qu'un régime riche en citrulline est associé à plusieurs avantages pour la santé. La Citrulline s'est avéré efficace dans des sections telles que le squelette, la pharmacologie, l'immunologie, et la neurologie (Odewunmi *et al.*, 2015). Il a été également rapporté pour améliorer l'endurance sexuelle et les fonctions érectiles bien que le mécanisme exact de la façon dont il se produit n'est pas encore connu (Soteriou *et al.*, 2014). Comme un acide aminé, il est important pour les jeunes adultes avec un traumatisme, des brûlures, une résection massive de l'intestin grêle et l'insuffisance rénale (Ijah *et al.*, 2015). Il s'est également avéré important dans la prévention de l'anémie (Choudhary *et al.*, 2014).

En outre, elle est signalée pour être utile dans la relaxation musculaire et les performances (Soteriou *et al.*, 2014). En raison de cette fonction, il peut être crucial pour améliorer la nutrition sportive. Le cholestérol total, le cholestérol LDL, et les niveaux de cholestérol de HDL se sont avérés sensiblement améliorés par une supplémentation de L-arginine et L-citrulline (Choudhary *et al.* , 2015; Soteriou *et al.*, 2014; Choudhary *et al.*, 2013). Hong *et al.* (2015) ont rapporté que la consommation orale de L-arginine améliore la fonction endothéliale dans les patients de maladie d'artère coronaire. Des recherches sont toujours en cours pour évaluer le rôle fonctionnel de la citrulline en tant que piègeur des radicaux libres contre le stress du sel/sécheresse.

Dans une étude par Moinard *et al.* (2017) sur les rats âgés sous-alimentés, une amélioration de la masse musculaire, la force musculaire et l'activité locomotrice a été observée après avoir alimenté les rats avec le régime enrichi de citrulline. Wong *et al.* (2016) ont étudié l'effet du régime enrichi en citrulline sur les femmes ménopausées obèses. Leur étude a rapporté qu'une supplémentation avec L-citrulline après 8 semaines a amélioré l'équilibre cardiaque du système vagal des femmes post ménopauses obèses.

II.3. Composés phénoliques

La pastèque contient également des composés phénoliques tout à fait comparables à ceux d'autres fruits (Kaur et Kapoor, 2001; Jaskani *et al.*, 2005). Il s'agit d'une source peu coûteuse et nutritive qui est facilement accessible à tous les groupes socio-économiques du Pakistan tout au long de la saison estivale. Sa consommation dépend du nombre de facteurs, par exemple: disponibilité, revenu, âge, sexe, normes raciales et ethniques. Dans ce contexte, la consommation par habitant dans les communautés asiatiques est presque 3 fois plus élevée que dans d'autres parties du globe (Dermesonlouoglou *et al.*, 2007).

Les polyphénols, communément appelés composés polyphénoliques, sont définis comme des produits chimiques organiques de classe structurale caractérisés par la présence de grands multiples d'unités structurales de phénol, y compris les acides phénoliques, les flavonoïdes, les stilbenes et les lignans (Abourashed, 2013). Ils contiennent au moins deux groupes d'hydroxyle attachés à un anneau aromatique qui est dû à la présence du groupe -OH (Osowski, 2017). Ils sont les antioxydants les plus dominant dans un régime dérivé des fruits et légumes (Barba *et al.*, 2015). Après une prise orale et absorption, ils passent par des modifications enzymatiques étendues, ayant pour résultat la synthèse des composés glucuronisés, méthylés, et sulfatés aux niveaux intestinaux et de foie (Vaccaa *et al.*, 2016). Choudhary *et al.* (2013) ont noté dans leurs étude 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 de 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 EAG/kg à 127,26 mg EAG/kg et 104,71 à 197,42 mg EAG/kg, respectivement. Ces différences enregistrées dans la composition phénolique pourraient être due à plusieurs facteurs tels que le génotype, la zone d'échantillonnage et conditions climatiques (Tlili *et al.*, 2011, Nagal *et al.*, 2012 et Choudhary *et al.*, 2013).

Les teneurs en polyphénols totaux du jus de pastèque frais sont enregistrées avec un taux qui varie 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 (Barba *et al.*, 2015). Ils ont la capacité d'arrêter la formation de ROS dans un corps humain (Choudhary *et al.*, 2013).

García-Pérez *et al.* (2017) ont stipulé que les avantages de prévenir ou de réparer les dommages infligés par le ROS et les radicaux libres dans le corps tels que l'obésité et le diabète sont généralement attribués à l'activité des composés phénoliques. Leur étude a également suggéré que ces avantages sont liés aux mécanismes de modulation des voies de signalisation multiples dans les myofibres squelettiques de β -cellules pancréatiques des hépatocytes, des adipocytes, et des effets antioxydants (García-Pérez *et al.*, 2017).

Des études *In vitro* et *In vivo* ont prouvé que les polyphénols possèdent des activités anti-cancéreuses et anti-inflammatoires (Choudhary *et al.*, 2015). Il s'est avéré efficace dans la prévention de la « maladie du psoriasis », un trouble de la peau affectant jusqu'à 2% de la population mondiale entraînée par le système immunitaire (García-Pérez *et al.*, 2017). En outre, il a comme conséquence des effets protecteurs contre une série de maladies telles que le diabète, les désordres neurodégénératifs, l'ostéoporose, l'inflammation, l'arthrite, la pression artérielle élevée, et les maux de tête (Vacca *et al.*, 2016, Choudhary *et al.*, 2013). Cependant, les effets sur la santé des polyphénols dépendent à la fois de leurs apports respectifs et de leur biodisponibilité (Barba *et al.*, 2015). Ainsi, la consommation de jus de pastèque peut servir d'alternative médicinale (Choudhary *et al.*, 2013). Les polyphénols ont suscité un intérêt considérable chez les nutritionnistes, les fabricants d'aliments et les consommateurs en raison de leur innocuité et de leur vertu thérapeutique potentielle (Castro-López *et al.*, 2017). Des recherches sont toujours en cours pour identifier et caractériser lesquels des centaines de polyphénols existants sont susceptibles d'être contenus par la pastèque.

II.4. Vitamines

Les vitamines se définissent généralement par un ensemble de molécules organiques présentes au sein des aliments. Elles jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement normal du corps humain (Shahidi et Naczki, 2003). En effet, certaines pathologies sont directement liées à des carences en ces composés: une carence en vitamine C provoque le scorbut; une insuffisance de l'apport en vitamine A peut aboutir des formes de cécité; une carence en vitamine B₁ peut engendrer des lésions nerveuses

(béribéri); une carence en niacine (B_3) a été associée à la pellagre et enfin le rachitisme est lié au manque de vitamine D (Ball, 2006). Il y a encore deux exceptions à cela: la vitamine D qui est synthétisée sous l'action des rayonnements UV du soleil, et la niacine dont la voie de synthèse dépend du précurseur tryptophane, un acide aminé apporté par l'alimentation (Ball, 2006).

La vitamine C ($C_6H_8O_6$) est utilisée comme description générale pour tous les composés organiques présentant une activité biologique d'acide ascorbique (Doll et Ricou, 2013). Il a deux composants principaux qui sont l'acide ascorbate et déshydroascorbique. Pacier et 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 essentiel qui ne peut pas être synthétisé par le corps humain; par conséquent, il doit être apporté par l'alimentation (Oberoi, 2015). C'est un nutriment essentiel soluble dans l'eau qui est fréquemment ajouté à une variété de produits alimentaires pour l'amélioration des nutriments et la supplémentation importante pour la biosynthèse du collagène et de certaines hormones (Rodríguez-Roque, 2015).

La pastèque a été identifiée une bonne source de vitamine C (Jumde, 2015). Selon Tlili *et al.* (2011), le taux de vitamine C dans quelques variétés de pastèque varie de 119,7 mg/kg à 204,0 mg/kg. En outre, Choo et Sin (2012) ont noté que la chair de la pastèque rouge possède la teneur en vitamine C (86,32 mg/kg) la plus élevée que celle enregistrée dans la chair de la pastèque jaune (52,05 mg/kg). Cependant, le taux de vitamine C est presque identique dans les fruits entiers de la pastèque à chair rouge (42,91 mg/kg) et jaune (44,94 mg/kg). De même, l'étude menée par Tlili *et al.* (2010) sur quelques variétés tunisiennes a montré que la teneur de pastèque en vitamine C varie entre 98,04 mg/kg à 216,05 mg/kg matière fraîche. Selon Oberoi et Sogi (2017), le jus de pastèque frais contient 3,72 mg/100 g. Une tasse de jus de pastèque contient 20% de la valeur quotidienne pour la vitamine C. Ces différences sont très probablement dues à la forte influence des différences génotypiques et des facteurs externes tels que les conditions environnementales, le stade de maturité, les pratiques de récolte et post-récolte (Oberoi et Sogi, 2017).

Pacier et Martirosyan (2015) ont indiqué qu'au moins 10 mg de dose quotidienne permettra d'éviter une carence nutritive et le scorbut. Cependant, 90-500 mg par jour est recommandé pour des avantages optimaux. La vitamine C peut améliorer la qualité de vie des patients atteints de cancer dans plusieurs mécanismes potentiels. Les patients atteints

de cancer souffrent habituellement d'une carence en vitamine C et sont exposés à un stress oxydatif très élevé (Takahashi, 2012). Par conséquent, la prise orale de cette vitamine par des sources naturelles peut soulager la fatigue et divers autres symptômes provoqués par un état de carence chronique en vitamine C dans ces patients.

En outre, en tant qu'antioxydant, l'acide ascorbique protège l'oxydation du LDL et du HDL, empêchant des dommages cellulaires par des radicaux libres (Kehiliet *et al.*, 2017). Il supprime les oxydants, ce qui peut conduire au développement de maladies chroniques (Pacier et Martirosyan, 2015; Choudhary *et al.*, 2013). Il a été rapporté également qu'elle a un effet bénéfique dans la prévention et le traitement d'une variété de maux, scorbut, froid ainsi que d'être résistant au stress (Vaccaa *et al.*, 2016, Doll et Ricou, 2013).

En plus de ses nombreux effets sur la santé, il joue un rôle dans les fonctions cognitives en raison de sa forte concentration dans le cerveau. Il est également rapporté pour être facteur essentiel dans la synthèse de la carnitine, la noradrénaline et le collagène (Pacier et Martirosyan, 2015).

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 et Martirosyan, 2015). Avec l'hypertension étant actuellement une préoccupation majeure dans les établissements de santé, la vitamine C a été montrée pour abaisser la tension artérielle dans les patients présentant l'hypertension (Choudhary *et al.*, 2015). 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 et Martirosyan, 2015).

Un apport approprié de régime enrichi en vitamine C au cours d'une vie aidera à maintenir notre santé actuelle et prévenir les maladies futures. Comme avec d'autres phytochimiques, la consommation de vitamine C naturelle est recommandée par opposition à celles synthétiques sous forme de suppléments (Naz *et al.*, 2014, Choudhary *et al.*, 2013).

II.5. Propriétés thérapeutiques de la pastèque

Citrullus lanatus var. *citroide* (melon sauvage) aurait été largement utilisé dans la phytothérapie traditionnelle. Les fruits de *Citrullus lanatus* sont consommés comme un fébrifuge lorsqu'ils sont pleinement mûrs ou même lorsqu'ils sont presque putrides (Grieve et Leyel, 1984). La racine est purgative et en dose élevée, elle peut également servir d'émétique (Grieve et Leyel, 1984). La graine est démulcente, pectorale et tonique (Duke et Ayensu, 1985), également une bonne vermifuge et a une action hypotendue. Elle est parfois utilisée dans le traitement des infections urinaires (Grieve et Leyel, 1984) ainsi que le mouillage du lit (Moerman, 1998).

Le fruit est également diurétique (Grieve et Leyel, 1984) et efficace dans le traitement des pierres lésales et rénales (Chiej, 1984). Des recherches préliminaires aux États-Unis en 2012 indiquent que la consommation de pastèque peut avoir des effets antihypertenseurs. L'huile de la graine, ainsi que les extraits aqueux ou alcooliques, ont été signalés pour paralyser les ténias et les vers ronds (Chopra, 1958). La croûte du fruit est prescrite en cas d'intoxication alcoolique et de diabète (Duke et Ayensu, 1985). *Citrullus lanatus* est utilisé dans le nord du Soudan pour les brûlures, les gonflements, les rhumatismes, la goutte et comme laxatif (Schippers et Budd, 1997).

En outre, les fruits sont utilisés comme purgatif drastique au Sénégal; ils sont également utilisés pour traiter la diarrhée et la gonorrhée au Nigeria. Le goudron est extrait des graines et utilisé pour le traitement de la gale et pour le bronzage cutané (Schippers et Budd, 1997). L'huile de graines a une action anthelminthique qui est meilleure que celle de l'huile de graines de citrouille (Jackson, 1990).

II.5.1. Activité anti-inflammatoire

L'activité anti-inflammatoire *In vivo* et *In vitro* de l'huile de graines de *Citrullus lanatus* (CLSO) dans le carraghénane induit l'œdème de patte chez le modèle de rat a été effectuée. La puissance de l'huile par rapport au diclofénac standard (10 mg/kg) a montré une réduction significative de l'œdème induit par le carraghénane maximum à 3 heures (réduction en pourcentage du volume de patte 44,44%, 55,56% et 63,11% pour CLSO (50 mg/kg), CLSO (100 mg/kg) et diclofène (10 mg/kg), respectivement et CLSO à une concentration de 100, 250 et 500 mg/ml ont montré 42,35%, 68,48% et 78,50% de protection de HRBC dans la solution hypotonique, respectivement. Tous les résultats ont

été comparés au diclofénac standard à 50, 100 et 200 mg/ml qui ont montré 43,74%, 63,93% et 86,73% de protection de HRBC dans la solution hypotonique, respectivement (Madhavi *et al.*, 2012).

II.5.2. Activités antimicrobiennes

Les activités antimicrobiennes des extraits brut (chloroforme, hexane et éthanol) de tiges, de fruits, de graines et de feuilles de *Citrullus lanatus* variété *citroides* ont été réalisées contre les bactéries (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis* et *Proteus vulgaris*) et les champignons (*Aspergillus niger* et *Candida albican*). La méthode de diffusion du disque a été utilisée. L'analyse des données a révélé que l'extrait chloroformique du fruit présentait l'activité antibactérienne maximale. Il a montré l'activité antibactérienne contre *S. aureus*: 36 mm, *B. subtilis*: 38 mm, *E. coli*: 37 mm, *P. vulgaris*: 23 mm et *P. aeruginosa*: 19 mm. Les résultats ont été comparés simultanément aux drogues standard; clotrimazole et gentamicine. Sur la base des résultats obtenus, il a été conclu que *Citrullus lanatus* var. *citroides* a une activité antimicrobienne, qui est aussi puissant que les médicaments antimicrobiens standard contre les micro-organismes sélectionnés (Loiy *et al.*, 2011).

II.5.3. Activité anti-prostatique

Une étude menée sur les effets de l'extrait méthanolique de la graine de *Citrullus lanatus* sur l'hyperplasie bénigne de prostate induite expérimentalement sur vingt rats mâles adultes de Wistar pesant environ 135-180 g; qui ont été aléatoirement divisés en quatre groupes de cinq animaux chacun. Le groupe I, qui a servi de contrôle normal (CN) a reçu de l'huile de maïs sous forme de placebo 1g/kg BW; Groupe II, a servi de contrôle traité par hormone (HTC), Groupes III et IV qui a servi d'hormone d'extrait traité (HTEC) ont reçu une dose continue de 300 g et 80 g de testostérone (T) et d'estradiol (E_2), respectivement les jours alternatifs pendant trois semaines sous-cutanéement dans la région inguinale, tandis que l'extrait traité a reçu un supplément de 2g/kg BW (faible dose) et 4g/kg BW (dose élevée) d'extrait pendant 4 semaines après l'élargissement réussi de la prostate. Immédiatement après l'induction chez quelques animaux qui ont été choisis au hasard et sacrifiés pour l'inspection brute de l'agrandissement de prostate et l'évaluation de

compte de sperme, ces procédures ont été répétées encore après quatre semaines de traitement d'extrait.

Une partie de la prostate a été prise et traitée régulièrement pour l'incorporation de la paraffine enrobée et teintée avec la coloration à l'hématoxyline et à l'éosine. Des résultats du traitement hormonal d'étude n'a pas affecté le poids corporel des animaux; cependant il a causé une diminution significative du poids des testicules et a rendu tous les rats azoospermiques. En outre, le traitement avec des extraits a causé une diminution significative de la prostate agrandie, de la vésicule séminale et des tailles de testicules d'une manière liée à la dose ($p < 0.05$) par rapport au contrôle traité par hormone. L'examen histologique de la prostate a indiqué que l'extrait méthanolique a causé des changements significatifs dans son histo-architecture. Les extraits ont en outre causé une réduction dépendante de la dose dans le poids de la prostate.

Le niveau de PSA a été sensiblement abaissé dans HTEC à des doses faibles a réduit la taille de la prostate de manière significative ($p < 0,05$), à la fois à haute et faible dose, mais n'a pas pu restaurer la taille initiale des testicules rétrécis et de l'oligospermie grave causée par les hormones. Les études histologiques établissent clairement MECLS en tant que agent potentiel dans la gestion des conditions dépendantes d'androgène comme l'hyperplasie bénigne de prostate (Adesanya *et al.*, 2011) .

II.5.4. Activité anti-giardique

Une activité antigiardiale *In vitro* des extraits de fruits de *Citrullus lanatus* (éther de pétrole, acétate d'éthyle, butanol) ainsi que la Cucurbitacine E et la Cucurbitacine Composés isolés purs de L 2-O- β -glucoside de *C. lanatus* var. *citroides* a été réalisée. Cucurbitacine E et Cucurbitacine L 2-O- β -glucoside se sont révélés avoir une forte puissance activité antigiardique contre *Giardia lamblia* *In vitro* avec IC_{50} = 2 et 5 ng/ml après 5 jours, respectivement.

L'extrait d'acétate d'éthyle était le meilleur de tous les extraits testés suivis d'éther de pétrole et butanol avec des IC_{50} de 0,1, 0,2 et 0,5 μ g/mL, respectivement. Les résultats de cette étude suggèrent que tous les extraits bruts et les composés isolés étaient actifs contre *G. lamblia*, l'auteur a donc conclu que *C. lanatus* var. *citroides* peut être recommandé nouvelle source pour le traitement de la giardiase (Loiy *et al.*, 2011).

II.5.5. Activité antidiabétique

Le potentiel antidiabétique de la pastèque (*Citrullus vulgaris* Schrad) a été évalué *In vivo*. Les souris ont été nourries avec un régime expérimental contenant aucun, 10% poudre de chair de pastèque (WM-P) ou 1% extrait d'éthanol de croûte de pastèque (WM-E). Après 4 semaines, les souris ont été administrées avec la streptozotocine (40 mg/kg) pendant 5 jours consécutifs pour induire le diabète. La supplémentation avec WM-E a significativement diminué le niveau de glucose sanguin et a augmenté les niveaux d'insuline de sérum. L'alimentation de WM-P a également induit des changements modérés, mais ceux-ci n'étaient pas statistiquement significatifs. L'analyse immuno-histochimique a montré que la pastèque a protégé la mort de cellules pancréatiques, qui suggèrent que la pastèque a un effet bénéfique sur le diabète (Jiyun *et al.*, 2011).

II.5.6. Effet hépato-protecteur

L'huile des graines de *Citrullus lanatus* a été testée dans du tétrachlorure de carbone sur l'hépatotoxicité induite chez le rat par le sérum estimé par le taux d'enzymes hépatiques et une étude hisopathologique des tissus hépatiques. Huile de graines de *Citrullus lanatus*; CLSO (125 mg) et CLSO (250 mg) ont été administrés par voie orale pendant 10 jours chez le rat et par rapport à silymarine standard (100 mg/kg) par voie orale. Le résultat a montré une diminution significative de l'ALT sérique, AST et les niveaux d'ALP chez les groupes traités qui a augmenté en raison les lésions hépatiques induites par CCl₄ sont comparables au médicament standard. L'étude Histopathologique du tissu hépatique a démêlé l'effet hépatoprotecteur de l'huile de graines de *Citrullus lanatus* (Madhavi *et al.*, 2012).

II.5.7. Effets anti-sécrétoires

Les effets du jus de *Citrullus lanatus* ont été évalués sur la sécrétion d'acide gastrique et le pH dans l'ulcération induite par l'Indométhacine chez les rats albinos mâles. L'expérience a été divisée en deux études. Dans le cadre de chaque étude, quatre groupes de rats ont été prétraités avec de l'eau distillée (contrôle), 25% pastèque, 50% pastèque et 100% jus de pastèque respectivement pendant 30 jours. Les rats prétraités avec le jus de *Citrullus lanatus* ont montré la réduction dose-dépendante significative de la formation de lésions gastriques ($p < 0,05$). En outre, l'ulcérogenèse dans les groupes prétraités était

significativement inférieure à celle observée avec le contrôle $p < 0,05$. Les résultats suggèrent que le jus de *Citrullus lanatus* (pastèque) a un effet gastroprotecteur significatif dans l'ulcération gastrique induite par l'Indométhacine (Francis *et al.*, 2013).

II.5.8. Propriété anti-ulcérogène

La propriété anti-ulcérogène de l'extrait méthanolique brut des graines de *Citrullus lanatus* dans deux modèles différents d'ulcère chez les rats wistar albinos a été évaluée. L'extrait à 300 mg/kg de poids corporel, une fois par voie orale pendant 7 jours a un effet significatif dans la ligature pylorique (PL, 4 h ligature) et dans l'immersion dans l'eau (WS, 25°C pour 3 h) modèle d'ulcère induit par le stress, car il a montré l'indice de protection de 57,33% et 63,38%, respectivement qui est comparable aux médicaments standard (Ranitidine 50 mg/kg) et Omeperazole (20 mg/kg poids corporel) qui ont montré l'indice de protection de 64,47% et 70,59% dans le modèle PL et WS respectivement.

En outre, *Citrullus lanatus* a montré une diminution significative du volume gastrique (53,55%), de l'acide libre (53,02%) et de l'acide total (36,53%) en cas de modèle de ligature pylorique. L'effet protecteur d'ulcère de *Citrullus lanatus* peut être dû à son antisécrétoire avec son cytoprotecteur (Alok *et al.*, 2012).

III. Valorisation de la pastèque



III. Valorisation de la pastèque

III.1. Aptitude à la Conservation et à la transformation

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). La pastèque est périssable dans la nature en raison de son pH (5,2–6,7) et son activité de l'eau élevée allant entre 0,97 et 0,99 (Lemos *et al.*, 2017). Il est donc sensible aux micro-organismes pathogènes en raison des bactéries gram-positives, qui sont très sensibles à une faible acidité (Feng *et al.*, 2013). La pastèque peut être considérée comme un aliment potentiellement dangereux en raison de sa faible teneur en acide; en conséquence, la conservation du jus de pastèque est importante. Pour prolonger la durée de conservation et augmenter l'utilisation, le jus de pastèque est transformé en divers produits compte tenu du besoin du consommateur pour des aliments sûrs, nutritifs et pratiques.

Toutefois, le traitement peut entraîner une perte de nutriments et de phytochimiques de la pastèque (Tableau VI). Jumde et coll (2015) ont observé que pendant la transformation, les fruits passent par unités d'opérations comme l'épluchage, la réduction de la taille, le mélange et le traitement. Dans l'industrie du jus de fruits, le traitement à haute température à court terme est principalement appliqué. Bien que cette méthode soit efficace pour minimiser les micro-organismes et les enzymes, elle dégrade la teneur nutritionnelle et antioxydante des jus de fruits (Giner *et al.*, 2013).

Actuellement, de nombreuses recherches ont été faites sur l'utilisation de technologies de traitement innovantes qui affectent rarement les molécules de faible poids moléculaire comme la couleur, les composés aromatiques, les minéraux, les nutriments et les antioxydants pendant les unités d'opération (Barba *et al.*, 2015). La chaleur affecte négativement les paramètres de qualité de la pastèque en raison de sa nature thermosensible (Lemos *et al.*, 2017). La température supérieure à 78°C aurait un effet néfaste sur le changement de couleur, la séparation des particules, ainsi que le changement de saveur (Giner *et al.*, 2013). Par conséquent, des technologies de traitement alternatives qui sont rentables et qui ne compromettent pas la qualité du produit devraient être appliquées pendant le traitement (Lemos *et al.*, 2017)

Tableau VI: Effets du traitement sur les antioxydants de pastèque.

Méthode de traitement	Effet sur les antioxydants	Références
Champ électrique pulsé à haute intensité	Réduit la vitamine C, une forte rétention de lycopène et la capacité des antioxydants dans le jus de pastèque	(Rodríguez-Roque <i>et al.</i> , 2015)
Champ électrique pulsé	Rétention élevée du lycopène	(Aganovic <i>et al.</i> , 2017)
Séchage	Perte de lycopène et de vitamine C, dégradation de la capacité antioxydante et polyphénols totaux	(Choudhary <i>et al.</i> , 2015)
Thermosonication	Augmentation du lycopène, teneur en phénolique n'est pas beaucoup affectée et l'acide ascorbique est conservé	(Anaya-Esparza <i>et al.</i> , 2017)
Pasteurisation et stérilisation	Dégradation de la vitamine C, dégradation du lycopène et des polyphénols	(Giner <i>et al.</i> , 2013)
Traitement à haute pression	Préserver les vitamines et la citrulline, augmenter le lycopène	(Barba <i>et al.</i> , 2015)

Puisque les paramètres de qualité de pastèque sont facilement épuisés par le traitement thermique, les méthodes de traitement non thermique doivent être employées pour minimiser la dégradation (Mohd-Alia *et al.*, 2017). Opposé à la technologie thermique, le traitement non thermique est efficace dans la rétention des nutriments, la saveur et la couleur pendant le traitement (Anaya-Esparza *et al.*, 2017). Le traitement à haute pression et le champ électrique à impulsions font partie des méthodes de traitement qui peuvent conserver les paramètres de qualité (Aganovic *et al.*, 2017). Une combinaison d'ultrason et de chaleur modérée connue sous le nom de thermosonication est également plus efficace dans l'inactivation enzymatique et microbienne sans affecter la qualité de jus (Anaya-Esparza *et al.*, 2017). Le traitement thermique transforme le lycopène et le β -carotène de la configuration *Trans/Cis* isomers les rendant plus biodisponibles.

Aujourd'hui, le problème du gaspillage alimentaire a suscité beaucoup d'inquiétude. En effet, le volume mondial de gaspillage alimentaire est d'environ 1,6 milliard de tonnes par an et les fruits sont l'un des taux de gaspillage les plus élevés (FAO 2016) sachant que l'Union européenne a défini le gaspillage alimentaire comme « la nourriture perdue de la chaîne d'approvisionnement alimentaire, sans compter les aliments détournés vers des utilisations matérielles telles que les produits bio-basés, les aliments pour animaux ou envoyés pour redistribution ».

La pastèque (*Citrullus Lanatus*) est consommée par beaucoup de gens à travers le monde en raison de ses faibles calories ainsi que ses avantages pour la santé, sa capacité d'étancher la soif, sa valeur nutritive élevée et ses propriétés antioxydantes importantes. Ce produit présente également une source brillante de sels minéraux (Ca, K, Fe et Mg), vitamines (A, B, C and E), une grande variété d'antioxydants (phénoliques et caroténoïdes) et d'acides aminés spécifiques (arginine et citrulline) (Romdhane *et al.*, 2017). Les composés les plus importants présents dans la biomasse de la pastèque sont la chair, les croûtes et les graines qui présentent environ 68, 30 et 2 %, respectivement, de la totalité du fruit (Kumar, 1989). En 2017, environ 42 millions de tonnes de croûte de pastèque ont été énérgé. Ces croûtes représentent des défis environnementaux parce qu'elles sont déversées arbitrairement dans l'environnement. Jusqu'à présent, les études qui mettent l'accent sur la conversion potentielle de ces résidus à d'autres produits sont limitées, de sorte qu'il devient nécessaire de développer une nouvelle solution écologique pour la gestion de ce problème. Le zeste de pastèque contient des protéines, des sels minéraux, des glucides, des graisses, des vitamines, de la citrulline et des produits phytochimiques. Les glucides sont le principal composé de la croûte de pastèque et il pourrait être utilisé comme matière première pour l'extraction des polysaccharides (Petkowicz *et al.*, 2017; Jiang *et al.*, 2012).

III.1. Produits de valorisation

III.1.1. Confiture de pastèque

La confiture extra est définie par la Directive 2001/113/CE du Conseil du 20 décembre 2001 relative aux confitures comme: « Le mélange, porté à la consistance gélifiée appropriée, de sucres, de pulpe non concentrée d'une ou de plusieurs espèces de fruits (450 g de fruits/kg produit fini) et d'eau. La teneur en matière sèche soluble (déterminée par un réfractomètre) dans la confiture extra est fixée à une valeur $\geq 60\%$ ». Selon cette directive, les fruits tels que, les pommes, poires, prunes, melons, pastèques, raisins, citrouilles, concombres et tomates, ne peuvent pas être utilisés en mélange avec d'autres fruits pour la fabrication de confitures extra. Il existe plusieurs types de confitures :

➤ **Confiture extra:** est une confiture pour la quelle la quantité de pulpe et/ou de purée de fruits utilisée pour la fabrication de 1 000 g de produit fini doit être supérieure à 450 g en général.

➤ **Gelée:** est le mélange suffisamment gélifié de sucre et du jus clair tamisé de fruits cuits. La quantité de jus utilisé pour la fabrication de 1 000 g de produit fini doit être supérieure ou égale à 350 g en général.

➤ **Gelée extra:** est une gelée pour laquelle la quantité de jus utilisé pour la fabrication de 1 000 g de produit fini doit être supérieure ou égale à 450 g en général.

➤ **Marmelades:** est la cuisson de sucre et d'agrumes sous forme de pulpe, purée, jus ou écorce. Ces agrumes ont été macérés dans un sirop de sucre avant d'être cuits. La quantité d'agrumes utilisée pour la fabrication de 1 000 g de produit fini doit être supérieure ou égale à 200 g (Fredot, 2005).

Le croûte de pastèque (Figure 13) est un sous-produit de la transformation du jus de pastèque peut être utilisé dans la production de confiture de pastèque. La confiture peut être sans saveur ou avec différentes saveurs de vanille, d'ananas, de fraise et de 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 compris 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 sens au lieu de jeter l'écorce nutritive, les individus peuvent en bénéficier. La peau crue de pastèque contient plus de cendres et fibre brute par rapport à la pulpe de pastèque (Morais *et al.*, 2017).



Figure 13: Croûte de pastèque (Ibrahim *et al.*, 2017).

La croûte de pastèque possède des effets thérapeutiques attribués en particulier à sa richesse en substances antioxydantes (Ruxton *et al.*, 2006). La principale activité antioxydante dans les croûtes de pastèque est la citrulline. En raison de son activité antioxydante, elle protège l'organisme humain contre les dommages des radicaux libres.

En outre, la citrulline peut être convertie en arginine qui est un type d'acide aminé qui est vital pour le cœur humain, le système circulatoire ainsi que le système immunitaire (Larrosa *et al.*, 2002). En outre, les recherches actuelles ont également montré que la croûte de pastèque a le potentiel dans la relaxation des vaisseaux sanguins ainsi que le cancer et les maladies cardiovasculaires en plus d'améliorer l'endurance sexuelle et la fonction érectile (Ibrahim *et al.*, 2017).

III.1.2. Jus de pastèque

Le jus de pastèque peut être extrait de la pulpe. 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 (Okwori *et al.*, 2017; Akande et Ojekemi, 2013). Le jus de pastèque peut être mélangé avec de la betterave dans le rapport de 75:25 par volume respectivement. Le mélange améliore la valeur totale des solides solubles et la teneur en vitamine C (Ankush *et al.*, 2015).

Selon Okwori *et al.* (2017), la durée de conservation du jus naturel de pastèque peut être augmentée par réfrigération. Le jus de pastèque frais avec le sucre ajouté a une durée de conservation plus longue par rapport au 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 fraîche pasteurisé et sucré (avec 20 % de saccharose) pour améliorer sa durée de conservation. Le produit peut être conservé sous réfrigération (4°C-15°C) pour obtenir de meilleurs résultats qui sont prévus pour une durée de conservation de trois mois.

III.1.3. Yaourt à la pastèque

Le jus de pastèque peut être utilisé dans la production de yaourt aux fruits. Il est mélangé avec du lait en poudre séché reconstitué et homogénéisé. Le mélange est inoculé avec 2% d'une souche mixte (*Lactobacillus delbrueckii*, *subsp. 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 selon 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'ajout de 10% de sucre). 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 démarrage a été inoculée (1,5 %) à 41°C et le mélange est incubé à 37°C pendant 8-12 heures. Un yaourt nature a également été fabriqué en utilisant la même formulation qu'un contrôle. Le yaourt est analysé pour l'essai sensoriel, l'humidité, la cendre, les protéines, la graisse, le pH, l'acidité, les solides solubles totaux et la synérèse. Les résultats indiquent que le yaourt à la pastèque avait de meilleures propriétés nutritionnelles et sensorielles perceptibles par rapport au contrôle (Roy *et al.*, 2016). À cet égard, la qualité nutritionnelle du yaourt peut être améliorée par l'incorporation de la pulpe de pastèque dans la formulation du yaourt. En outre, l'incorporation de 25% de jus de pastèque peut conduire à 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).

III.1.4. 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 Bar, 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 ajoutés 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 que d'une diminution des propriétés sensorielles perceptibles. La poudre peut être utilisée comme additif alimentaire ou elle peut être reconstituée.

III.1.5. Huile de graines de pastèque

Les graines de pastèque sont riches en huile et en protéines selon Fila *et al.* (2013). L'huile des graines de pastèque extraite après séchage au soleil des graines contient des quantités élevées d'acides gras insaturés avec des acides linoléiques et oléiques comme principaux acides (Xiaonan 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 à l'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; Johnson *et al.*, 2012).

III.1.6. Alimentation infantile

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

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

III.1.7. Vin de pastèque

Le jus de pastèque peut être employé dans la formulation d'un vin de pastèque avec des propriétés antioxydantes (Darman, 2010). Les propriétés antioxydantes sont dues à la présence de polyphénols. Un vin de fruit mélangé peut être fait avec la pastèque étant l'un des jus de fruit constituants, par exemple une combinaison de pastèque et de pawpaw ou de banane et de pastèque peut être fermenté en utilisant *Saccharomyces cerevisiae* isolé du vin de palme pour produire un vin de fruit mélangé (Ogodo *et al.*, 2015). Cela a une incidence sur la réduction des pertes après la récolte c'est-à-dire que les fruits trop mûrs qui pourraient faire face au rejet sur le marché des produits frais peuvent être utilisés pour trouver un produit acceptable.

Une étude similaire a également été menée par Adedeji et Oluwalana (2013), un mélange de vin de patte de pastèque a été produit en utilisant différents ratios de pawpaw à la pastèque. Les propriétés physio-chimiques et les caractéristiques sensorielles ont été analysées et les résultats ont indiqué que le vin avec une formulation de pawpaw à

pastèque ratio de 60:40 avait la plus haute qualité avec une durée de vie de stockage de 6 mois à $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

III.1.8. Agent antistaling et additif de cuisson

La poudre de croûte de pastèque si elle est utilisée avec la poudre de peau de melon sharyln peut retarder le staling des gâteaux en inhibant l'oxydation des lipides et la formation d'acide gras libre pendant le stockage. Cet effet est attribué à la présence de composés phénoliques qui sont significativement plus élevés dans la poudre de croûte de pastèque que la poudre de melon de sharyln (Al-Sayed et Ahmed, 2013).

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

III.1.9. Autres utilisations

Dans l'industrie alimentaire, comme 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 utilisé comme légume. En Chine pour l'instant, la croûte de pastèque est dé-peau et dé-fruits avant d'être 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 utilisent la croûte de pastèque comme une médecine traditionnelle largement pour effacer la chaleur dans le 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. Basé sur ce que d'autres pays ont appliqué la croûte de pastèque, il montre que la croûte de pastèque a également sa propre valeur et pas seulement un gaspillage comme les gens l'ont toujours fait (Ibrahim *et al.*, 2017).

Les chercheurs 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 et 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 et, par conséquent, prolongé sa durée de conservation (Ibrahim *et al.*, 2017).



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 la vitamine C qui renforce notre système immunitaire, le β -carotène ou provitamine A qui intervient dans la vision et de la vitamine B₆ pour la formation des tissus et le bon fonctionnement du système nerveux. Elle contient également du potassium qui est efficace contre les crampes musculaires et les courbatures. En outre, elle est très pauvre en calories, nulle en cholestérol ce qui la rend parfaite pour les régimes mais sa richesse en eau procure rapidement une sensation de satiété; elle est aussi considérée comme un excellent diurétique, qui pallie la rétention d'eau.

La pastèque est aussi utilisée pour ses vertus thérapeutiques. Au niveau digestif, manger de la pastèque peut abaisser les brûlures d'estomac et diminuer les flatulences. Elle purifie aussi le côlon, le foie, les reins, les voies urinaires et débarrasse l'organisme des parasites intestinaux. Elle est également riche en citrulline, un acide α -aminé qui pourrait baisser la pression artérielle (au repos et induite par le stress) chez les adultes souffrant de pré-hypertension.

Le lycopène contenu dans la chair de la pastèque a des effets anti-athérosclérotiques, antioxydants, anti-inflammatoires, antihypertenseurs et antiplaquettaires. Il peut réduire la rigidité artérielle et exercerait un effet favorable chez les patients souffrant d'athérosclérose subclinique, de syndrome métabolique, d'hypertension, de maladie vasculaire périphérique, d'accident vasculaire cérébral et de plusieurs autres troubles cardiovasculaires.

En outre, les graines de pastèque peuvent stimuler la mémoire et ont des propriétés laxatives et anti-inflammatoires. Elles sont également bonnes pour le cœur car elles dilatent les vaisseaux sanguins et elles diminuent l'hypertension artérielle et préviennent ainsi les maladies cardio-vasculaires.

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.

Des études ultérieures permettront de compléter ce travail:

- Etudier les variétés de pastèque locales;
- Evaluer l'effet de l'origine géographique sur sa valeur nutritionnelle et sa composition en antioxydants;
- Quantifier ses antioxydants par des techniques plus performante tel que l'HPLC;
- Evaluer leurs capacités antioxydantes *In vitro* et *In vivo*.
- Elaborer un processus industriel pour la fabrication de différents produits à base de pastèque afin de valoriser ce fruit (confiture, jus, yaourt...etc).
- Réaliser des analyses physico-chimiques permettant de définir le profil antioxydant de la pastèque et des produits à base de pastèque.
- Effectuer des analyses microbiologiques pour déterminer la stabilité du produit à court et à long terme.
- Etudier la compatibilité de la pastèque avec d'autres fruits pour fabriquer des nouveaux produits plus commerciaux.



Références bibliographiques

Achour, I. & Khaled, I. K. (2019). Etude comparative entre la pastèque greffée et non greffée variété (El Ghali). *Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, Mémoire de Master*.

Adedeji, T. O. & Oluwalana, I. B. (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.

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

Ahn, J., Choi, W., Kim, S. & Ha, T. (2011). Anti-diabetic effect of watermelon (*Citrullus vulgaris* Schrad) on Streptozotocin-induced diabetic mice. *Food Science and Biotechnology*, 20 (1), 251-254.

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

Allali, N. (2008). Production de confitures de fruits par déshydratation osmotique couplée au chauffage ohmique. *Université de Technologie Compiègne, Thèse de doctorat*.

Alok, B. R. K., Vivek, D. & Niyaz, A. (2012). Evaluation of anti-ulcer activity of *Citrullus lanatus* seed extract in Wistar rats. *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4, (5), 135-139.

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.

- Arzel, B., Golay, M., Zesiger V., Kabengele Mpinga, E. & Chastonay P. (2005). Malnutrition et inégalités sociales. *Bulletin des Médecins en Suisses*, 86, 1093-1099.
- Ball, R. (2006). International financial reporting standards (IFRS): pros and cons for investors. *Accounting and Business Research*, 36 (1), 5-27.
- Barba, F. J., Terefe, N. S., Buckow, R., Knorr, D. & Orlie, V. (2015). New opportunities and perspectives of high pressure treatment to improve health and safety attributes of foods. A review. *Food Research International*, 77, 725-742.
- Barkura, S., Bankapura, A., Chidangila, S. & Mathura, D. (2017). Effect of infrared light on live blood cells: role of β -carotène. *Journal of Photochemistry and Photobiology*, 171, 104-116.
- Bisognin, D. A. (2002). Origin and evolution of cultivated cucurbits. *Ciencia Rural*, 32 (2), 715-723.
- Castro-López, C., Ventura-Sobrevilla, J. M., González-Hernández, M. D., Rojas, R., Ascacio-Valdés, J. A., Aguilar, C. N. & Martínez-Ávila, G. C. G. (2017). Impact of extraction techniques on antioxidant capacities and phytochemical composition of polyphenol-rich extracts. *Food Chemistry*, 237, 1139-1148.
- Chen, J., Li, F., Li, Z., McClements, D. J. & Xiao, H. (2017). Encapsulation of carotenoids in emulsion-based delivery systems: Enhancement of β -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.
- Choudhary, B. R., Jayaprakasha, G. K., Porat, R. & Patil, B. S. (2014). Low temperature conditioning reduces chilling injury while maintaining quality and certain bioactive compounds of star ruby grapefruit. *Food Chemistry*, 153, 243–249.

Costa-Rodrigues, J., Pinho, O. & Monteiro, P. R. R. (2018). Can lycopene be considered an effective protection against cardiovascular disease. *Food chemistry*, 245, 1148-1153.

Cox, A & Van der veen, M. (2008). Changing foodways: watermelon (*Citrullus lanatus*) consumption in Roman and Islamic Quseir al-Qadim, Egypt. *Vegetation History Archaeobotany*, 18 (1), 181-189.

Dane, F. & Lui, J. (2007). Diversity and origin of cultivated and citron type watermelon (*Citrullus lanatus*). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54 (6), 1255-1265.

Dane, F., Lang, P. & Bakhtiyarova, R. (2004). Comparative analysis of chloroplast DNA variability in wild and cultivated *Citrullus* species. *Theoretical and Applied Genetics*, 108 (5), 958-966.

Darman, D. R., Ngang, J. J. E. & Etoa, F. X. (2010). Development of watermelon (*Citrullus vulgaris* L.) red wine. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38 (2), 73-77.

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.

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.

Djenidi, H. (2020). Activité antioxydante et antiradicalaire des aliments d'origine végétale consommés dans les régions de Biskra et Sétif. *Université Ferhat Abbas Sétif 1, Thèse de Doctorat*, p 159.

Doll, S. & Ricou, B. (2013). Severe vitamin C deficiency in a critically ill adult: a case report. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67 (8), 881-882.

DSA. (2020). Direction des Services Agricoles.

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), 225-232.

El-Badry, N., El-Waseif, M. A., Badr, S. A. & Ali, H. E. (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.

Elumalai, M., KArthika, B. & Usha, V. Rôle du lycopène dans la prévention du cancer (2013). *International Journal of Pharma and Bio Science*, 4, 371-378.

Enoch, A. D. G., Fanou, N., Kouke, A., Avohou, H., Vodouhe, R. S. & Ahanchede, A. (2006). Evaluation agronomique de trois espèces d'égussi (*Cucurbitaceae*) utilisées dans l'alimentation au Bénin et élaboration d'un modèle de prédiction du rendement. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environnement*, 10, 121-129.

Erdem, Y. &Yuksel, A. N. (2003). Yield response of watermelon to irrigation shortage. *Scientia Horticulturae*, 98 (4), 365-383.

Erhirhie, E. O., Ekene, N.E. (2014). Medicinal Values on *Citrullus lanatus* (Watermelon). *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 4 (4), 1305-1312.

FAOSTAT (2016). <http://www.faostat.com>

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. A., Itam, E. H., Johnson, J. T., Odey, M. O., Effiong, E. E., Dasofunjo, K. & Ambo, E.E. (2013). Comparative proximate compositions of watermelon *Citrullus lanatus*, squash *Cucurbita pepo* 'l and rambutan *Nephelium lappaceum*. *Internatonal Journal of Science Technology*, 2 (1), 81-88.

Francis S. O., Morufu, E. B. & Adedeji, G. T. (2013). Antisecretory effects of watermelon (*Citrullus lanatus*) juice in male albino rats. *Annual Review and Research in Biology*, 3 (4), 358-366.

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

Fredot, E. (2005). Connaissance des aliments. *Ed. TEC & DOC*, p 424.

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

Gore Bi Boh, N. (2014). Amélioration de l'itinéraire technique de production de la forme oléagineuse de *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsumara et Nakai (Cucurbitaceae) par l'optimisation du calendrier de semis, la fréquence de désherbage et la fréquence d'application d'insecticide à Manfla (Côte d'Ivoire). *Université Nangui Abrogoua, Thèse de Doctorat*.

Goron, A. (2016). Propriétés nutritionnelles de la citrulline: un nouvel acteur dans la régulation du métabolisme protéino-énergétique. *Université Grenoble Alpes, Thèse de Doctorat*.

Grubben, G. J. H. & Denton, O. A. (2004). Ressources végétales de l'Afrique tropicale 2: Légumes. *Fondation PROTA, Wageningen, Pays-Bas/Backhuys Publishers, Leiden, Pays-Bas*, p 737.

Guner, N. & Wehner, T. C. (2004). The genes of watermelon. *HortScience*, 39 (6), 1175-1182.

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

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.

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.

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.

- Ijah, J. E., Ayodele, H. S. & Aransiola, S. A. (2015). Microbiological and some sensory attributes of watermelon juice and watermelon-orange juice Mix. *Journal of Food Resources*, 4 (3), 49-61.
- Innocent, K., Matenda, R. T.(2018). Postharvest technology and value addition of watermelons (*Citrullus lanatus*): an overview. *Journal of Postharvest Technology*, 6 (2), 75-83.
- Janick, J., Paris, H. S. & Parrish, D.C. (2007). The cucurbits of mediterranean antiquity: Identification of taxa from ancient images and descriptions. *Annals of Botany*, 100 (7), 1441-1427.
- Jaskani, M. J., Kwon, S. W. & Kim, D. H. (2005). Comparative study on vegetative, reproductive and qualitative traits of seven diploid and tetraploid watermelon lines. *Euphytica*, 145 (3), 259-268.
- Jensen, B.D., Touré, F.M., Hamattal, M. A., Touré, F. A., et Nantoum, A. D. (2011). Watermelons in the sand of sabara: cultivation and use of indigenous landraces in the Tombouctou region of Mali. *Ethnobotany Research and Applications*, 9, 151-162.
- Johary, A., Jain, V., & Misra, S. (2012). Role of lycopene in the prevention of cancer. *International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases*, 2 (3), 167-170.
- Jumde, A. D. & Shukla, R. N. (2015). Gousoddin. Development and Chemical Analysis of Watermelon Blends with Beetroot Juice during Storage. *International Journal of Science Engenering and Technology*, 4, 2395-4752.
- Kaur, C., et Kapoor, H. C. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables-the millennium's health. *International Journal of Food Science and Technology*, 36 (7), 703-725.
- Kehili, M., Kammlott, M., Choura, S., Zammel, A., Zetzl, C., Smirnova, I. & Sayadi, S. (2017). Supercritical CO₂ extraction and antioxidant activity of lycopene and β -carotene-enriched oleoresin from tomato (*Lycopersicum esculentum* L.) peels by-product of a Tunisian industry. *Food and Bioproducts Processing*, 102, 340-349.

- Kim, C. H., Park, M. K., Kim, S. K. & Cho, Y. H. (2014). Antioxidant capacity and anti-inflammatory activity of lycopene in watermelon. *International Journal of Food Science & Technology*, 49 (9), 2083-2091.
- Kong, L., Bhosale, R. & Ziegler, G. R. (2018). Encapsulation and Stabilization of β -carotene by Amylose Inclusion Complexes. *Food Research*, 105, 446-452.
- 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.
- Kyriacou, M. C., Leskovar, D. I., Colla, G. & Rouphael, Y. (2018). Watermelon and melon fruit quality: The genotypic and agro-environmental factors implicated. *Scientia Horticulturae*, 234, 393-408.
- Larrosa, M., Llorach, R., Espín, J. C. & Tomas-Barberan, F. A. (2002). Increase of antioxidant activity of tomato juice upon functionalisation with vegetable byproduct extracts. *LWT-Food Science and Technology*, 35 (6), 532-542.
- Lee, J. J., Wedow, R., Okbay, A., Kong, E., Maghziyan, O., Zacher, M. & Fontana, M. A. (2018). Gene discovery and polygenic prediction from a genome-wide association study of educational attainment in 1.1 million individuals. *Nature Genetics*, 50 (8), 1112-1121.
- Lin, Q., Liang, R., Williams, P. A. & Zhong, F. (2018). Factors Affecting the Bioaccessibility of β -carotene in Lipid-Based Microcapsules: Digestive conditions, the composition, structure and physical state of microcapsules. *Food Hydrocolloids*, 77, 187-203.
- Listenberger, L. L., Han, X., Lewis, S. E., Cases, S., Farese, R. V., Ory, D. S. & Schaffer, J. E. (2003). Triglyceride accumulation protects against fatty acid-induced lipotoxicity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100 (6), 3077-3082.
- Loiy Elsir, A. H., Hasnah M., Sakina, M., Ahemd, Y., Waleed, S. K. & Siddig, A. (2011). In vitro Antimicrobial activities of chloroformic, hexane and ethanolic extracts of *Citrullus lanatus* var. *citroides* (Wildmelon). *Journal of Medicinal Plants Research*, 5 (8), 1338-1344.

Łopusiewicz, Ł. (2018). Antioxidant, antibacterial properties and the light barrier assessment of raw and purified melanins isolated from *Citrullus lanatus* (watermelon) seeds. *Herba Polonica*, 64 (2), 25-36.

Louahedj, B. et Tebbakh, D. (2016). Etude comparative des taux de réussite des greffes chez la tomate (trois variétés hybrides greffées sur deux variétés de porte-greffes de tomate) ainsi que des taux de réussite des greffes de pastèque (trois variétés de pastèque greffées sur deux variétés de courge). *Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, Mémoire master*, p 85.

Madhavi, P, Kamala V. & Habibur, R. (2012). Hepatoprotective Activity of *Citrullus Lanatus* Seed Oil on CCl₄ Induced Liver Damage in Rats. *Scholars Academic Journal of Pharmacy*, 1 (1), 30-33.

MADR (2009). Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

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.

Maynard, D. N. (2001). Watermelons: characteristics, production and marketing. *Ed. American Society for Horticultural Science Press, Alexandria, VA*.

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

Mohammedi, Z. (2006). Etude du pouvoir antibactérien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de plantes de la région de Tlemcen. *Université Abou Bakr Belkaïd Tlemcen, Thèse de Magister*, p 105.

Moinard, C., Tliba, L., Diaz, J., Le Plénier, S., Nay, L., Neveux, N. & Raynaud-Simon, A. (2017). Citrulline stimulates locomotor activity in aged rats: Implication of the dopaminergic pathway. *Nutrition*, 38, 9-12.

Moldenke, H. N. & Moldenke, A. L. (1952). Plants of the Bible. *Chronica Botanica, Waltham, Mass., U.S.A. (ASHS) Press. Horticulture Crop Production Series*, 227.

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.

Nzamwita, M., Duodu, K. G. & Minnaar, A. (2017). Stability of β -carotene during baking of orange-fleshed sweet potato-wheat composite bread and estimated contribution to vitamin A requirements. *Food Chemistry*, 228, 85-90.

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.

Odewunmi, N. A., Umoren, S. A., Gasem, Z. M., Ganiyu, S. A. & Muhammad, Q. (2015). L-citrulline: An active corrosion inhibitor component of watermelon rind extract for mild steel in HCl medium. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 51, 177-185.

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. *Springer Plus*, 4 (1), 683-694.

Ogunbanwo, S. T., Sado, A., Adeniji, O. & Fadahunsi, I. F. (2013). Microbiological and nutritional evaluation of water melon juice (*Citrullus lanatus*). *Journal of Academia Arena*, 5 (3), 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.

- Olamide, A. A., Olayemi, O. O., Demetrius, O. O., Olatoye, O. J., & Kehinde, A. A. (2011). Effects of Methanolic Extract of *Citrullus lanatus* Seed on Experimentally Induced Prostatic Hyperplasia. *European Journal of Medicinal Plants*, 1 (4), 171-179.
- Osowski, A., Kasparek, A., Wieczorek, Z., Amarowicz, R. & Szabelski, M. (2017). Evaluation of the characteristics of some plant polyphenols as molecules intercepting mitoxantrone. *Food Chemistry*, 227, 142-148.
- Otutu, O. L., Seidu, K. T., Muibi, B. O., Oladokun, F. & Oyalowo, M. R. (2015). Potential food value of watermelon (*Citrullus lanatus*) seed constituents. *The International Journal of Science and Technoledge*, 3 (7), 1-10.
- Oyeleke, G. O., Olagunju, E. O. & 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.
- Petyaev, I. M. (2016). Lycopene deficiency in ageing and cardiovascular disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016, 1-6.
- 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.
- 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.
- 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.

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.

Ruxton, C. H., Gardner, E. J. & Walker, D. (2006). Can pure fruit and vegetable juices protect against cancer and cardiovascular disease too? A review of the evidence. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 57 (3-4), 249-272.

Sa'id, M. A. (2014). A Study in the variability of some nutrient contents of watermelon (*Citrullus lanatus*) before and after ripening consumed within Kano Metropolis, Nigeria. *International Journal of Science and Research*, 3 (5), 1365-1368.

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

Saint-Girons, G., Bachelet, R., Moalla, R., Meunier, B., Louahadj, L., Canut, B. & Penuelas, J. (2016). Epitaxy of SrTiO₃ on silicon: the knitting machine strategy. *Chemistry of Materials*, 28 (15), 5347-5355.

Saura-Calixto, F. & Goñi, I. (2006). Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. *Food Chemistry*, 94 (3), 442-447.

Scalbert, A., Johnson, I. T. & Saltmarsh, M. (2005). Polyphenols: antioxidants and beyond. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81 (1), 215S-217S.

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), p351-354.

Schippers, R. R. (2000). African Indigenous Vegetables: An Overview of Cultivated Species. *Natural Institute ACP– EU Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation, Chatham, UK*.

Seidu, S., Achana, F. A., Gray, L. J., Davies, M. J. & 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., et Sen, A. (2014). Self-powered enzyme micropumps. *Nature Chemistry*, 6 (5), 415-423.

Shahidi, F. & Nacz, M. (2004). Nutritional and pharmacological effects of food phenolics Phenolics in food and nutraceuticals. Ed. CRC Press LLC, New York, pp 331-402.

Shao, P., Qiu, Q., Xiao, J., Zhu, Y. & Sun, P. (2017). Chemical stability and in vitro release properties of β -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. M., Jamal, P. & Olorunnisola, K. S. (2012). Effective jam preparations from watermelon waste. *International Food Research Journal*, 19 (4), 1545-1549.

Srivastava, S. & Srivastava, A. K. (2015). Lycopene; chemistry, biosynthesis, metabolism and degradation under various abiotic parameters. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (1), 41-53.

Sultana, R. S., Bari, M. A., Rahman, M. H., Rahman, M. M., Siddique, N. A. & Khatun, N. (2004). In vitro rapid regeneration of plantlets from leaf explant of watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb). *Biotechnology*, 3 (2), 131-135.

Tadmor, Y., King, S., Levi, A., Davis, A., Meir, A., Wasserman, B., Hirschberg, J. & Lewinsohn, E. (2005). Comparative fruit coloration in watermelon and tomato. *Food Research International*, 38 (8-9), 837-841.

Takahashi, H., Mizuno, H. & Yanagisawa, A. (2012). High-dose intravenous vitamin C improves quality of life in cancer patients. *Personalized Medicine Universe*, 1 (1), 49-53.

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

- 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.
- 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*, 68-71.
- Tlili, I., Hdider, C., Lenucci, M. S., Ilahy, R., Jebari, H., Dalessandro, G. (2011). Bioactive compounds and antioxidant activities during fruit ripening of watermelon cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24 (7), 923-928.
- 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>
- Vaccaa, R. A., Valenti, D., Caccamese, S., Dagliac, M., Braidy, N. & Nabavi, S. M. (2016). Plant polyphenols as natural drugs for the management of down syndrome and related disorders. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 71, p 865-877.
- Van der Vossen, H. A. M., Denton, O. A., & El Tahir, I. M. (2004). *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai. Record from Protabase. PROTA (Plant Resources of Tropical Africa/Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands <http://www.prota4u.org/protav8.asp>.
- Vohra, A. et Kaur, H. (2011). Chemical investigation of medicinal plant *Ajuga bracteosa*. *Journal of Natural Product Plant Resources*, 1, 37-45.
- Wang, Y. Y., Long, X., Zhong, D. M., Ge, Y. B. & Wang, Z. X. (2014). Anti-tyrosinase and antioxidation activities and contents determining from watermelon peel. *Food Research and Development*, 19, 21.
- Warakulle, S. T. S. K., Weerathilake, W. A. D. V. & Abeynayake, N. R. (2014). Production and evaluation of set type yoghurt incorporated with watermelon (*Citrullus lanatus*). *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4, 1-4.

Wasylikowa, K., & van der Veen, M. (2004). An archaeobotanical contribution to the history of watermelon, *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai (syn. *C. vulgaris* Schrad.). *Vegetation History and archaeobotany*, 13 (4), 213-217.

Wehner, T. C. (2008). Watermelon. In “*Vegetables I*”. Springer, New York, NY, pp 381-418.

Wind, D. (2008). Watermelon, *Citrullus lanatus*-Nutrition & Growing Tips. *Dave's Garden, El Segundo, California, USA*.

Wong, A., Chernykh, O., & Figueroa, A. (2016). Chronic l-citrulline supplementation improves cardiac sympathovagal balance in obese postmenopausal women: A preliminary report. *Autonomic Neuroscience*, 198, 50-53.

Xiaonan, S., Lianzhou, J., Yang, L. & Shan, L. (2011). Research on the extraction of oil from watermelon seeds by an aqueous enzymatic extraction method. *Aqueous Procedia Engineering*, 15, 4673-4680.

Yau, E., Rosnah, S., Noraziah, M., Chin, N.L., et Osman, H. (2010). Physico-chemical compositions of the red seedless watermelons (*Citrullus lanatus*). *International Food Research Journal*, 17 (2), 327-334.

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.

Zoro-Bi, I. A., Koffi, K. K., & Dje, Y. (2003). Botanical and agronomic characterization of three species of cucurbit consumed as sauce in West Africa: *Citrullus* sp., *Cucumeropsis mannii* Naudin and *Lagenaria siceraria* (Molina) Standle. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 7 (3-4), 189-199.

Site internet: <https://www.atlasbig.com/fr-fr/pays-par-production-de-pasteque>

Glossaire

Angiospermes ou Magnoliophytes: sont une division de plantes vasculaires du groupe des Spermatophytes (les plantes à graines). Ces végétaux, qui portent des fleurs puis des fruits, sont couramment appelés plantes à fleurs. Angiosperme signifie « graine dans un récipient » en grec par opposition aux gymnospermes (graine nue).

Azoospermie: est l'absence de spermatozoïdes dans le sperme.

Coloration à l'hématoxyline et à l'éosine (coloration HE): est une technique de coloration d'usage courant en histologie et en histopathologie. C'est une coloration bi chromatique qui se compose d'un colorant nucléaire, l'hématoxyline, et d'un colorant cytoplasmique, l'éosine. L'hématoxyline est un colorant cationique (ou basique), qui a une affinité pour les éléments cellulaires chargés négativement (anioniques ou acides) dits basophiles. Il colore notamment les noyaux en bleu/violet, en se fixant sur les acides nucléiques. Au contraire, l'éosine est un colorant anionique (ou acide), qui a une affinité pour les éléments cellulaires chargés positivement (cationiques ou basiques) dits éosinophiles. Il colore le cytoplasme en rose et les autres éléments cellulaires basiques en rose/rouge plus ou moins vifs selon leur acidophilie.

Cycle cellulaire: est l'ensemble des étapes qui constituent et délimitent la vie d'une cellule. Ce cycle est composé de plusieurs phases de croissance dans lesquelles la cellule grossit et duplique son matériel génétique (interphase) et d'une phase où celle-ci se divise (mitose) pour donner naissance à deux cellules filles identiques. Les cellules filles reproduiront ce cycle et ainsi de suite.

Démêlant: coiffant, clarifiant (utiliser pour les soins des cheveux).

Démulcent: est un médicament ou un agent qui abaisse l'irritation des surfaces cutanées enflammées blessées.

Dicotylédones : sont les plantes dont la plantule issue de la germination d'une graine, présente dès avant sa sortie en plein air, deux feuilles, appelées cotylédons ou parfois, pré feuilles.

Diurétique: qualifie ce qui fait uriner, qui accroît la sécrétion d'urine, le terme s'emploie donc généralement pour parler de certains boissons comme le thé.

Emétique ou vomitif: est une substance capable de provoquer un vomissement.

Entomophilie: appelée aussi fécondation entomophile ou entomogamie, est un mode de pollinisation dans lequel des insectes participent au transport du pollen.

Fébrifuge: Produit faisant baisser la fièvre.

Fonctionnement érectile: se définit comme l'incapacité d'un homme à obtenir ou maintenir une érection suffisante pour permettre une relation sexuelle satisfaisante depuis au moins trois mois.

Gale ou scabiose: est une maladie infectieuse de la peau causée par un parasite de type acarien microscopique, le sarcopte (*Sarcoptes scabiei*).

Gonorrhée: est une inflammation de la muqueuse des organes génitaux.

Horticulture: est l'art de cultiver les jardins, de pratiquer la culture des légumes, des fruits, des fleurs, des arbres ou des arbustes fruitiers et d'ornement.

Hyperplasie prostatique bénigne (HPB): est une hypertrophie non cancéreuse (bénigne) de la prostate qui peut rendre la miction difficile. La prostate augmente de volume avec l'âge. Les hommes peuvent ressentir une difficulté à la miction et avoir un besoin plus fréquent et plus urgent d'uriner.

Interphase (G_0 - G_1): est le moment où la cellule vit et effectue tout ce pourquoi elle est programmée et elle se prépare aussi à se diviser.

Laxatif: est un produit accélérant le transit intestinal, ramollissant les selles. On utilise les laxatifs pour combattre la constipation.

Œdème: désigne une accumulation anormale de liquide entre les tissus. Il concerne essentiellement la peau ou les muqueuses, où il produit un gonflement.

Oligospermie ou Oligozoospermie: est la présence de spermatozoïdes en quantité anormalement faible (moins de 20 000 000 spermatozoïdes par millilitre de sperme).

Osmolytes: sont des composés organiques de faibles poids moléculaire qui influencent les propriétés des fluides biologiques. Leur rôle principal est de maintenir l'intégrité des cellules en affectant la viscosité, le point de fusion et la force ionique de la solution aqueuse. Lorsqu'une cellule gonfle en raison de la pression osmotique externe, les canaux

membranaires s'ouvrent et permettent l'écoulement des osmolytes qui transportent l'eau avec eux, rétablissant le volume normal des cellules.

Phosphatase alcaline (ALP): est un enzyme produite par plusieurs tissus dont les os, le foie, les canaux biliaires, l'intestin et le placenta. Une élévation des taux de phosphatase alcaline dans le sang peut donc provenir des différentes causes (ou iso enzymes), le plus souvent une atteinte du foie ou des os.

Plante pectorale: plante médicinale qui favorise le soulagement des maladies en relation avec les voies respiratoires comme les poumons, les bronches et le larynx. Les plantes pectorales, aident à évacuer les substances qui peuvent obstruer les bronches en les évacuants par la bouche.

Plantes monoïques: présentent des organes mâles et des organes femelles sur le même individu contrairement aux plantes dioïques.

Purgatif : est une substance qui a la propriété de purger, de nettoyer, de faciliter les évacuations intestinales.

Tonique: est une substance qui stimule l'activité de l'organisme, fortifiant.

Vermifuge: est une classe de substance antiparasitaire qui permet d'éradiquer les vers parasites, notamment gastro-intestinaux chez l'homme ou l'animal.

Résumé

La présente étude a pour objectif d'étudier les propriétés nutritionnelles, antioxydantes et thérapeutiques de la pastèque (*Citrullus lanatus*). Elle est aussi appelée « melon d'eau » qui est une espèce des plantes herbacées appartenant à la famille des *Cucurbitacées*. Ses fruits sont d'excellente valeur nutritionnelle car ils sont riches en vitamines (B, C et E) et minéraux (K, Mg, Ca et Fe). En outre, la pastèque est l'une des principales sources des caroténoïdes en particulier le lycopène qui est associé à la réduction des risques de cancer de la prostate. Plusieurs études ont montré également que la pastèque est une source de substances bioactives (polyphénols, flavonoïdes, tanins...etc) possédant des propriétés anti-inflammatoires, anticancéreuses et anti-oxydantes. L'apport alimentaire de la pastèque et de ses produits (confiture, jus, yaourt) est important dans le maintien de la santé humaine en réduisant 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.

Mots clés: *Citrullus lanatus*; Propriétés nutritionnelles; Propriétés antioxydantes; Propriétés thérapeutiques; Valorisation.

Abstract

The objective of the present study is to study the nutritional, antioxidant and therapeutic properties of *Citrullus lanatus*. It is also called "watermelon" which is a species of herbaceous plants belonging to the *Cucurbitaceae* family. Its fruits have excellent nutritional value because they are rich in vitamins (B, C and E) and minerals (K, Mg, Ca and Fe). In addition, watermelon is one of the main sources of carotenoids, especially lycopene, which is associated with reducing the risk of prostate cancer. Several studies have also shown that watermelon is a source of bioactive substances (polyphenols, flavonoids, tanins...etc) with anti-inflammatory, anticancer and antioxidant properties. Dietary intake of watermelon and its products (jam, juice, yogurt) is important in maintaining human health by reducing the incidence of chronic diseases such as hypertension, diabetes, cancer and some coronary heart disease, by inhibiting the formation of free radicals and reactive oxygen species.

Keywords: *Citrullus lanatus*; Nutritional properties; Antioxidant properties; Therapeutic properties; Valorization.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو دراسة الخصائص الغذائية ومضادات الأكسدة والعلاجية للبطيخ (*Citrullus lanatus*). ويسمى أيضًا "البطيخ الأحمر" وهو نوع من النباتات العشبية التي تنتمي إلى عائلة القرعيات. تتمتع ثمارها بقيمة غذائية ممتازة لأنها غنية بالفيتامينات (B، C و E) والمعادن (K، Mg، Ca و Fe). بالإضافة إلى ذلك، يعد البطيخ أحد المصادر الرئيسية للكاروتينات، وخاصة الليكوبين، الذي يرتبط بتقليل خطر الإصابة بسرطان البروستات. أظهرت العديد من الدراسات أيضًا أن البطيخ مصدر للمواد النشطة بيولوجيًا (البوليفينول، الفلافونويد، تانن... إلخ) مع خصائص مضادة للالتهابات ومضادة للسرطان ومضادة للأكسدة. إن تناول البطيخ الغذائي ومنتجاته (المربى، العصير، زبادي) مهم في الحفاظ على صحة الإنسان من خلال تقليل الإصابة بالأمراض المزمنة مثل ارتفاع ضغط الدم والسكري والسرطان وبعض أمراض القلب التاجية، عن طريق تثبيط تكوين الجذور الحرة وأنواع الأكسجين التفاعلية.

كلمات مفتاحية: *Citrullus lanatus*؛ الخصائص الغذائية؛ خصائص مضادات الأكسدة؛ الخصائص العلاجية؛ تقييم.