

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE
LA TERRE

DÉPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES

Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/2023



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences Alimentaire

Spécialité : Agro-alimentaire et Contrôle de Qualité

Présenté par :

Dahmani Mouna & Toubale Nesrine

Thème

**La caractérisation physico chimique et l'évaluation de l'activité
antioxydante de quelque produit de la transformation de la tomate, cas :
tomate concentrée, ketchup et tomate séchée**

Soutenu le : 04 / 07 /2023

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>Mme FARHOME.F</i>	<i>MCA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>Mme ZEGANE.O</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promotrice</i>
<i>Mme TAOUDIATE.A</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciements

En préambule à ce mémoire, nous 'adressons nos remerciements les plus sincères tout d'abord au « Bon Dieu » le Tout Puissant qui nous 'a donné santé, courage et volonté pour mener à terme ce modeste travail.

Nos remerciements les plus vifs s'adressent au madame ZEGANE, qui nous 'a accordé l'honneur de diriger ce travail.

Nous exprimons nos remerciements au Dr. Farhoum. D'avoir accepté de présider le jury, d'examiner ce mémoire, à Madame TAOUDIATE, pour avoir accepté d'évaluer ce travail. Qu'ils trouvent dans ces phrases l'expression de notre profond respect.

Nous sommes particulièrement reconnaissantes à mesdames Nawal, Meriem et les membres du laboratoire de contrôle de qualité et la Répression des fraudes de sor elghozelan pour leur aide et les remerciements pour leurs gentillesse, leurs sympathies et leurs conseils.

Dédicaces

Tout d'abord, je remercie Dieu de m'avoir facilité et donné la capacité d'accomplir ce travail.

A travers ce travail, je tiens à remercier en mentionnant : La première
Personne dont je me souviens

Est ma mère, le commencement, la source de mon courage et de ma force, la
Première qui m'a appris que les rêves et les ambitions se réalisent avec le
travail. Je n'ai pas assez de mots pour exprimer, alors je dis juste que je te

Suis reconnaissant,

Le deuxièmement, mon père, je sais que tu es fier de moi, et ça est ma plus
grande joie, alors j'espère que ta fierté durera pour moi.

Je dédie ce travail à mes sœurs, frères et toute la famille

Je dédie ce travail particulièrement à mon école dans la vie et à mon soutien
Mon âme sœur DAVIA .

Mouna

Dédicaces

Ce travail est dédié à

Mon cher père qui a toujours été un exemple pour moi, et qui a veillé à mon éducation en déployant tous les efforts nécessaires.

Ma chère mère qui m'a appris à être ce que je suis aujourd'hui, pour les sacrifices qu'elle a fait pour mon éducation, pour la confiance et l'amour qu'elle m'a toujours accordé.

Ma très chère grandmère, Rabbi yarham'ha

Mon frère Mohamed-amine, mes sœurs Zina, Fairouz, Meriem et ses enfants

Douaa et Abderrahmane. Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je vous porte.

A tous ceux qui m'ont soutenu et aidé pour la réalisation de ce travail et tous ceux qui me sont chers.

NESRINE

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale	1

Partie I: Synthèse bibliographique

Chapitre I: Généralité sur la tomate

I.1. Histoire et origine de la tomate	4
I.2. Définition de tomate	5
I.3. Structure et composition de la tomate.....	5
I.3.1. L'eau	6
I.3.2. Les sucres	6
I.3.3. Les Protéines	7
I.3.4. Les Lipides	7
I.3.5. Les sels minéraux	7
I.3.6. Les vitamines.....	7
I.3.6.1. Vitamine A.....	7
I.3.6.2. La vitamine B	8
I.3.6.3. La vitamine B3	8
I.3.6.4. La vitamine B5	9
I.3.6.5. La vitamine B6	9
I.3.6.6. La vitamine B9	10
I.3.6.7. Vitamine C	10
I.3.6.8. Vitamine E	10
I.3.7. Poly-phénols.....	11

I.3.8.	Les acides	12
I.3.9.	Les fibres	12
I.4.	Importance de la tomate	13
I.4.1.	Importance nutritionnelle	13
I.4.2.	Importance économique et production actuelle	13
I.4.3.	Production de tomate en Algérie	14

Chapitre II: Transformation de la tomate

I.	La transformation de la tomate	16
II.	Quelque produit de la transformation de la tomate	16
II.1.	Tomate concentrée	16
II.1.1.	Simple concentré de tomate	16
II.1.2.	Double concentré de tomate	16
II.1.3.	Triple concentré de tomate contient	17
II.2.	Les différentes étapes de transformation de la tomate en concentré	17
II.2.1.	Réception de la tomate fraîche	17
II.2.2.	Nettoyage et Lavage	17
II.2.3.	Triage	17
II.2.4.	Broyage	17
II.2.5.	Préchauffage	17
II.2.6.	Tamissage	18
II.2.7.	Adjonction de sel	18
II.2.8.	Concentration	18
II.2.9.	Pasteurisation	18
II.2.10.	Remplissage et sertissage	18
II.2.11.	Stérilisation	19
II.2.12.	Refroidissement	19
II.2.13.	Conditionnement et emballage	19

II.3. Tomate ketchup	21
II.3.1. Processus de fabrication d'un ketchup.....	21
II.4. La Tomate Séchée.....	22
II.4.1. Le Séchage de la tomate	22
II.4.2. Les étapes de production des tomates séchées	23
II.4.2.1. Réception et déchargement des tomates fraîches.....	23
II.4.2.2. Stockage intermédiaire	23
II.4.2.3. Lavage et rinçage	23
II.4.2.4. Triage.....	23
II.4.2.5. Découpage	23
II.4.2.6. Salage	24
II.4.2.7. Sulfuration	24
II.4.2.8. Séchage.....	24
II.4.2.9. Triage des tomates séchées	24
II.4.2.10. Conditionnement	24
II.4.2.11. Stockage.....	24

Chapitre III: Les antioxydants

I. Généralité sur les antioxydants	27
II. Mécanisme d'action des radicaux libres	27
III. Principaux antioxydants	28
III.1. Les polyphénols	28
III.1.1. La classification des composés phénoliques.....	28
III.2. Les flavonoïdes	29
III.3. Les Caroténoïdes	30
III.3.1. Lycopène.....	31
III.3.1.1. Bêta-carotène	31
IV. Le rôle des antioxydants.....	32

V. Les composé antioxydants de la tomate	32
V.1. Les composés phénoliques de la tomate	33
V.1.1. Lycopène.....	33

Partie II: Expérimentale

Matériels et méthodes

I. Introduction.....	37
II. Méthodes d’analyses physico-chimiques	37
II.1. Détermination du pH (potentiel Hydrogène).....	37
II.2. Détermination de la teneur en cendres	38
II.3. Détermination du taux de matière sèche et l’humidité.....	38
II.4. Détermination du degré Brix (ou l’extrait sec soluble).....	39
II.5. Détermination de l’acidité	40
II.6. Dosage des chlorures.....	41
II.7. Dosage des protéines solubles	42
II.8. Dosage des glucides	42
III. Dosage des antioxydants	43
III.1. Dosage des composés phénoliques totaux	43
III.2. Dosage des flavonoïdes.....	44
III.3. Dosage des caroténoïdes	44
IV. Evaluation de l’activité antioxydante.....	45
IV.1. Détermination du pouvoir antiradicalaire par la méthode au DPPH.....	45
IV.2. Détermination de l’Activité antiradicalaire contre le radical ABTS+	45
V. Analyse statistique.....	46

Résultats et discussion

I. Caractéristiques physico-chimiques des figues.....	48
I.1. Le pH.....	48
I.2. ACIDITE	Error! Bookmark not defined.

I.3. Teneur en cendre	51
I.4. Brix	52
I.5. Teneur en chlorure.....	54
I.6. Matière sèches	55
I.7. Humidité	56
I.8. La teneur en protéines	57
I.9. Glucide.....	59
II. Dosage de quelques antioxydants	60
II.1. Les polyphénols	60
II.2. Les flavonoïdes	62
II.3. Les caroténoïdes.....	64
II.4. Le lycopène.....	65
II.5. La teneur en B-carotène	66
II.6. Activité antiradicalaire DPPH+	68
II.7. Activité antiradicalaire ABTS+	69
III. Correlation.....	Error! Bookmark not defined.
Conclusion générale	75
Références bibliographiques	Error! Bookmark not defined.
Annexe	
Résumé	

Liste des figures

Figure 1: Photographie de tomate.	5
Figure 2: Principaux sucres (sucre simples) de la tomate.....	6
Figure 3: Formule chimique de la vitamine A	8
Figure 4: Structure chimique de la vitamine B1	8
Figure 5: Structure chimique de la vitamine B3.	9
Figure 6: Structure chimique de la vitamine B5..	9
Figure 7: Structure chimique de la vitamine B6.	9
Figure 8: Structure chimique de la vitamine B9.	10
Figure 9: Structure chimique de la vitamine C	10
Figure 10: Structure chimique de la vitamine E	11
Figure 11: Diagramme de production des tomates séchées.	20
Figure 12: Diagramme de fabrication du ketchup.	22
Figure 13: Diagramme de production des tomates séchées.	25
Figure 14: Neutralisation d'un radical libre par un antioxydant	27
Figure 15: Structure chimiques d'un polyphénol	28
Figure 16: La classification des composés phénoliques	29
Figure 17: Structure de base des flavonoïdes	29
Figure 18: structure chimique de lycopène	31
Figure 19: La structure de bêta carotène	32
Figure 20: pH des trois échantillons tomate.	48
Figure 21: teneur en acidite des trois produit.....	49
Figure 22: Valeur des cendre des trois échantillons.	51
Figure 23: Teneur en Brix des trois produit.....	52
Figure 24: Teneur en chlorure des trois produits.	54
Figure 25: teneur en matière séché des trois produits.	55
Figure 26: teneur en humidité.	56
Figure 27: Teneur en protéine des trois produits.....	58
Figure 28: teneur en glucides des trois produit.	59
Figure 29: dosage des polyphénols des trois produits.	60
Figure 30: dosage des flavonoïde des trois produit.	63
Figure 31: Teneur en caroténoïdes des trois échantillons	64

Figure 32: Teneur en lycopène des trois échantillons.	65
Figure 33: Teneur en bêta-carotène des trois produits étudiés.....	67
Figure 34: Activité antiradicalaire DPPH des trois produit.....	68
Figure 35: Activité antiradicalaire ABTS.....	70

Liste des tableaux

Tableau 1: Teneurs en tomate dans 100 g de tomate11

Tableau 2: les Principaux pays producteurs de la tomate14

Tableau 3: Principales classes des flavonoïdes avec quelques exemples.....30

Tableau 4: Principaux antioxydants et l'activité antioxydant des différentes fractions de la
tomate33

Tableau 5: L'estimation de l'apport quotidien en lycopène de la tomate et des produits à base
de la tomate34

Tableau 6: Matrice de corrélation des résultats de la figue sèche.....72

Liste des abréviations

ANOVA: Analysis of variance

AOAC: Association of analytical communities

BSA : Bovin serum albumine

DPPH°: Radical diphényl picryl hydrazyl

DSA : Direction des services agricoles

EAG: Equivalents d'acide gallique

EQ: Equivalent de quercétine

FAO: Food and agriculture organization

HPLC: High performance liquid chromatography

INRAA : Institut national de la recherche agronomique algérienne

ISO : International standard organisation

LSD: Less significant difference

MF : Matière fraîche

MS: Matière sèche

NO° : Radial oxyde nitrique

p/v: poids/volume

pH: potentiel d'Hydrogène

Tpm : Tour par minute

UNECE: United nations economic committee for Europe

UV : Ultra violet

Introduction générale

Introduction générale

En Algérie **ONAGRI, 2015** déclare que la filière de la tomate constitue l'une des activités essentielles de la branche agroalimentaire de par sa contribution dans la croissance du secteur agricole et l'absorption de la main d'œuvre

La filière tomate industrielle est définie par **Chloé, 2014** comme un « chemin orienté reliant plusieurs branches depuis en amont la production agricole jusqu'en aval la distribution finale et la consommation des produits agro-alimentaires, en passant par les activités de transformation, de stockage, de transport et de commercialisation des produits. »

Calvo et al., 2007 affirme qu'une partie de cette production est consommée telle qu'elle et l'autre plus grande, est transformée industriellement en purée, jus de tomate et sauces. Cette transformation génère de grandes quantités de sous-produits non utilisés constitués essentiellement de pelures, graines et des feuilles qui restent au niveau du champ. Ces déchets sont riches en composés biologiquement actifs d'où l'importance de leur utilisation comme additifs alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques

Les tomates et ces produits dérivés sont une source de molécules antioxydants, notamment d'acide ascorbique, de polyphénols et de caroténoïdes. La consommation de ces éléments riches en antioxydants aide à protéger les humains des radicaux libres produits au cours de l'activité quotidienne humaine.

Cependant, dans un contexte nutritionnel, il est essentiel d'étudier la composition des produits dérivés de la tomate issus de sa transformation. C'est l'objectif de notre travail, qui vise à présenter une caractérisation physico-chimique ainsi qu'une évaluation de l'activité antioxydant de trois produits de transformation : tomate concentré, ketchup et les tomates séchées.

Le présent travail porte en premier lieu sur une recherche bibliographique décrivant les notions essentielles à la compréhension de notre travail à savoir, les caractéristiques physico-chimiques et les antioxydants de la tomate et les processus de transformation de trois produits dérivés de la tomate. La deuxième partie est consacrée à une étude expérimentale qui porte sur la caractérisation physico-chimique des trois produits de la transformation de la tomate et l'évaluation l'activité antioxydant de leurs extraits aqueux.

Partie I :
Synthèse bibliographique

Chapitre I :
Généralité sur la tomate

I.1. Historie et origine de la tomate

La tomate était méconnue dans l'ancien monde jusqu'au 16ème siècle et sa consommation était encore rare au 19ème siècle.. La tomate a acquis une place centrale dans la culture culinaire et les jardins potagers du 20 eme siècle, devenant ainsi le légume phare de cette époque. Reconnaissable par sa fraîcheur et sa polyvalence, elle sert de base ou de garniture à une multitude de plats, qu'ils soient consommés crus ou cuits. **(Blancard et al., 2009)**. Elle est utilisée depuis longtemps dans les sauces, notamment en Italie. L'origine exacte de la tomate est encore sujette à débat parmi les chercheurs, mais il est généralement accepté que les premières tomates sauvages ont été trouvées en Amérique du Sud, plus précisément dans les régions situées à l'ouest des Andes, qui comprennent le Pérou, la Bolivie, le nord du Chili et l'Equateur. Les ancêtres des Incas et les Aztèques ont été les premiers 700, pratiqué la culture de ces enfants fruit de la taille d'une cerise **(France C, 2001)**.

La tomate a été décrite pour la première fois en 1544 par l'herboriste italien Pietro Andrea Matthioli. Dans son ouvrage intitulé "Mala Aurea" en latin ou "Pomi d'Oro" en italien, Matthioli décrit la tomate comme un fruit ressemblant à une pomme segmentée, de couleur verte au début et qui devient dorée à maturité **(Smith, 1994)**

La tomate s'est développée dans les climats de l'Espagne et d'Italie et le premier livre de cuisine qui a utilisé la tomate dans ses recettes a été publié en Italie, en 1962. La tomate se caractérise par sa saveur et sa valeur nutritive, son cycle de vie est court avec une haute productivité. Aujourd'hui, la tomate est le légume le plus consommé mondialement **(Abdelmageed et al., 2003)**.,la tomate a été introduite en Algérie par des producteurs du sud de l'Espagne. Ces producteurs trouvent que les conditions en Algérie sont favorables à la culture des tomates. La consommation de la tomate a commencé dans la région d'Oran en 1905 et s'est progressivement étendue au centre du pays, notamment sur la côte d'Alger. **(Snoussi , 2010)**.

L'industrie de transformation propose de nombreuses préparations : concentrés, jus, tomates pelées, tomates seche, etc. En raison de son niveau de consommation relativement élevé, la tomate intervient pour une partie important dans l'apport de vitamines et de minéraux dans l'alimentation **(Blancard et al., 2009)**.

I.2. Définition de tomate

Tomate est une plante herbacée de la famille des solanacées. Aujourd'hui, c'est l'un des fruits et légumes les plus consommés au monde (Naika et al, 2005 ; Kambale, 2006). La tomate est considérée à la fois comme un légume et comme un fruit. Botaniquement, la tomate est un fruit car elle se développe à partir de l'ovaire de la fleur et contient les graines. Cependant, d'un point de vue culinaire et pratique, il est souvent considéré comme un légume en raison de son utilisation dans des plats salés. (Laumonier, 1979)

Les agriculteurs et les horticulteurs de presque toutes les latitudes cultivent cette plante en plein air ou dans les greniers sur environ 3 millions d'hectares, soit près du tiers de la superficie mondiale de légumes (Brault, 2005). Les fruits récoltés à maturité, ayant une forme selon les variétés : sphérique, oblongue, allongée, en forme de cœur, côtelé, en grappe, petite, grosse, très grosse. La couleur est rouge, blanche, jaune, orange, noire, orange, rose, rouge, verte, violacée, violette ou zébrée. La plus préférée est la tomate rouge (Brémaud et al., 2008) La tomate a contribué au développement d'une importante industrie de transformation pour la production de concentrés, de sauces, de jus et de confitures (Mttcthg, 2009).



Figure 1: Photographie de tomate.

I.3. Structure et composition de la tomate

La texture est la résultante de caractéristiques liées à la chaire (péricarpe), à la présence du gel contenu dans les loges du fruit et à l'épaisseur ou l'élasticité de la peau. La tomate est un fruit dont la composition interne n'est pas homogène (Navez et al., 2009) la composition des tomates peut varier en fonction du cultivar, du lieu de culture, des techniques agricoles utilisées, des facteurs environnementaux et des conditions de stockage après la récolte. Il est donc possible de trouver des différences dans les niveaux de nutriments, d'antioxydants, de vitamines et d'autres composés chimiques d'une variété de tomates à l'autre, ainsi que d'une tomate à une autre au sein d'une même variété. Ces facteurs jouent un rôle important dans la qualité nutritionnelle et les propriétés gustatives des tomates.

I.3.1. L'eau

Est le constituant majeur de tous les tissus végétaux leur teneur en eau variant de 80 à 95 % de leur poids total il est essentielle à la vie des plantes en raison de son rôle dans les échanges cellulaires, le transport des nutriments, la photosynthèse, la transpiration et d'autres processus biologiques. Sans eau, les plantes ne pourraient pas survivre ni accomplir ces fonctions vitales

Yu et al., 1974 ont montré que les tomates contiennent généralement 94 % d'eau au stade rouge tardif. Selon Smirnov (1981), la teneur en eau des tomates est d'environ 93,5 %. La forte teneur en eau des fruits et légumes est à l'origine de leur vulnérabilité aux chocs, aux attaques microbiennes et moisissures, et au dessèchement en milieu sec (déshydratation). La quantité peut varier selon la variété, la saison, l'âge et les conditions de croissance

I.3.2. Les sucres

Environ la moitié de la matière sèche d'un fruit mûr est constituée de sucres, principalement du fructose et du glucose, avec de petites quantités de saccharose. Dans le cas de la tomate, les sucres présents sont principalement des sucres réducteurs. Le taux de glucose se situe entre 0,88% et 1,25%, tandis que le fructose se situe entre 1,08% et 1,48% (Moresial, 1982). L'intensité sucrée des tomates est encore limitée car la teneur en sucre est relativement faible en pourcentage de la matière fraîche totale (. Il existe une variation importante de la teneur en sucre entre les variétés. L'indice de réfraction mesure la matière sèche soluble, ce qui permet possible d'évaluer ces différences : pour les variétés rondes ou gros calibre couramment cultivées, le Brix d'IR varie de 3,5 % à 5,5 %, pour les variétés cocktail ou cerise, l'IR peut être plus élevé, de 6° à 11° Brix. Brix est un jus de tomate à 20 % contenant 200 g/L de sucres solubles (Chader, 2016)

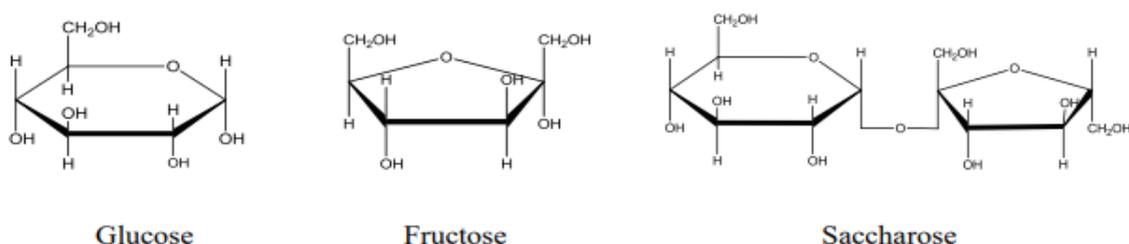


Figure 2: Principaux sucres (sucre simples) de la tomate.

I.3.3. Protéines

La plupart des fruits et légumes sont faibles en composants protéiques (comme indiqué). Cependant, ils ont un rôle crucial (élimination), car les enzymes sont impliquées dans les processus métaboliques au cours de la croissance des fruits. Bien que la tomate ait une faible teneur en protéines (1,1%), elle contient presque tous les acides aminés (Alhagadow, 2006) Protéine de tomate comme La lactine et la tomatine sont des composants importants de ce légume. Ils jouent un rôle important dans la structure cellulaire et sont impliqués dans une variété de processus biologiques, y compris la croissance et le développement des plantes, la défense contre les maladies et le stress environnemental.

I.3.4. Lipides

La composition en lipides varie en fonction de la variété et du degré de maturité lors de la récolte ; il répertorie plus de 33 acides gras dans le péricarpe, la teneur en lipides est de 0,3g par 100g de poids frais (Benard, C .2009).

I.3.5. Les sels minéraux

Les minéraux sont des substances essentielles que notre corps ne peut pas synthétiser lui-même. Ils jouent un rôle crucial dans la régulation des enzymes et des hormones (Haems, 2013). Parmi les principaux minéraux présents dans la tomate, on retrouve le calcium (9,7 à 15 mg/100g), le magnésium (3 à 11 mg/100g), le fer (0,2 à 0,6 mg/100g), le phosphore (20 à 27 mg/100g), le potassium (202 à 300 mg/100g) et le sodium (3 à 11 mg/100g) (Grasselly et al, 2000).

I.3.6. Les vitamines

Les vitamines sont des substances organiques sans valeur énergétique et, une fois transformées en leur forme active, elles sont essentielles à la croissance et au maintien de la santé. Certaines vitamines ne sont pas suffisamment synthétisées par le corps humain et doivent donc être apportées par l'alimentation. Ils sont divisés en deux groupes, des vitamines Hydrosoluble et liposoluble (Haems, 2013). Les tomates sont riches en vitamine C. De plus, ce fruit contient des vitamines A, B, K et E. Parmi les vitamines B, on retrouve principalement la vitamine B6 (B1), (B2), (B3), (B5), B6 et (B9) (Tebbakh,.Kelaiaia,2021).

I.3.6.1. Vitamine A

Les tomates sont considérées comme une source de vitamine A, car 100 grammes de tomates crues fournissent plus de 15 % de la VNR. Le corps peut convertir certains caroténoïdes des plantes en vitamine A. Ces caroténoïdes sont appelés "provitamine A". Parmi eux, le β -carotène est de loin la provitamine A la plus importante. Également présent

dans le jus de tomate. Il fournit au corps du bêta-carotène, qui soutient la vision, les os, les dents et l'état du système immunitaire

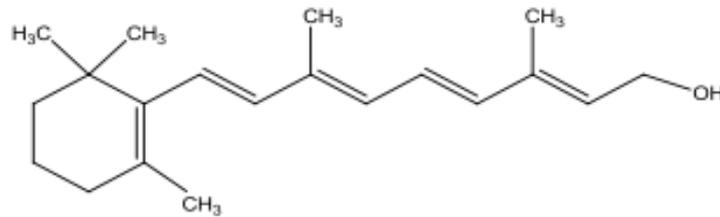


Figure 3: Formule chimique de la vitamine A (Boussoufa , R, Bouguerne , O. (2021).

I.3.6.2. La vitamine B

La vitamine B1, aussi appelée thiamine, est en effet une molécule organique hydrosoluble et thermolabile. Sa formule chimique est $C_{12}H_{17}N_4OS^+$. Constituée de noyaux pyrimidine et thiazole reliés par des ponts méthylène, la vitamine B1 est facilement soluble dans l'eau. Cela permet à notre corps de l'absorber et de l'utiliser pour différentes fonctions métaboliques. La vitamine B1 joue un rôle important dans le métabolisme des glucides, en particulier dans la conversion du glucose en énergie. Cependant, la vitamine B1 est également thermolabile, ce qui signifie qu'elle est sensible à la chaleur (Ouslim ,s.2021)

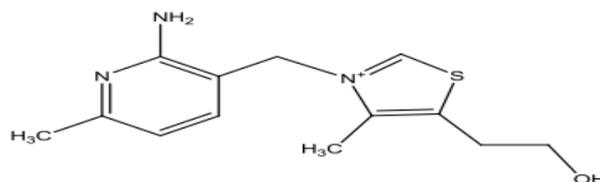


Figure 4: Structure chimique de la vitamine B1(Boussoufa , R Bouguerne , O. 2021).

I.3.6.3. La vitamine B3

La niacine, est un nutriment essentiel pour le corps humain. Il se compose de deux composés, la niacine et la niacinamide, qui ont des propriétés similaires aux vitamines. La vitamine B3 se trouve dans de nombreux aliments, comme, les tomates avec teneur 0.53mg/100g . La vitamine B3 joue un rôle important dans le métabolisme énergétique en aidant à convertir tles aliments en énergie

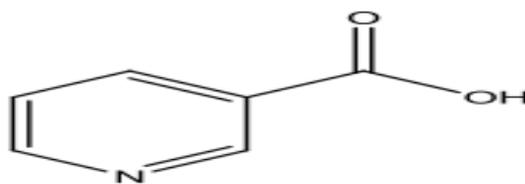


Figure 5: Structure chimique de la vitamine B3. (Boussoufa , R, Bouguerne , O. 2021).

I.3.6.4. La vitamine B5

D'acide pantothénique, est une vitamine B essentielle. On le trouve dans de nombreux aliments, dont les tomates. La teneur en vitamine B5 de la tomate est d'environ 0,31 mg pour 100 grammes de tomate. La vitamine B5 joue un rôle important dans le métabolisme des glucides, des lipides et des protéines. C'est le précurseur et le composant de la coenzyme A, une molécule essentielle pour de nombreuses réactions biochimiques dans le corps (nutrixeal ,2021)

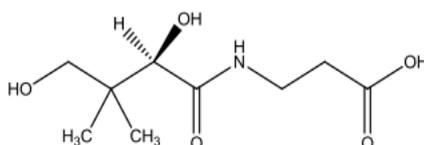


Figure 6: Structure chimique de la vitamine B5. (Boussoufa , R, Bouguerne , O. 2021).

I.3.6.5. La vitamine B6

La pyridoxine, est une vitamine hydrosoluble résiste à la chaleur et aux acides et à l'oxydation, Elle est détruite par les alcalins et la lumière On le trouve dans de nombreux aliments dont la tomate avec teneur 0.1mg/100g elle un joue un rôle vital dans de nombreuses fonctions corporelles, notamment le métabolisme des protéines, la synthèse des neurotransmetteurs, la formation des cellules sanguines, s et le fonctionnement du système immunitaire., e, elle est soluble dans l'eau(Ouslim,S .2021)

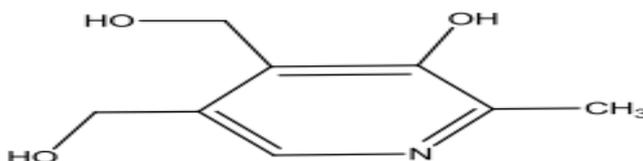


Figure 7: Structure chimique de la vitamine B6. (Boussoufa , R, Bouguerne , O. 2021).).

I.3.6.6. La vitamine B9

L'acide folique, se trouve dans de nombreux aliments, tels que la tomate 0,022 mg/100 g elle est hydrosoluble essentielle à de nombreuses fonctions de l'organisme. Il joue un rôle important dans la production de globules rouges et est également vital pour les femmes enceintes car il est nécessaire au développement normal du tube neural fœtal.

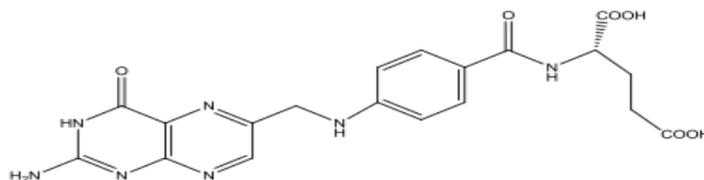


Figure 8: Structure chimique de la vitamine B9. (Boussoufa , R, Bouguerne , O. 2021)..

I.3.6.7. Vitamine C

Les tomates fraîches fournissent de grandes quantités de vitamine C sous des formes oxydées et réduites. Les teneurs totales en vitamine C varient selon les variétés et les conditions de culture ; elles se situent généralement entre 7 et 30 mg/100 g (matière fraîche), mais les tomates cerises peuvent en contenir jusqu'à 70 mg/100 g.

les proportions d'acide ascorbique et d'acide hydro ascorbique varie également selon les espèces et les conditions environnementales (Raffo et al., 2006). La forme oxydée de la vitamine C peut représenter de 0 % à 85 % de la vitamine C totale, et peut même atteindre 90 % lorsque le fruit est cultivé dans un climat chaud. Ces variations peuvent s'expliquer par le fait que des changements dans les conditions environnementales peuvent induire des changements dans les états redox ((Lenucci, M et al., 2006 ; Raffo, A et al., 2006).

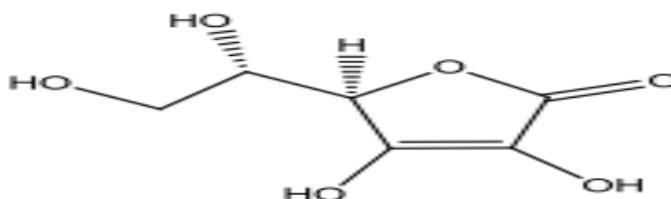


Figure 9: Structure chimique de la vitamine C (Boussoufa , R, Bouguerne , O. 2021).

I.3.6.8. Vitamine E

'alpha-tocophérol est la forme de vitamine E que l'on trouve principalement dans les tomates fraîches. D'autres formes de tocophérol (bêta-, gamma- et delta-) sont également présentes, mais dans des proportions plus faibles. Les niveaux de vitamine E varient considérablement

en fonction de la variété de tomate et de période de récolte. **Dans** la tomate, la vitamine E est distribuée dans différents tissus, mais elle est plus élevée dans les graines. Cependant, elles ne sont pas digérées par l'organisme, de sorte que la contribution des tomates à l'apport en vitamine E est faible (Marsic N et al., 2010)

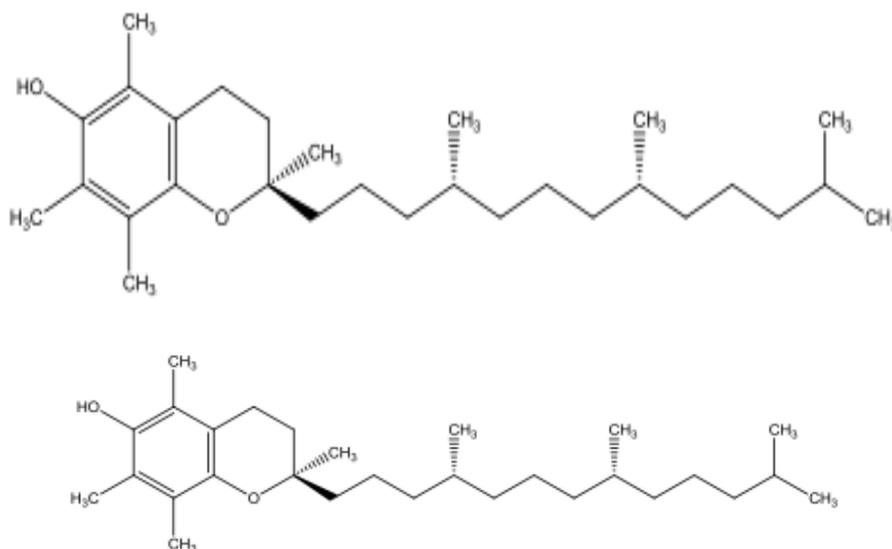


Figure 10: Structure chimique de la vitamine E (Boussoufa , R, Bouguerne , O. 2021).).

Tableau 1: Teneurs en vitamine dans 100 g de tomate (Boussoufa , R, Bouguerne , O. 2021).

Vitamine A (béta-carotène)	0,592
Vitamine B1	0,057
Vitamine B2	0,035
Vitamine B3	0,530
Vitamine B5	0,310
Vitamine B6	0,100
Vitamine B9	0,022
Vitamine C	19
Vitamine E	0,813
Vitamine K	0,0056

I.3.7. Poly-phénols

La composition phénolique de la tomate change avec la maturation des fruits, et elle varie en quantité et en qualité selon la variété étudiée. Les tomates cerises sont généralement les plus riches. A l'échelle cellulaire, les polyphénols sont principalement distribués dans deux compartiments : la vacuole et la paroi cellulaire. Dans la vacuole, les polyphénols sont liés à

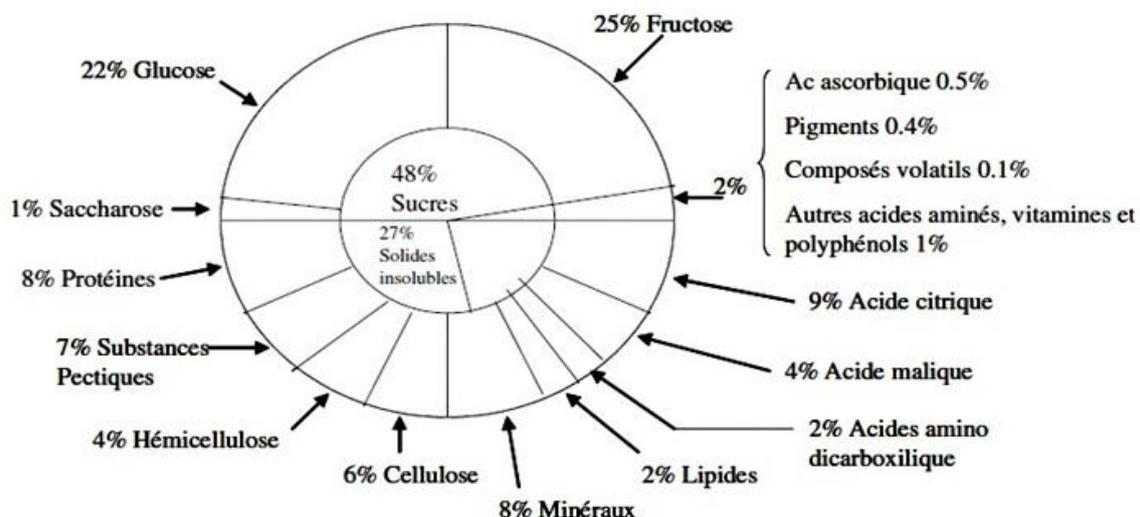
des sucres ou des acides organiques, ce qui augmente leur solubilité et limite leur toxicité pour les cellules. au niveau de parois, , on trouve surtout de la lignine et des flavonoïdes liés aux structures pariétales. . Les composés phénoliques sont synthétisés dans le cytosol. Une partie des enzymes impliquées dans la biosynthèse des phénylpropanoïdes est liée aux membranes du réticulum endoplasmique, où elles sont organisées en métabolons. D'autres organites du cytoplasme, comme les chloroplastes, peuvent participer à la biosynthèse des composés phénoliques (Briquette, 2009)

I.3.8. Les acides

Les acides sont déterminants pour la flaveur de la tomate. Plus d'un huitième de la matière sèche la composition du fruit est composée d'acides organiques (essentiellement citrique et malique) et d'acides aminés Les acides dicarboxyliques (en particulier l'acide glutamique et l'acide aspartique), dont la concentration relative dépend des variétés et de la nutrition minérale. L'acide citrique représente environ 70% de l'acidité totale des fruits mûrs et est principalement impliqué dans la perception de l'acidité des fruits. L'acidité Titrable reflète l'évolution des deux acides principaux, citrique et malique. (Briquette. N, 2009).). La saveur est généralement liée aux proportions relatives de sucres et d'acides dans les fruits, principalement le fructose et l'acide citrique. L'association de fortes teneurs en sucres et en acides produit les tomates les meilleures et les plus savoureuses .

I.3.9. Les fibres

Les fibres alimentaires sont des éléments qui font partie des parois des cellules, ou encore des substances complémentaires, qui ne sont pas détruites par les sécrétions gastro-intestinales du système digestif et de ce fait traversent l'intestin grêlesans être digérées (Henauer et al., 2008). La teneur de la tomate en fibre est d'environ de 1.20g/100g



I.4. Importance de la tomate

La tomate occupe une place importante dans l'alimentation humaine. Il peut être consommé cru ou cuit, ou sous forme de produits transformés tels que des jus, des sauces, des pâtes de tomates et des conserves. Au cours des dernières décennies, la consommation de tomates a été associée à une protection contre diverses maladies, notamment le cancer et les maladies cardiovasculaires. Ce fruit est riche en potassium, antioxydants, magnésium, phosphore, vitamines A-B-Cet E, fibres et sels minéraux (Wilcox et al, 2003 ; Levi, 2006).

I.4.1. Importance nutritionnelle

La tomate largement consommée joue un rôle bénéfique dans notre alimentation. ce fruit Contient 93% à 95% d'eau. Très faible en calories, fournissant un peu plus de 19 000 calories. Il est riche en carotène et en lycopène, qui lui donnent sa couleur rouge, cet antioxydant peut réduire le risque des maladies cardiovasculaires, l'artériosclérose et certaines formes de maladie Cancer, y compris le cancer de la prostate. Il apporte une bonne quantité de vitamine C (18 mg etc.), ainsi que de la provitamine A et de nombreuses vitamines B. ses minéraux Riche notamment en potassium, magnésium et phosphore (Khelifi et Mellal,2015)

I.4.2. Importance économique et production actuelle

La production mondiale de tomates est d'environ 140 millions de tonnes par an pour la consommation industrielle et fraîche. La tomate est la première variété cultivée et représente environ 1/6 de la production mondiale de légumes. Sa croissance au cours de la dernière décennie a été largement liée à la hausse de la production en Asie, qui a augmenté de 27 %, tandis que la croissance sur les autres continents a été plus modeste. (Navez et al, 2009).

Selon une étude de Navez et al 2009., environ 1/4 de la production mondiale de tomates sera utilisée pour l'industrie de la conserve.. Plus de la moitié de la production mondiale provient d'Asie. Les plus grands producteurs de tomates au monde sont la Chine, l'Inde et les États-Unis.

La Chine est le plus grand producteur de tomates au monde, produisant plus de 61 millions de tonnes. Environ 85% de la production sera vendue sur le marché intérieur pour la consommation.

Suivie par l'Inde, qui occupe la deuxième place, Les États-Unis sont troisièmes et la Turquie est quatrième. L'Égypte, l'Italie, l'Iran, le Brésil, l'Espagne et de nombreux autres pays produisent plus de 4 millions de tonnes par an, alors que l'Algérie n'en produit que 1,3 10 000 tonnes/an.

Tableau 2: les Principaux pays producteurs de la tomate fraiche en 2018.

	Région	Production (Tonnes)	Position	Région	Production (Tonnes)
1	Chine	61 523 462	11	Nigéria	3 913 993
2	Inde	19 377 000	12	Fédération de Russie	2 899 664
3	États-Unis	12 612 139	13	Ukraine	2 324 070
4	Turquie	12 150 000	14	Ouzbékistan	2 284 217
5	Egypte	6 624 733	15	Maroc	1 409 437
6	Iran	6 577 109	16	Tunisie	1 357 621
7	Italie	5 798 103	17	Portugal	1 330 482
8	Espagne	4 768 595	18	Algérie	1 309 745
9	Mexique	4 559 375	19	Cameroun	1 068 495
10	Brésil	4 110 242	20	Indonésie	976 790

I.4.3. Production de tomate en Algérie

En Algérie La production nationale de la tomate fraîche est 13,72 millions de quintaux (qx) durant la campagne 2017-2018, (Madr, 2018). Le rendement est de 428 quintaux/ha 1 225 qx/ha pour les tomates de plein champ et sous serre (Madr, 2018).

Le rendement était de 428 qx/hectare pour la tomate cultivé en plein champ , en comparaison a la tomate qui est cultivée sous serre, qui de 1,225 qx/hectare, (Madr, 2018).. La grande part de la production est réservée aux wilayas suivantes : Biskra avec une production de 2,33 millions de qx, Mostaganem avec une production de 1,33 million de qx, Tipaza avec 1,04 million de qx et Ain Defla avec 728,250 qx. Par ailleurs, la production de la tomate industrielle (destinée à la transformation), elle était de 15,4 millions de qx durant la campagne 2017-2018, avec un rendement de 651 quintaux/ha Les plus grandes wilayas productrices de la tomate industrielle sont Skikda avec une production de 4,65 millions de qx, El Tarf est de 3,5 millions de qx, Guelma avec 2,06 millions de qx et Ain Defla avec 1,68 million de qx (Madr, 2018) Les principaux produits fabriqués sont le simple 22%, et double concentré 28%, , parfois le triple concentré 30%,.

Chapitre II :
Transformation de la tomate

I. La transformation de la tomate

En Algérie, (**Bouzaata,2016**) a mentionné que L'industrie de transformation de la tomate se base sur la production des simples doubles et triples concentrés de tomate, des Ketchups des sauce tomate et des tomate séchée. Cependant, un développement réfléchi de cette technologie en la maîtrisant des processus et en trouvant des nouvelles perspectives pour les sous-produits de la tomate, peuvent être d'un grand apport économique. La valorisation des sous-produits accumulés pendant le processus de fabrication en grandes quantités, contribuerait à réduire l'impact de la pollution causée par cette industrie sur l'environnement

II. Quelque produit de la transformation de la tomate

La culture de la tomate est très répandue dans le monde. Mais elle pourrait rapidement, ce qui a incité de nombreux agriculteurs à penser de la conserver par plusieurs méthodes dont : La congélation, le séchage, la pasteurisation, la stérilisation et la transformation.

Parmi les produits de la tomate fabriqué en Algérie **on distingue** :

II.1. Tomate concentrée

La tomate concentrée est définie par (**Louis. 2021**) comme un produit élaboré de manière qu'il soit débarrassé péricarpe, pépins, ainsi que des autres parties dures, par concentration du liquide, ou de la pulpe extraite de tomates saines, mûres et rouges. Du sel et d'autres agents de sapidité peuvent être ajoutés. Notons que les termes « purée de tomate » ou « pâte de tomate » peuvent être utilisés pour désigner le « concentré de tomate » lorsqu'il satisfait aux exigences suivantes.

Le journal officiel n°77 déclare dans l'arrêté numéro 3 que

- ✓ **La Purée de tomate** : concentré de tomates qui contient au minimum 22% de Teneur en résidu sec.
- ✓ **Le Concentré de tomate** : Parmi le concentré de tomates, nous citons :

II.1.1. Simple concentré de tomate

Contient 22% ou plus de de matière sèche soluble naturelle de tomate.

II.1.2. Double concentré de tomate

Contient 28 à 30 % de matière sèche soluble naturelle de tomate.

II.1.3. Triple concentré de tomate contient

De 36 à 38 % de matière sèche soluble naturelle de tomate.

En utilisant des évaporateurs à circulation forcée pour atteindre ces concentrations. Après une haute pression avec des échangeurs de chaleurs tubulaires.

II.2. Les processus de transformation de la tomate

(Sedok et Zedak .2016) et (El Aouni.2015) Ont cité les étapes de fabrication du concentré de tomate comme suite :

II.2.1. Réception de la tomate fraîche

Les tomates fraîches doivent être manipulées avec soin pour éviter le maximum des dommages mécaniques. Ces produits sont réceptionnés dans des bacs propres et solides, ils doivent être protégés du soleil, de la pluie de souillures. Cette opération a pour but de débarrasser le produit de la contamination et des impuretés extérieur et d'en éliminer les parties non comestibles.

II.2.2. Nettoyage et Lavage

Le nettoyage et lavage sont pratiques afin de débarrasser les tomates :

- ✓ De la terre ou de sable.
- ✓ D'une charge microbienne élevée.
- ✓ Des résidus des produits phytosanitaires qui peuvent provoquer des altérations de la couleur, de la saveur,

Les tomates passe dans un bac laveur qu'a pour but d'éliminer les impuretés.

II.2.3. Triage

Les tomates lavées sont déversées sur un tapis roulant (trieuse) pour éliminer les matières étrangères et les tomates en mauvais état (altérées ou moisies), le but de triage consiste à enlever des éléments non comestibles.

II.2.4. Broyage

C'est la première étape de la transformation pendant laquelle la tomate est transformée en un produit broyé dans le broyeur qui permet d'obtenir un produit homogène.

II.2.5. Préchauffage

Le préchauffage est assuré par la vapeur provenant de la chaudière à une température de 70 à 75 °C. En effet, le produit broyé passe dans des cuiseurs en inox (échangeurs de

chaleur modulaires à faisceaux tubulaires ou autres). Cette opération permet de faciliter la séparation des grains pour la préparation à l'étape de tamisage.

II.2.6. Tamisage

Dans cette étape on assiste à une filtration de la tomate broyée, cette filtration se fait dans des passoire pour éliminer les grand téguments (pépin, enveloppe). On obtient ensuite une séparation d'un jus de tomate et des déchets qui sont des peaux et des semences. Le jus extrait est mis dans des grands barils pour passer à l'étape prochaine.

II.2.7. Adjonction de sel

Les purées de tomates peuvent être additionnés de sel à des doses ne dépassent pas :

- ✓ 15% du poids du résidu sec (sel déduit) pour les purées de concentration supérieure à 20 %. Ne dépasse pas 22% selon le **Jora**
- ✓ 03% du poids du résidu sec pour les purées de concentration inférieure ou égale à 20%.

II.2.8. Concentration

Le principe de cette opération est basé sur l'évaporation en d'eau libre existante dans le jus par élévation de la température avec élimination de la vapeur ainsi formée, dans un concentreur, l'indice de réfraction (Degré Brix) indique la concentration du produits finis

A la fin de la concentration, l'extrait sec de jus doit reprendre à la norme 22% indiquée par le réfractomètre

II.2.9. Pasteurisation

Après les opérations précédées, le produit concentré obtenu sera pasteurisé. Le produit passe d'abord à une température de 85 à 90°C pendant quelques secondes.

Elle permet la destruction de tous les germes pathogènes et l'élimination de la population microbienne qui pourrait être dans le produit concentré.

II.2.10. Remplissage et sertissage

Les boites remplies et serties avec une sertisseuse.

A la fin, les boites passent vers l'étiqueteuse pour étamper la date de fabrication, la date de péremption, le numéro du lot et l'heure. Le remplissage se fait dans des boîtes métalliques.

II.2.11. Stérilisation

Les boîtes remplies de produit concentré passent par un tunnel de stérilisation (3 chambres de température décroissante, d'abord 100°C, puis 75°C et finalement 35°C).

Cette étape permet la destruction de tous les micro-organismes qui pourraient exister à l'intérieur des boîtes de concentré de tomate pour but d'assurer la bonne qualité microbiologique du produit fini.

II.2.12. Refroidissement

Après la stérilisation, les boîtes sont refroidies dans une chambre d'eau froide ou la température de concentré dans les boîtes décroît aux environs de 40 à 35 C°.

II.2.13. Conditionnement et emballage

Après le refroidissement des boîtes qui durent quelques secondes, on passe au conditionnement pour emballer les boîtes de tomates dans des cartons plastifiés, pour faciliter le transport sur les lieux de stockage ou les lieux de vente (marché...).

Le produit fini doit être mis en observation pendant 15 jours avant de sortir de l'usine, afin d'assurer de sa capacité de conservation.

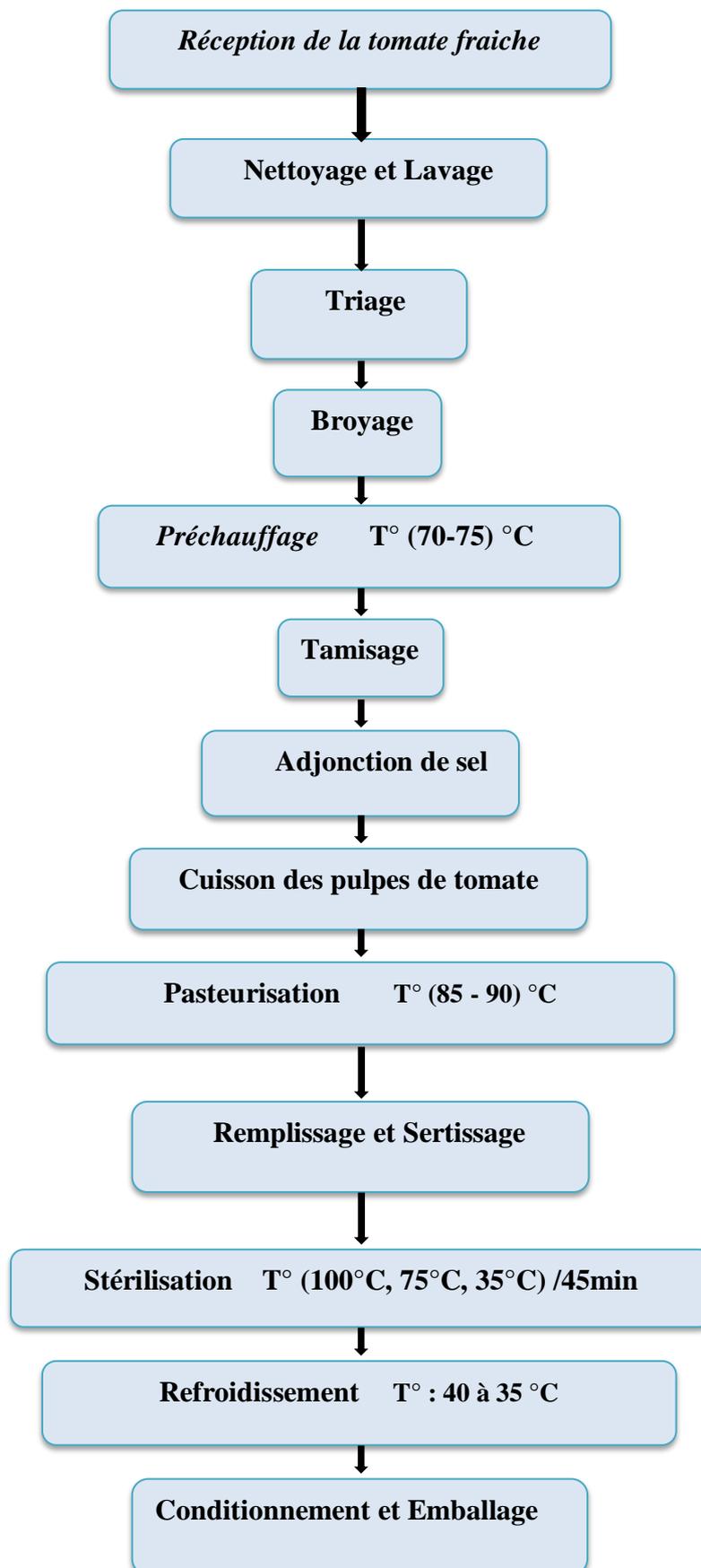


Figure 11: Diagramme de production des tomates concentré .

II.3. Tomate ketchup

(Benameur et al ,2021) a défini Le Ketchup par une sauce de tomate fabriquée à partir de purée de tomate à laquelle on ajoute le vinaigre, le sucre, le sel, l'oignon, ail et le poivre.

Le ketchup aujourd'hui consommé dans le monde entier comme un accompagnant des plats à base de pâtes, et des plats de la restauration rapide.

II.3.1. Processus de fabrication d'un ketchup

La fabrication du ketchup est citée par (Berthouzoz, 2009) comme suite

C'est un processus simple, qui consiste à mixer tous les ingrédients (la purée de tomate, le vinaigre, le sucre, le sel, l'oignon, ail et le poivre), puis à pasteuriser le mélange obtenu, avant de le conditionner. Une pasteurisation adéquate du produit est l'étape essentielle qui doit assurer l'absence des bactéries pathogènes présentes dans un produit. De ce fait, la température et le temps de pasteurisation sont les paramètres à surveiller, afin d'assurer un traitement thermique efficace et garantir ainsi la sécurité du consommateur. Cette sauce est consommée par la population, bien qu'elle soit souvent associée à la restauration rapide.

Les tomates sont récoltées dans de nombreux pays du monde la fin du mois de juillet et le mi- septembre période durant laquelle elles arrivent à maturité optimale pour la récolte. Ces fruits sont triés lors de la récolte selon leur taille et leur maturité, puis elles sont transportées à l'usine de fabrication de concentré. Là, elles sont triées une deuxième fois en fonction de leur couleur, du taux d'acidité, de matière sèche...etc

La matière de base du ketchup est le concentré de tomate, qui permet de fabriquer du ketchup tout au long de l'année. Ce concentré est obtenu par chauffage puis évaporation, puis les envoyés aux usines de fabrication. A leur arrivée à l'usine. Les concentrés ensuite dilués avec de l'eau sont ensuite additionnés des différents ingrédients, tel que le sucre, le sel, le vinaigre et les épices dans une cuve à mixer. Le mélange d'épices est ajouté au ketchup, une fois le mélange effectué. Puis le ketchup est chauffé à 85°C pendant 5 minutes pour ne pas perdre les qualités nutritionnelles de la tomate puis le ketchup est mis en bouteilles, les bouchons vissés hermétiquement. Le ketchup peut se conserver (non ouvert) pendant plusieurs mois. Puis les bouteilles sont étiquetées, le ketchup est goûté et contrôlé selon des critères de qualité très stricts. Les flacons de ketchup sont emballés par colis, qui partent afin d'être palettisés et stockés.

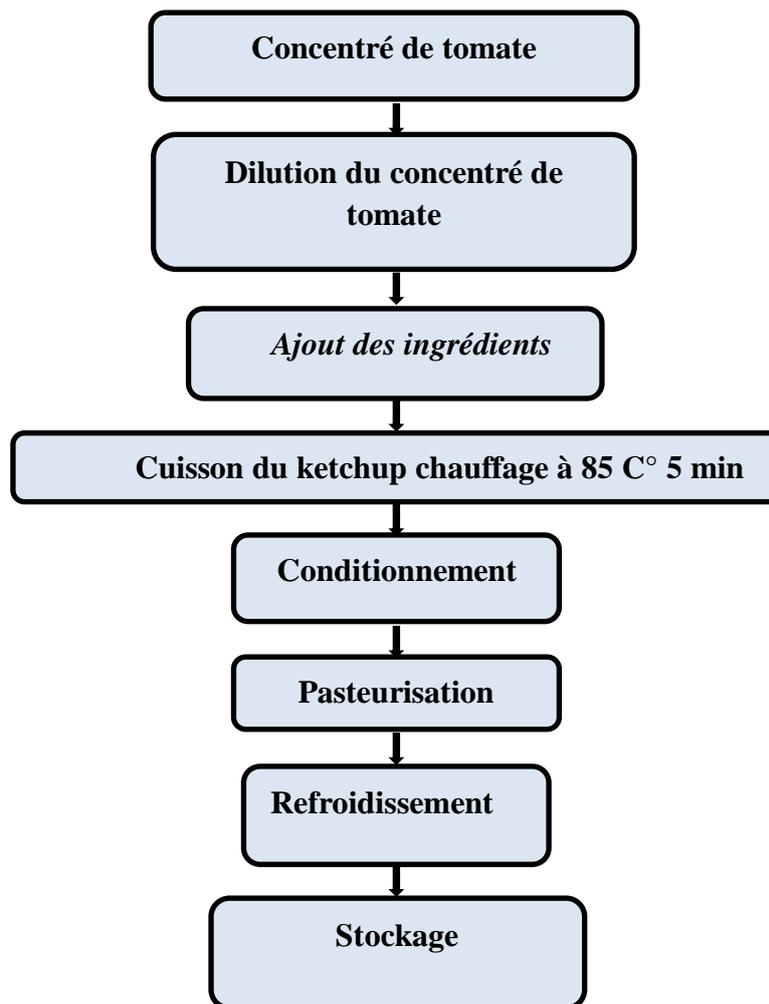


Figure 12: Diagramme de fabrication du ketchup. (Berthouzoz, 2009).

II.4.La Tomate Séchée

Les tomates séchées sont des tomates fraîches, coupées et placées au soleil ou au four afin de les déshydrater. Durant ce processus, la tomate peut perdre jusqu'à 90 % de son poids suite aux évaporations de l'eau. Il faut donc de 10 à 12 kilos de tomates fraîches pour obtenir un kilo de tomates séchées au soleil. Ceci explique la concentration élevée des nutriments dans la tomate séchée par rapport à la tomate fraîche (Hali, 2023)

II.4.1. Le Séchage de la tomate

Le séchage de la tomate est parmi les méthodes de transformations traditionnelles que (Vodouhe et al, 2014) a citées, faite par des femmes rurales par exposition directe au soleil où le produit est utilisé dans la préparation d'autres plats. Cette méthode permet une double valorisation de la tomate et réduit des pertes après récolte

II.4.2. Les procédés de production des tomates séchées (Gica ,2022)**II.4.2.1. Réception et déchargement des tomates fraîches****❖ Contrôles à la réception**

Une opération de contrôle et d'évaluation de la qualité à la réception des tomates fraîches est nécessaire afin de garantir une bonne qualité, une maturité et une fermeté convenables.

II.4.2.2. Stockage intermédiaire

Dès la réception, les tomates fraîches doivent être déchargées dans une zone propre et aérée et ne doivent pas être exposées directement au soleil. Le local d'entreposage des tomates fraîches doit être conçu de manière à : - Garantir un environnement permettant de réduire au minimum la détérioration des tomates (température, humidité relative...) et de les protéger contre la contamination pendant le stockage. La durée du stockage intermédiaire des tomates fraîches doit être courte afin de préserver la qualité.

II.4.2.3. Lavage et rinçage

Le lavage des tomates permet d'éliminer les impuretés et les traces de pesticides des surfaces. L'eau du lavage et du rinçage doit être de qualité potable et doit être changée régulièrement en fonction de la fréquence d'utilisation. Les caisses une fois vidées seront lavées et entreposées sous un abri.

II.4.2.4. Triage

L'objectif est :

- ✓ D'éliminer les tomates vertes et pourries ainsi que les corps étrangers.
- ✓ Classer les tomates fraîches en fonction de leurs tailles pour maîtriser la technique de séchage, notamment le séchage artificiel.

II.4.2.5. Découpage

Le découpage de la tomate fraîche se fait dans le sens de la longueur en deux moitiés égales sur le milieu de l'axe longitudinal.

- ✓ La découpe est réalisée avec un instrument inoxydable, bien aiguisé et propre
- ✓ L'intervalle séparant la découpe et le séchage doit être le plus court possible afin d'éviter l'altération des tomates fraîches coupées et la prolifération microbienne.

II.4.2.6. Salage

Le salage doit être pratiqué juste après la découpe et l'étalage des tomates fraîches sur les filets. Il permet la diminution de l'activité de l'eau de la tomate fraîche coupée pour inhiber le développement microbien et réduire les réactions enzymatiques. Le taux de sel alimentaire utilisé est en général de 5 % (5 kg de sel /100kg de tomate fraîche).

II.4.2.7. Sulfuration

Le dioxyde de soufre SO₂ peut être appliqué par pulvérisation ou par fumigation aux tomates découpées pour préserver la couleur rouge de la tomate.

II.4.2.8. Séchage

Le séchage est le processus de conservation des tomates. Juste après la découpe, les tomates sont exposées soit sur les filets au soleil, soit disposées sur des claies pour être séchées dans un séchoir électrique ou dans un four. La durée du séchage est le temps nécessaire pour sécher les tomates fraîches coupées ; elles doivent être contrôlées, jusqu'à atteindre la teneur en eau souhaitée.

II.4.2.9. Triage des tomates séchées

Après séchage, un tri peut être réalisé avant le conditionnement pour éliminer les tomates présentant des défauts de couleur, d'aspect et de forme ainsi que les morceaux de tomates qui ne sont pas suffisamment secs. Les tomates séchées sont triées sur une table en inox et classées en catégories.

II.4.2.10. Conditionnement

Après le tri et la classification par catégories, les tomates séchées sont pesées et conditionnées dans un emballage adéquat. Les emballages vides sont stockés, dans des endroits à part non humides sur des palettes et à l'abri des rongeurs et des parasites.

II.4.2.11. Stockage

Le produit fini devra être emmagasiné et transporté dans des conditions de nature à empêcher l'infestation, l'apparition de microorganismes ou la contamination par de tels germes et à assurer une protection contre les risques de dégradation du produit ou du récipient. L'utilisation d'une chambre frigorifique est indispensable pour le stockage des tomates séchées dans des conditions maîtrisées (température et humidité).

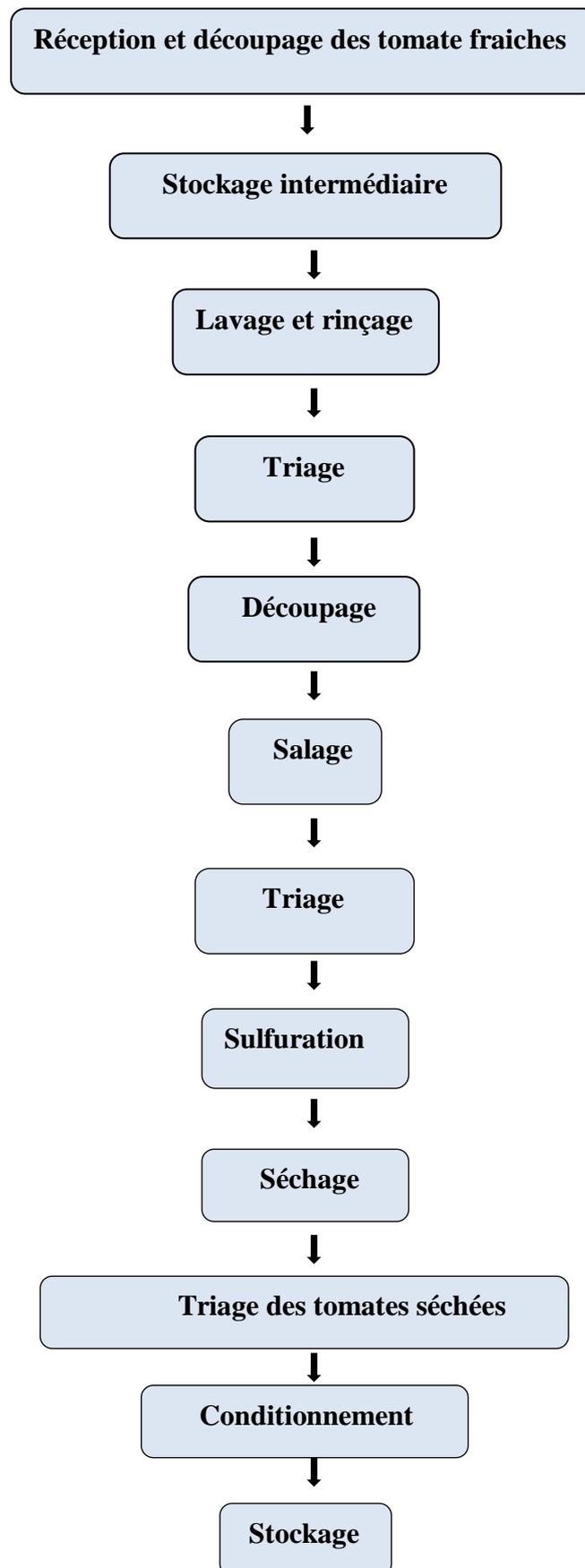


Figure 13: Diagramme de production des tomates séchées.

Chapitre III :
Les antioxydants

I. Généralité sur les antioxydants

(Guillouty, 2016) a défini l'antioxydant par une molécule plus ou moins complexe diminuant l'oxydation d'un substrat au sein de l'organisme. Ils sont présents sous de nombreuses formes et peuvent intervenir en prévention de la formation des radicaux libres, aussi bien que pour participer à leur élimination.

On distingue deux sources d'antioxydants d'après (Graini et Boulguergour, 2022) : l'une est endogène sous forme d'enzymes (la catalase, la glutathion peroxydase, super-oxyde dismutase), et l'autre est exogène apportée par l'alimentation sous formes des fruits, légumes, céréales et légumineuses. Les fruits et les légumes fournissent des fibres et une grande diversité de micronutriments, vitamines, oligo-éléments, minéraux et autres composés bioactifs, tel que les composés phénoliques qui sont représentés les antioxydants les plus abondants dans nos régimes alimentaires.

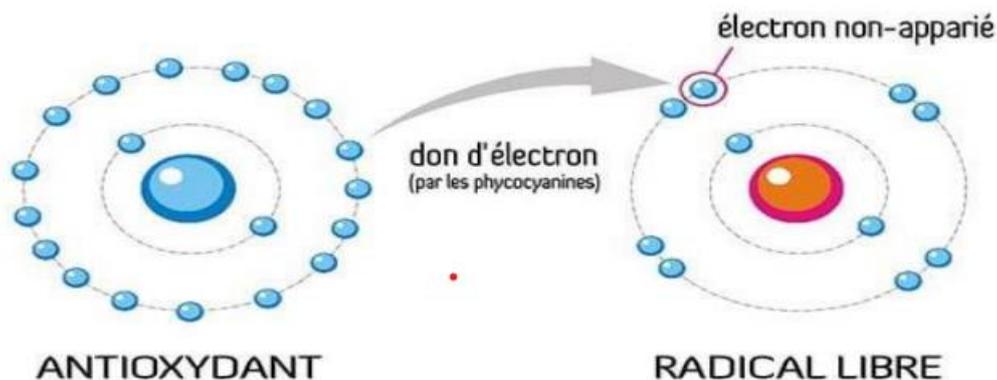


Figure 14: Neutralisation d'un radical libre par un antioxydant (Valerie, 2019).

II. Mécanisme d'action des radicaux libres

Les radicaux libres sont des espèces chimiques possédant un électron non apparié au niveau de ses orbitales externes. Un radical libre réagit spontanément avec d'autres atomes ou molécules pour former un nouveau radical provoquant ainsi des réactions en chaîne qui ne sont interrompues que lorsque deux radicaux libres réagissent entre eux, celle-ci sont des espèces instables très réactives *in vivo*. Ils réagissent aussi avec différents composés cellulaires : lipides, protéines et acides nucléiques, notamment lors de réaction en chaînes dont l'exemple le plus connu est celui de la peroxydation des lipides, Les radicaux libres issus de la réduction monovalente de l'oxygène constituent les ERO. (Boubali, 2017)

III. Principaux antioxydants

III.1. Les polyphénols

Les polyphénols, ou les composés phénoliques d'après (**Di Lorenzo et al, 2021**) sont des molécules organiques sont présentes dans les végétaux. Située dans les plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits, et ils font donc partie intégrante de notre alimentation. Phénolique est un terme utilisé pour définir des substances qui possèdent au moins un groupement hydroxyle (OH) transposer sur un cycle aromatique. Ce nom provient du composé d'origine le plus simple : le phénol.

Les composés phénoliques sont caractérisés par leurs propriétés antioxydants efficaces Ces antioxydants naturels ont la capacité d'améliorer la qualité et la stabilité des aliments et peuvent également mettre fin à des réactions en chaîne des radicaux libres dans les systèmes biologiques. Ainsi donc ils peuvent offrir des avantages supplémentaires pour la santé humaine et aider à réduire le risque de nombreuses pathologies (**Zhao et al, 2014**)

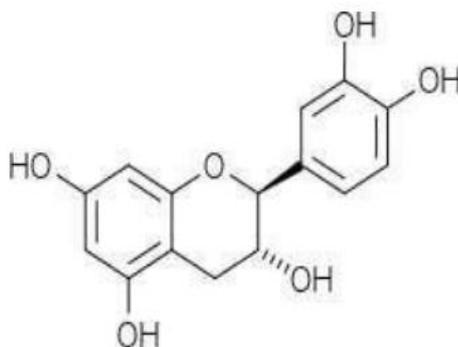


Figure 15: Structure chimiques d'un polyphénol (CHIRA et al., 2008).

III.1.1. La classification des composés phénoliques

HARDMAN, 2014 affirme que les plantes produisent diverses formes de polyphénols, dont plusieurs contiennent des propriétés antioxydantes. Et **Denise et al., 2020.** a classé les polyphénols qu'ils ont tous un ou plusieurs noyaux aromatiques. Ce qui permet leur classification en sous-groupes.

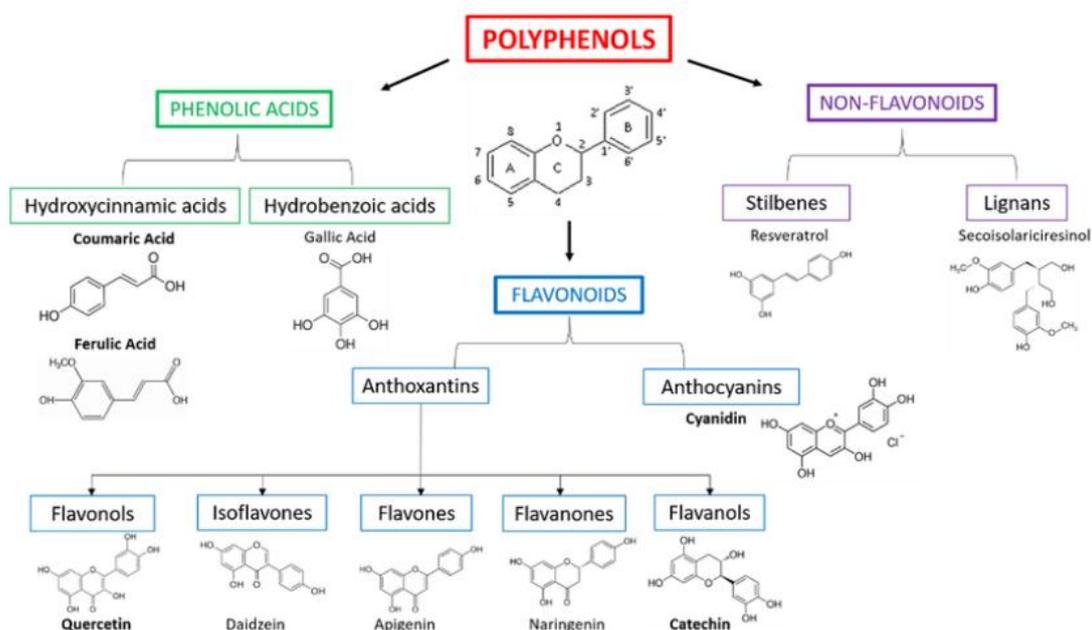


Figure 16: La classification des composés phénoliques (Denise et al., 2020).

III.2. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent la classe la plus abondante des polyphénols. Ils sont caractérisés par la présence du noyau flavane, Chimiquement, ils sont composés de deux cycles phényle (A et B) liés ensemble par un cycle hétérocyclique oxygéné (C), ce qui donne une structure générale d'un squelette à 15 atomes de carbone (C6-C3-C6) (Papuc et al, 2017)

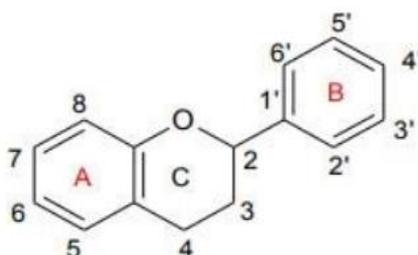
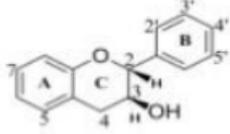
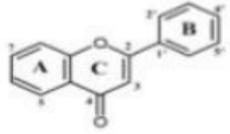
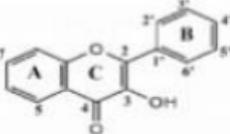
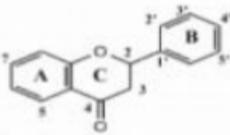
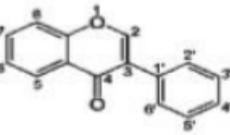
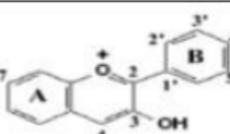


Figure 17: Structure de base des flavonoïdes (ABEDINI, 2013).

Le tableau ci-dessous illustre les principales classes des flavonoïdes avec quelques exemples classés par (ARUOMA et al, 2003).

Tableau 3: Principales classes des flavonoïdes avec quelques exemples.

Classe des Flavonoïdes	Structure générale	Exemple de composés	Substituant
Flavanols		Catéchine	5, 7, 3', 4'-OH
		Epigallocatechine	5, 7, 3', 4', 5'-OH
Flavones		Apigénine	5, 7, 4'-OH
		Lutéoline	5, 7, 3', 4'-OH
Flavonols		Kaempférol	5, 7, 4'-OH
		Quercétine	5, 7, 3', 4'-OH
Flavanones		Hespéritine	5, 7, 3'-OH, 4'-OCH3
		Naringine	5, 4'-OH, 7-RHG
Isoflavones		Biochanin A	5, 7-OH, 4'-OCH3
		Génistéine	5, 7, 4'-OH
Anthocyanidine		Apigénidine	5, 7, 4'-OH
		Malvidine	3, 5, 7, 4'-OH, 3', 5'-OCH3

III.3. Les Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments liposolubles d'après (**Bouzaata,2016**) qui contiennent une chaîne centrale hautement poly-insaturée. La structure de base des caroténoïdes est formée d'une longue chaîne hydrocarbonée en C18 où alternent simples et doubles liaisons portant quatre groupements méthyles, et de cycles en C6 (β -ionone), situés à chacune des extrémités de cette chaîne

Les caroténoïdes peuvent être de couleur rouge, jaune, ou orange et sont largement distribués dans la nature. Plus de 700 caroténoïdes naturels identifiés jusqu'à présent, dont 50 peuvent être absorbés et métabolisés par le corps humain. Cependant, seulement 14 caroténoïdes ont été identifiés dans le sérum humain, dont le lycopène comme étant le plus abondant

III.3.1. Lycopène

Le lycopène est par (Hanh Ph, 2014) un tétra terpène composé de huit molécules d'isoprène avec une structure hydrocarbonée de 11 doubles liaisons covalentes conjuguées et 2 non conjuguées. Sa structure acyclique place le lycopène dans le groupe des caroténoïdes non provitamine A. Le lycopène se cyclise aux deux extrémités pour former du β -carotène. Ces derniers sont généralement constitués de huit unités d'isoprène et ont la structure cyclique caractéristique du groupe de la provitamine A.

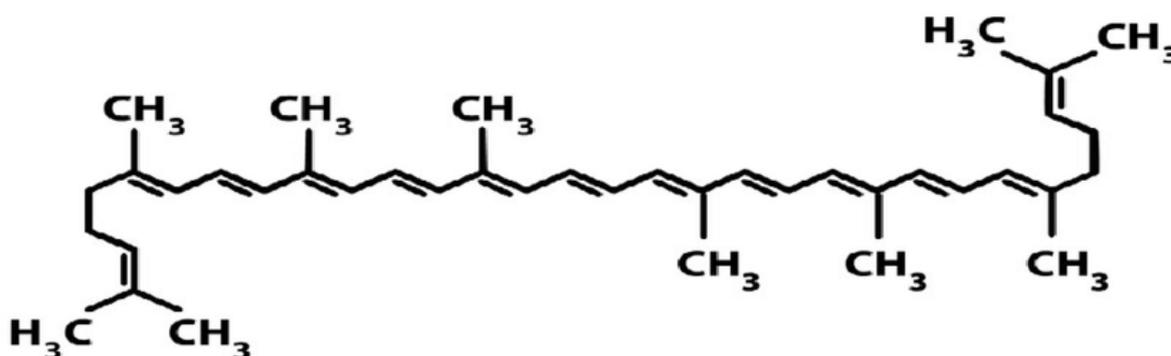


Figure 18: structure chimique de lycopène (Hanh Ph, 2014).

Le lycopène, est l'un des plus puissants antioxydants naturels connus à ce jour. Retrouvé principalement dans la tomate.

III.3.1.1. Bêta-carotène

Le bêta-carotène est un composé organique de couleur rouge-orange et abondant dans les champignons, les plantes et les fruits. C'est un membre des caroténoïdes, qui sont des trapézoïdes (isoprénoïdes) qui sont synthétisés biochimiquement à partir de 8 unités d'isoprène, ce qui signifie qu'ils ont 40 unités de carbone. Parmi les caroténoïdes, le bêta-carotène diffère de la présence de carotène aux deux extrémités de la molécule. Le bêta-carotène est considéré comme un antioxydant et est utilisé pour éliminer les excès qui peuvent être endommagés par les radicaux libres dans le corps (Lekhouimes.S,2022)

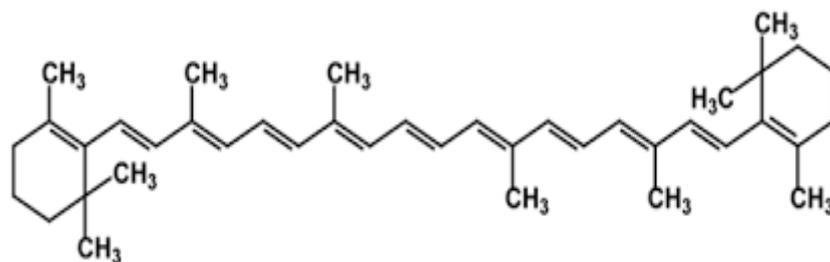


Figure 19: La structure de bêta carotène (LekhouimesS,2022).

IV. Le rôle des antioxydants

Les antioxydants sont nécessaires à notre organisme, car ce sont eux qui neutralisent les radicaux libres du corps. Au cours du vieillissement, la génération de radicaux libres augmente et leur quantité devient supérieure à la capacité des défenses antioxydantes de notre organisme, ce qui entraîne des dommages oxydatifs. On appelle ce phénomène stress oxydatif ou encore vieillissement cellulaire. Ces derniers sont tout simplement de bonnes molécules qui transforment les radicaux libres en produits inoffensifs et réduisent ainsi leurs effets néfastes sur notre santé. Les antioxydants sont essentiels dans notre alimentation chaque jour pour réduire le stress oxydatif dans notre organisme (**Gutowski M et Kowalczyk S ,2013**)

Les polyphénols selon (**Edeas, 2007**) et (**clerivet et al, 2013**) sont des pigments responsables des teintes des différentes parties de la plante Ils jouent un rôle important dans son interaction avec son environnement, en particulier contre les radiations UV (ultraviolet), le stress oxydatif et dans la défense et la résistance des plantes vis-à-vis des agents pathogènes.

V. Les antioxydants de la tomate

La tomate c'est un fruit qui contient de nombreux antioxydant comme les caroténoïdes, le tocophérol, les poly phénols, et l'acide ascorbique.

Pérez-Flores en 2019 explique : « Les tomates sont la principale source d'antioxydants dans le régime alimentaire. On en sait toutefois peu sur leur contenu et leur régulation dans des génotypes de couleurs, formes et tailles différentes. L'association de niveaux plus élevés d'antioxydants spécifiques avec des colorations particulières du fruit de la tomate insinue un « équilibre » entre ces composés » aussi elle déclare que Les tomates constituent une excellente

source d'antioxydants et contribuent de manière significative à la santé humaine en raison de leurs propriétés anti-inflammatoires, anti-allergéniques.

Tableau 4: Principaux antioxydants et l'activité antioxydant des différentes fractions de la tomate (Ramandeep. et. al, 2005).

Fraction	Polyphénol totaux mg/100g	Flavonoïde mg/100g	Lycopène mg/100g	Acide ascorbique mg/100g	Activité antioxydants Um TEAC/100g
Pelure	29.1	20.4	8.7	16.9	212.6
Purée	12.7	8.2	2.8	8.9	81.8
Grain	22.0	12.1	1.6	8.4	114.0

V.1. Les composés phénoliques de la tomate

Les composés phénoliques de la tomate sont des antioxydants actifs expliqué par (Ramandeep et al, 2005) .(Navez et al, 2009) ont parler de l'antioxydants le plus abondant dans le fruit de tomate est l'acide chlorogénique avec une teneur de 3,67 à 21,0 mg/100g dont la concentration est la plus élevée au stade fruit vert une réduction l'acide chlorogénique a été observé au stade avancé de maturité. Par ailleurs, la rutine et des dérivés de l'acide caféïque marque une augmentation dans le fruit mûr avec une teneur de 19,8 à 31,23 mg/100g.

V.1.1. Lycopène

Le lycopène est très important dans la prévention de certaines pathologies expliqué par (Rodriguez-Amaya, 2019 ; Weber et al, 2020) comme un puissant antioxydant capable de protéger les cellules vivantes contre les attaques radicalaires et les dommages oxydatifs permettant la lutte contre les maladies chroniques et prévenir des maladies liées au vieillissement.

D'après (Sawadogo et al, 2015). Le lycopène a suscité beaucoup d'attention ces dernières années en raison de son effet bénéfique pour la santé, telles que la prévention contre le cancer de la cavité buccale, du pharynx, de l'œsophage, de l'estomac, du rectum, de la prostate et du sein.

Dans une étude clinique par (Judy et al, 2002). Ont trouvé que le traitement de patientes souffrant de prééclampsie, à l'aide d'un supplément de lycopène, a réduit l'incidence de prééclampsie, la tension artérielle diastolique et le retard de croissance intra-utérin.

Comme plusieurs auteur (Raikot et al, 2019) ont affirmé l'application du le lycopène en cosmétologie, en industrie alimentaire en tant que colorant.

Tableau 5: L'estimation de l'apport quotidien en lycopène de la tomate et des produits à base de la tomate (Agarwal S. et Rao, AV 2000).

Produits	Portion	Apport en lycopène (mg/jour/sujet)	% de l'apport quotidien recommandé en lycopène
Tomates	200 g	12,70	50,5
Sauce à spaghetti	125 ml	2,44	9,7
Pâte de tomate	30 ml	2,29	9,1
Jus de tomate	250 ml	2,20	8,7
Sauce aux tomates	227 ml	1,52	6,0
Purée de tomate	60 ml	1,02	4,1
Soupe aux tomates	227 ml	0,79	3,1
Sauce à pizza	60 ml	0,66	2,6
Ketchup aux tomates	15 ml	0,53	2,1

Partie II :
Expérimentale

Matériels et méthodes

I. Introduction

Tous ces travaux ont été réalisés au laboratoire physico-chimique de contrôle qualité et de répression des fraudes, Abdelkader Djilali du côté ouest du centre-ville, POS U : 07, Sur El Ghizlane, Province Bouira pendant la période du (22 février au 15 mars 2023) Et également au laboratoire de l'Université de Bouira affilié à la faculté ssv labo 04

Ce travail a pour objectif la caractérisation physico-chimique et l'évaluation de l'activité antioxydante de trois produits industriels à base de la tomate pour comparer la qualité des trois produits vis-à-vis des paramètres suivants : pH, acidité titrable, taux de Brix, résidu sec, cendres dosage des protéines, dosage des glucides et l'activité antioxydante.



II. Méthodes d'analyses physico-chimiques

II.1. Détermination du pH (potentiel Hydrogène)

❖ Principe

La détermination du pH des dérivés de tomate s'effectue électro-métriquement à l'aide d'un pH-mètre, avec une électrode de verre lié à l'activité des ions d'hydronium H^+

❖ Mode opératoire

- ✓ Les échantillons sont d'abord ramenés à température ambiante.
- ✓ On calibre le pH-mètre à l'aide des solutions tampons pH 4 et 7.
- ✓ On rince l'électrode du pH-mètre à l'eau distillée.

- ✓ On Immerge direct l'électrode du pH-mètre dans la boîte de tomate et de ketchup avec une homogénéisation préalable du contenu s'effectue à l'aide d'une spatule.
- ✓ On lit la valeur du pH sur l'écran du pH-mètre lors de l'obtention d'une valeur stable.
- ❖ **Pour la tomate séchée**
- ✓ Mélanger 10 g de la poudre de tomate avec 100 ml d'eau distillée
- ✓ Homogénéiser bien à l'aide d'un agitateur magnétique pendant 20 min, afin d'avoir une solution homogène.

Selon la méthode de journal officiel algérien 02 octobre 2013 N°49

II.2. Détermination de la teneur en cendres

❖ Principe

La teneur en cendre consiste en la destruction de la matière organique par la technique de minéralisation par voie sèche ou calcination qui consiste à brûler l'échantillon dans un four à moufle et de recueillir le résidu minéral gris blanchâtre

❖ Mode opératoire

Afin de déterminer la teneur en cendre :

- ✓ Peser un creuset en porcelaine vide ;
- ✓ Peser un creuset en porcelaine vide avec 2 g d'échantillon ;
- ✓ Placer le creuset dans un four à moufle réglé à 550 °C pendant cinq heures, jusqu'à la destruction totale de la matière organique et l'obtention d'un résidu gris blanchâtre (la matière minérale).

❖ La teneur en cendre est calculée par l'équation suivante

$$\text{Teneur en cendre (\%)} = [(M1 - M2) / M0] \times 100$$

Soit : **M0** : Masse de la prise d'essai (g).

M1 : Masse du creuset après incinération (g).

M2 : Masse du creuset vide (g).

Selon la méthode de journal officiel algérien(JORA) 02 octobre 2013 N°49

II.3. Détermination du taux de matière sèche et l'humidité

❖ Principe

Le principe de cette méthode est faire subir aux échantillons un chauffage de 100 à 105°C pendant 24h dans une étuve ventilée.

La teneur en eau est exprimée en % du poids d'eau par rapport au poids de matière sèche.

❖ Mode opératoire

- ✓ Il faut d'abord peser les creusets en porcelaine vide.

- ✓ Puis ajouté 5g de chaque échantillon dans les creusets peser déjà vide.
- ✓ Le premier séchage dans l'étuve a (70 °C) est pendant 3h.
- ✓ Après les 3h Peser les creusets refroidis dans le dessiccateur.
- ✓ Remettre les creusets dans l'étuve un autre fois pendant 1h.
- ✓ Après un heure faire sortir les creusets de l'étuve et les mettre dans le dessiccateur puis les peser. L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 minutes)

Les résultats sont exprimés comme suit :

$$MS (\%) = (M1 - M2) / P \times 100$$

Avec : M1 : poids de l'échantillon avec la capsule en porcelaine.

M2 : poids après séchage.

P : la prise d'essai.

MS : matière sèche en gramme

En peut déduire le taux d'humidité par l'équation suivants :

$$\% \text{ Humidité} = 100 - MS\%$$

On a suivi la méthode du **journal officiel N°49 2013**

II.4. Détermination du degré Brix (ou l'extrait sec soluble)

❖ Principe

Le degré Brix traduit le taux de matière sèche soluble contenue dans une solution mesurée avec un réfractomètre.

Il consiste à mesurer l'indice de réfraction de l'échantillon préparé à une T° de 20 °C, puis effectuer une conversion de cet indice en résidu sec soluble.

❖ Mode opératoire

- ✓ Nettoyer et sécher le prisme en utilisant l'eau distillée.
- ✓ Appliquer une goutte de l'échantillon préalablement homogénéisé sur une surface du prisme.
- ✓ Rabattre le deuxième prisme sur le premier ce qui permet d'obtenir une couche uniforme du liquide.
- ✓ Orienter le réfractomètre vers une source de lumière : deux zones apparaissent (claire et sombre) la limite entre les deux zones indique la grandeur de la réfraction.
- ✓ La valeur Brix est la valeur lue par le réfractomètre, ce qui nous donne le pourcentage (%) de la matière soluble dans le produit.

Selon la méthode de journal officiel algérien 02 octobre 2013 N°49

II.5. Détermination de l'acidité

❖ Principe

L'acidité de l'échantillon, correspond à la somme des acides organiques et minéraux libres, à savoir l'acide malique, citrique, oxalique et pour déterminer cette acidité il faut faire un titrage à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 N.

❖ Mode opératoire

- ✓ Dans des erlenmeyers peser 25g de chaque échantillon puis ajouté 250 ml d'eaux distillé chaude mélanger bien jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène.
- ✓ Avec un entonnoir et paie wattman filtré le mélange dans une fiole gradué.
- ✓ 25 ml du filtrat est prélevé à l'aide d'une pipette, puis est versé dans un bêcher, 3 a 4 gouttes de phénolphthaléine ont été ajoutés et tout en agitant.
- ✓ Le titrage est fait par une solution d'hydroxyde de sodium 0,1 N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose.

La quantité d'acide citrique dans nos échantillons est déterminée par la formule suivante :

$$\text{Acidité titrable} = ((C \text{ NaOH} * V \text{ NaOH} * 0,064) / \text{Prise d'essai}) * 100$$

II.6. Dosage des chlorures

❖ Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge

Caractéristique du chromate d'argent.

❖ Mode opératoire

- ✓ Mettez 5g de produit de tomate dans l'erlenmeyer.
- ✓ Ajoutez 50 ml d'eau distillée chaude dans l'erlenmeyer contenant le produit de tomate.
- ✓ Mélangez soigneusement la solution pour bien dissoudre le produit de tomate.
- ✓ Filtrez la solution pour éliminer les particules solides.
- ✓ Ajoutez 4 ml de chromate de potassium à 10% au filtrat.
- ✓ Ajoutez également 4 ml de nitrate d'argent.
- ✓ Placez l'erlenmeyer sur une plaque chauffante et faites bouillir la solution pendant 3 à 5 minutes.
- ✓ Après l'ébullition, laissez la solution refroidir.
- ✓ Préparez la burette graduée avec la solution de nitrate d'argent.
- ✓ Commencez le titrage en ajoutant progressivement, goutte par goutte, la solution de thiocyanate de potassium contenue dans la burette graduée à la solution dans le bêcher. Assurez-vous de maintenir la solution en agitation pendant le titrage.
- ✓ Observez la couleur de la solution dans le bêcher. La fin du dosage sera indiquée par un changement de couleur en rouge brique.

- ✓ Notez le volume (V) de la solution de nitrate d'argent versée au moment où le changement de couleur se produit.

$$\text{Teneur en chlorure} = 0.5845(v1-v2*v3) / m*v4$$

V1 volume de nitrate argent

V2 volume thiocyanate de potassium

V3 volume de filtrat par dilution

M masse en gramme de prise d'essai

0.5845 : coefficient de conversion.

II.7. Dosage des protéines solubles

Les protéines sont dosées selon la méthode de **Bradford et al. (1976)**. Le dosage est basé sur la liaison du Bleu de Coomassie G-250 aux résidus d'acides aminés aromatiques présents dans les protéines. L'extraction des protéines a été faite selon la méthode de **Librandi et al. (2007)**. Une aliquote de 0,4 g de l'échantillon et mélanger avec 10 ml d'éthanol 70% durant.24 h

Le surnagent contenant les protéines est récupéré par centrifugation à 5000 tpm/15min. Pour le dosage, à 200µl d'extrait sont ajoutées 2,5 ml du réactif de Bradford. L'absorbance est lue à 595 nm après une incubation de 5min.

La teneur en protéines solubles est déterminée par référence à une courbe d'étalonnage obtenue à partir d'une solution de sérumalbumine bovine BSA (Voir annexe 01).

Les résultats sont exprimés en mg E BSA / 100 gr MS.

Selon la méthode de Bradford et al. (1976).

II.8. Dosage des glucides

❖ Principe

L'Anthrone, d'après **MORRIS(1984)**, réagit avec tous les oses, diosides et polysaccharides, dont notamment l'amidon et les diverses dextrans. Elle paraît aussi, réagir avec les polysaccharides de nombreuses gommés bactériennes. A poids égal, glucose et fructose donnent avec l'Anthrone la même réaction colorée. MORRIS a aussi montré que l'Anthrone développe pratiquement la même couleur pour un composé sucré ou les produits d'hydrolyse de ce composé ; des poids égaux de glucose (sucre en C6), de maltose, de saccharose (diosides) et de glycogène (polyosides) donnent à peu de chose près la même couleur, que ces sucres soient ou non hydrolysés au préalable.

❖ Extraction des glucides

Pour l'extraction des sucres des trois produits à base de la tomate on a pesé 5g d'échantillon puis ajouté 10ml d'eau distillé laissé 15 min à température ambiante. Puis dans une fiole jaugée filtré les extractions pour passer à l'étape suivant.

❖ Mode opératoire

Pour le dosage des glucide totaux 0.5 ml de chaque extrait a été mélanger avec 4.5 ml du réactif d'anthrone préparé. Chauffer le mélange à 80°C pendant 10min. Une coloration verte se développe dont l'intensité est proportionnelle à la quantité des sucres présents dans l'échantillon. L'absorbance est lue à 620nm contre un blanc de gamme.

Les résultats obtenus sont déterminés par référence à une courbe d'étalonnage(Voir annexe 01) obtenue à partir d'une solution de glucose (0.1mg/ml).

Selon la méthode **ROY**, modifiée par Duchateau et **Flokin**. (**Reynes et al.,1996**)

III. Dosage des antioxydants

❖ Extraction des composés phénoliques

Pour l'extraction des composés phénoliques, un 1g de l'échantillon sont introduits dans un bicher, puis 20 ml d'éthanol 92% et 5 ml de l'hexane sont ajoutées. Apré une agitation de 15 min avec l'agitateur magnétique à température ambiante. Filtrer les solutions dans une fiole puis les introduire dans une ampoule à décanter. Les extraits sont récupérés après décantation

III.1. Dosage des composés phénoliques totaux

Le dosage des polyphénols totaux repose sur la méthode de Folin-Ciocalteu. Ce dernier est un réactif composé d'acide phospho-tungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et d'acide phospho-molybdique qui se réduisent, dans un milieu basique, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène par les composés phénoliques. L'intensité de la coloration bleue produite est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans l'extrait.

La méthode de dosage des polyphénols utilisé est celle décrite par **Velioglu et al. (1998)**. Un volume de 200 µl d'extrait est additionné de 750 µl du réactif de Folin-Ciocalteu, après 5 min, 400 µl de carbonate de sodium sont ajoutées. Le mélange réactionnel est laissé à l'obscurité durant 90 min à température ambiante. L'absorbance de la coloration bleue développée est mesurée à 720 nm.

La teneur en polyphénols est déterminée en référence à une courbe d'étalonnage (Voir annexe 01)obtenue avec l'acide gallique (0,02 à 0,1 mg/ml) (annexe 3, figure 7). Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent acide gallique (EAG) par 100 g MS.

Selon la méthode décrite par Velioglu et al. (1998).

III.2. Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes peuvent être dosés en utilisant l'une de leurs propriétés structurales : la chélation des cations métalliques. Dans un milieu contenant des ions Al^{3+} , les flavonoïdes se complexent avec ces cations grâce à leurs groupements hydroxyles, en formant une coloration jaune dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présents dans l'extrait.

La teneur en flavonoïdes est déterminée selon la méthode de **Djeridane et al. (2006)**, qui consiste à mélanger deux volumes égaux d'extrait et de chlorure d'aluminium à 2%. Le mélange est laissé 15 min à l'obscurité, à température ambiante. Après incubation, l'absorbance est mesurée à 430 nm.

La concentration en flavonoïdes est déterminée grâce à une courbe d'étalonnage (Voir annexe 01) réalisée avec une solution de quercétine. Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent quercétine (EQ) par 100 g MS.

Selon la méthode de **Djeridane et al. (2006)**,

III.3. Dosage des caroténoïdes

La majorité des caroténoïdes sont lipophiles, solubles dans les solvants organiques mais insolubles dans l'eau. La classe des carotènes se solubilise facilement dans l'éther de pétrole, l'hexane et le toluène ; la classe des xanthophylles sont solubles dans le méthanol (**Rodriguez-Amaya, 2001**).

Pour l'extraction des caroténoïdes, un 1g de chaque échantillon est introduit dans un bicher, puis 20 ml d'éthanol 92% et 5 ml de l'hexane sont ajoutées. Après une agitation de 15 min avec l'agitateur magnétique à température ambiante. Filtrer les solutions dans une fiole puis les introduire dans une ampoule à décanter. Les extraits sont récupérés après décantation

Le dosage des caroténoïdes est fait par la lecture direct des extraits hexanoïque récupéré par décantation a 450 nm par le Spectrophotomètre.

La concentration en caroténoïdes est déterminée grâce à une courbe d'étalonnage a $y = 259,2x$ réalisée avec du beta carotène. Les résultats sont exprimés en ug d'équivalent beta carotène (E. β .C) par 100 g d'échantillon (ug E β C /100 g).

III.4. Dosage de lycopène et β -carotène

Le lycopène et Le β -carotène ont été déterminés selon une procédure précédemment décrite par les auteurs (Barros et al., 2010), en mesurant l'absorbance à 453, 505, 645 et 663 nm des déférente échantillon, Les contenus ont été calculés selon les équations suivantes :

b-carotene (mg/100g) = $0,216 * A663 - 1,220 * A645 - 0,304 * A505 + 0,452 * A453$;

Lycopène (mg/100g) = $- 0,0458 * A663 + 0,204 * A645 - 0,304 * A505 + 0,452 * A453$, et encore exprimé en mg /100 g.

IV. Evaluation de l'activité antioxydante

IV.1. Détermination du pouvoir antiradicalaire DPPH

L'activité anti-radicalaire des extraits éthanolique des trois produits commerciaux de la tomate a été déterminée en utilisant le radical libre 2,2'-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH°).

En effet, les composés à activité anti-radicalaire piègent le DPPH° en lui cédant un atome d'Hydrogène, ce qui conduit à une décoloration qu'on peut suivre par spectrophotométrie à 517 nm (Popovici et al. 2009). Le protocole décrit par Brand-Williams et al. (1995) a été suivi. Un volume de 100 µl de l'extrait éthanolique est mélangé avec 1 ml de la solution éthanolique de DPPH° (60 µM). Après 30 min d'incubation à température ambiante, l'absorbance est déterminée à 517 nm. Les résultats sont exprimés en pourcentage de réduction du radical DPPH° par rapport à un témoin ne contenant que le solvant d'extraction, selon la formule suivante :

$$\% \text{ Inhibition de DPPH} = (AC - AE / AC) \times 100$$

AC : absorbance en absence de l'inhibiteur (contrôle négatif).

AE : absorbance de la solution contenant l'échantillon.

Selon Le protocole décrit par Brand-Williams et al. (1995)

IV.2. Détermination de l'Activité antiradicalaire contre le radical ABTS+

Dans cette méthode, l'ABTS (2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate) est mis en solution aqueuse avec du potassium persulfate pour générer le radical. Ce dernier est Partie expérimentale Matériel et méthodes 39 stable, coloré et présente une absorbance maximale de $0,7 \pm 0,02$ à 734 nm. Une fois que le radical ABTS+ est formé l'antioxydant pur ou l'échantillon est ajouté et la diminution de l'intensité de la couleur bleu verte du radical cationique traduit son interaction avec un électron ou un hydrogène provenant de l'échantillon antioxydant (Arts et al., 2004).

Le pouvoir anti-radicalaire contre le radical ABTS+ est déterminé selon la méthode de RE et al. (1999). Une solution d'ABTS à 7 mM et 2,45mM de potassium persulfate est préparée dans une fiole jaugée et ajustée jusqu'à 25 ml avec de l'eau distillé. Cette solution est incubée pendant 12-16h minimum à température ambiante. Ce temps permet la formation

du radical ABTS⁺. La solution d'ABTS obtenue est diluée avec de l'éthanol pour obtenir une absorbance finale de $0,7 \pm 0,02$ à 734 nm.

Un volume de 100 μ l d'extrait éthanolique est additionné de 1 ml de la solution d'ABTS⁺. La décoloration par rapport au témoin, contenant l'ABTS⁺ et le solvant (éthanol), est mesurée au spectrophotomètre à 734 nm après 30 min d'incubation à l'obscurité. Le pourcentage d'inhibition du radical ABTS⁺ est déterminé selon la formule suivante :

$$\text{(\% d'inhibition de l'ABTS}^+\text{)} = (\text{AC} - \text{AE} / \text{AC}) \times 100$$

AC : Absorbance du contrôle.

AE : Absorbance de l'échantillon.

Selon la méthode de **RE et al. (1999)**. Avec quelque modification.

V. Analyse statistique

Les résultats de chaque test représentent la moyenne de trois mesures et ont été calculés à l'aide du programme Excel de Microsoft Office 2010. Pour la comparaison des résultats et la mise en évidence des différences significatives entre les échantillons, l'analyse de la variance entre les différents échantillons étudiés est réalisée, à l'aide du test ANOVA-LSD du logiciel STATISTICA 7.0 à un niveau de signification de ($p < 0,05$). L'étude des corrélations est réalisée à l'aide de la statistique élémentaire, en utilisant la matrice de corrélation du logiciel STATISTICA 7.0 à trois différents niveaux de signification ($p < 0,05$; $p < 0,01$ et $p < 0,001$).

Résultats et discussion

I. Caractéristiques physico-chimiques des figues

I.1. Le pH

Le potentiel hydrogène ou Le pH est l'un des paramètres physico-chimiques qui permet d'évaluer la concentration de l'ion hydrogène dans une solution aqueuse.

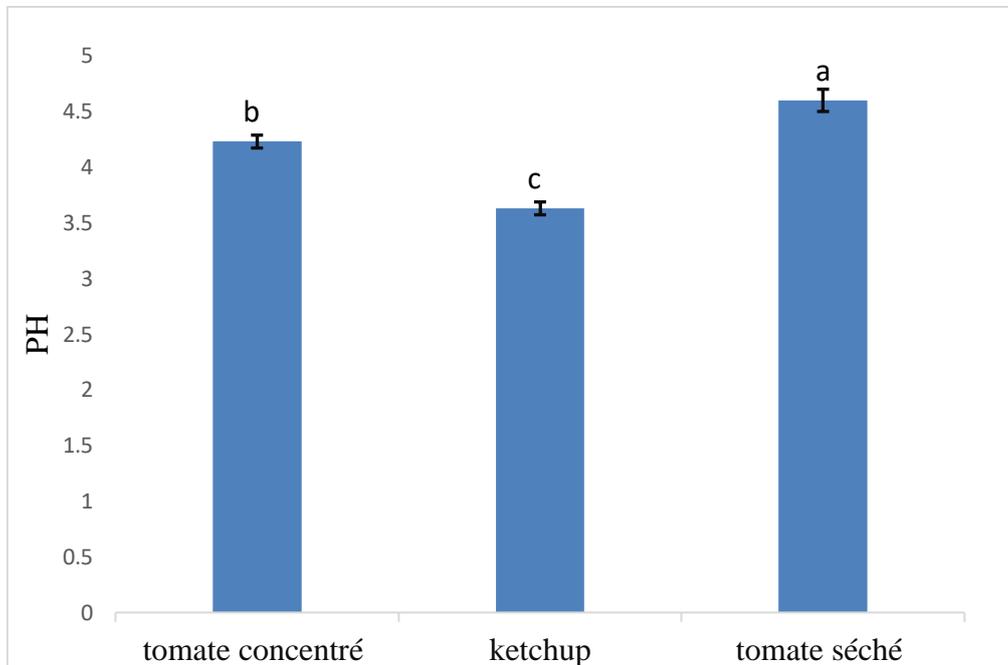


Figure 20: pH des trois échantillons.

- ✓ Les barres verticales représentent les écarts types.
- ✓ Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes test LSD tukey a ($p < 0,05$).
- ✓ $a > b > c$

La figure 20 représente les valeurs de pH mesurées pour le concentré de tomate, ketchup, et la tomate séchée. La tomate séchée montre le pH le plus élevé ($4,6 \pm 0,1$). Le pH le plus faible est celui de ketchup ($3,63 \pm 0,06$), et pour la tomate concentrée ($4,23 \pm 0,06$). une différence significative du pH est enregistrée entre les trois échantillon étudié.

Les résultats de PH de ketchup sont proches a celle obtenu par (Naeem, M. A.2018) avec une valeur de ($3,20 \pm 0,35$). Pour le concentré de tomate nos résultat sont en accorde avec les normes du (Codex Alimentarius ,2013) qui déclare le PH du concentré doit être inférieure a ($4,5$)

Par ailleurs les travaux menés par Campos et al., 2006 sur l'effet de la durée et de la température de séchage sur les caractéristiques de la tomate séchée (*Lycopersicon esculentum*L.) Variété Cochoro, a trouvé Les valeurs de pH pour les tomates séchées

comprises entre (4,3 et 4,4). Les différences enregistrées, sont lié au stade de maturation et des variétés de tomate utilisées lors de la transformation.

I.2. Acidité

L'acidité titrable est une mesure de la concentration totale de l'acide. Dans la titrations avec une base, tous les ions H⁺ sont neutralisés qu'ils soient ionisées ou non l'acidité d'une denrée alimentaire, notamment des fruits, est un paramètre clé qui influence à la fois son acceptabilité par les consommateurs et sa capacité à se conserver. Les acides organiques présents dans les aliments jouent un rôle important dans le développement de la saveur et contribuent également à la conservation en créant un environnement moins favorable à la croissance microbienne.

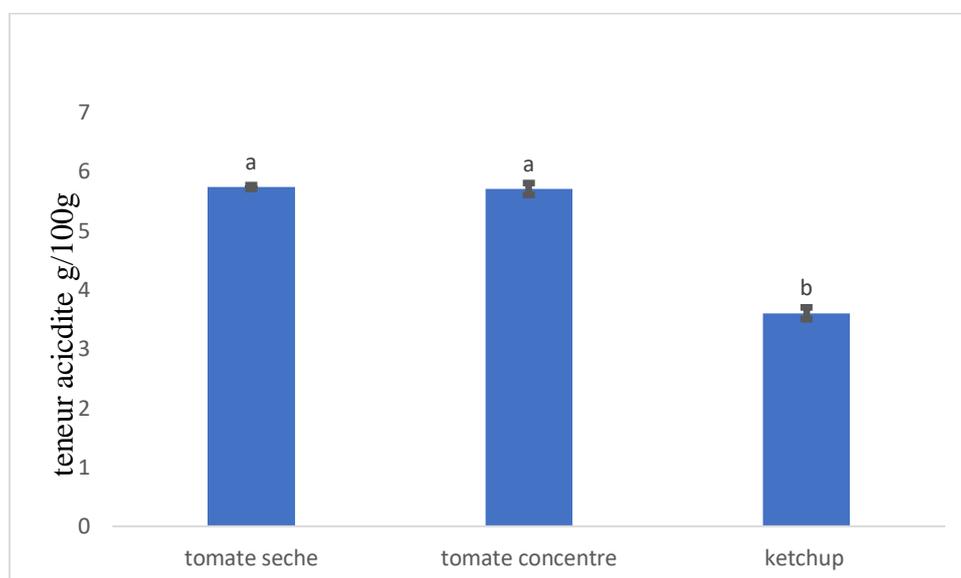


Figure 21: teneur en acidité des trois échantillons.

- ✓ Les barres verticales représentent les écarts types. - Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes test LSD tukey ($p < 0,05$)
- ✓ $a > b$

L'acidité d'un aliment est généralement liée à sa composition biochimique, et la tomate ne fait pas exception. Selon les données de la figure, il semble y avoir une différence d'acidité entre les différents produits.

La tomate séchée présente une acidité d'environ $5,73 \text{ g} \pm 0,03/100\text{g}$. ensuite la tomate concentrée, l'acidité est donnée avec une valeur de $5,7 \pm 0,1 \text{ g}/100\text{g}$ Enfin, le ketchup présente une acidité d'environ $3,6 \text{ g} \pm 0,03/100\text{g}$. L'étude statistique a révélé l'existence de différence significative ($p < 0,05$) entre le ketchup et les deux autres produits la tomate séchée et la

tomate concentrée ont une acidité légèrement plus élevée que le ketchup. Cependant, il est également important de considérer d'autres facteurs tels que le pH, qui peut influencer la perception de l'acidité en bouche

Une étude tunisienne. Mené par **(Refki et al.2018)** constate que le séchage de tomate par lyophilisation donne une acidité de l'ordre de 5.186 ± 0.72 , et le séchage solaire de 3.886 ± 0.34 . Ainsi, ces deux techniques de séchage se caractérisent par des valeurs plus acides en les comparant avec celles d'acidité de la tomate concentrée et la tomate frais. Ceci montre que le séchage solaire et par lyophilisation peut réduire le risque de contamination de nos produits par les microorganismes et par conséquent la prolongation de délai de conservation les tomates sont séchées, leur teneur en eau diminue considérablement, ce qui peut concentrer les acides présents. Cela peut expliquer pourquoi les tomates séchées peuvent avoir une acidité plus élevée que les tomates fraîches.

D'autre étude réalisée par **(Bellili ,Khenouce ,2013)** trouve que l'acidité titrable de la tomate fraîche est de 2,98 g /100 g, et la tomate ayant subi la friture (2,54 g/100 g) et de la tomate cuite au four (2,24 g/100 g) et enfin la tomate grillée (1,99 g /100 g). Les résultats obtenus ont montré que l'acidité titrable a diminué après la cuisson

L'étude réalisée par **(Pandurang, N. et al,2020)** en Jordanie avait pour objectif d'analyser les propriétés physico-chimiques des échantillons de ketchup de tomate disponibles sur le marché local. Les résultats ont montré que l'acidité titrable des échantillons se situait entre 3,2 et 4,01 g/100 g

I.3. Teneur en cendre

La teneur en cendre représente la quantité totale en sels minéraux présente dans l'échantillon. Elle est exprimée en pourcentage (%) par rapport à la matière sèche (MS).

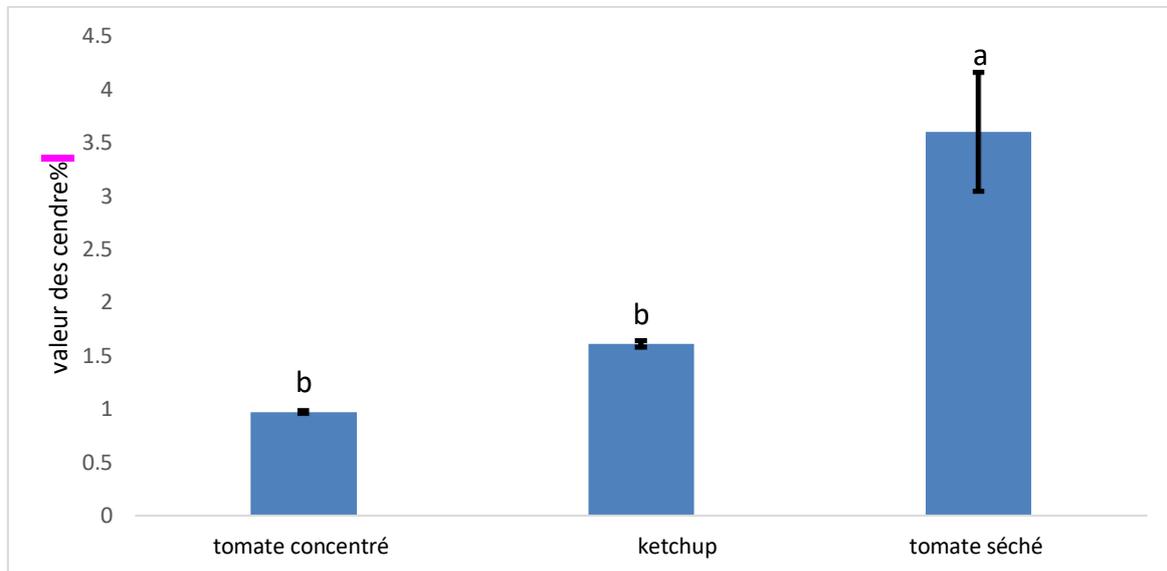


Figure 22: Valeur des cendre des trois échantillons.

- ✓ Les barres verticales représentent les écarts types.
- ✓ Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes test LSD tukey ($p < 0,05$).
- ✓ $a > b > c$

La figure représente les résultats des cendres obtenues pour le concentré de tomate, ketchup, et la tomate séchée. Le taux des cendres le plus élevé est de la tomate séchée (3,6%), le concentré de tomate marque la valeur la plus faible (0,97%), par ailleurs, le ketchup a un taux moyen des cendres qui est de (1,61%), les valeurs sont significativement différentes entre la tomate séchée et les deux autres produits utilisés dans cette étude à niveaux de signification : $p < 0,05$

L'étude de (Abdelrahman.N.2018) sur le Développement du ketchup à partir du sous-produit du karkade rouge comparé avec un ketchup industriel a donné une valeur (de 3.24%) pour le ketchup commercial et (2.24%) pour le ketchup du karkade. De plus, les différences de composition du ketchup de karkade par rapport au ketchup de tomate pourraient être dues aux différences entre les variétés et le type de sol. Pour la tomate séchée, (Momoh et al .2022), a trouvé les valeurs des cendres pour les tomates séchées (3.93%), par rapport à leur étude Analyse comparative sur la nutrition et composition anti-nutritionnelle de Tomates fraîches et séchées.

La tomate contient de nombreux minéraux comme la plupart des fruits et légumes, elle apporte beaucoup de potassium (266,0 mg/ 100g) ce qui fait d'elle une source appréciable de cet important minéral, aussi le magnésium (11mg/100g), le fer(0.4mg/100g), sodium (5mg/100g) ...etc. (tour et savage. 2005)

I.4. Brix

Le Brix est le principal paramètre technologique dans les concentrés de tomate. Il représente le degré de concentration du jus de tomate. Ce paramètre fait l'objet d'une réglementation très stricte (JORA, 1997).

Le Brix est défini comme étant la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé. Cette concentration mesurée à 20°C par l'indice de réfraction est ensuite exprimée par le pourcentage en masse, est mesurée selon une méthode normalisée (NA, 5669) au moyen d'un réfractomètre universel d'Abbe (CEE, 1764/86) (ISO 2173)

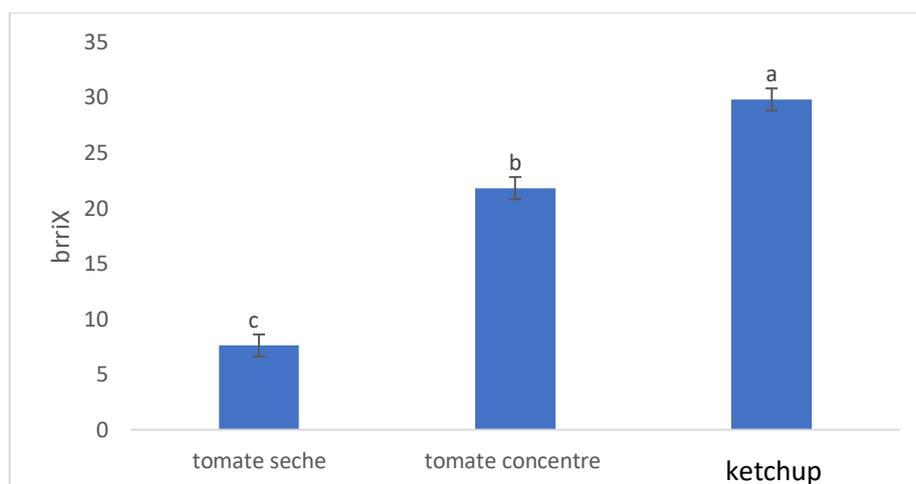


Figure 23: Brix des trois produit.

- ✓ Les barres verticales représentent les écarts types.
- ✓ Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes test LSD tukey ($p < 0,05$)
- ✓ $a > b > c$

les résultats obtenu de la tomate concentrée a un taux de Brix de 21,8+-0.5 % ce qui est inférieur à la teneur en Brix du ketchup 29,8+-0.5 % et de la tomate séchée 40,33+-0.2%. Par conséquent, parmi ces trois produits, la tomate concentrée a effectivement le plus faible taux de Brix. . L'étude statistique a révélé l'existence de différence significative ($p < 0,05$) entre les trois produit la production, la tomate concentrée est généralement obtenue en

réduisant le jus de tomate, tandis que le ketchup peut être élaboré à partir de tomate concentrée ou de double concentré, selon le processus de fabrication spécifique de chaque marque.

Les normes **ISO 2173 (2003)** indiquent qu'un concentré de tomates de bonne qualité doit posséder un indice de réfraction évalué à 22% au minimum.

Selon l'étude de Activité antiradicalaire (**Mehta et al. 2019**), la teneur en solides solubles totaux de la boisson à base de tomate était de $9,9 \pm 0,05$. L'étude a également révélé que le traitement thermique et non thermique n'a pas eu d'effet significatif sur cette teneur en solides solubles totaux ni sur la teneur en sucres de la boisson

(**Aworh et al., 1982**) a signalé que la concentré de tomates à indice de matière sèche soluble de 15% présente une altération de couleur visiblement perceptible. Et que les purées de tomate concentrées au-delà de 20% présentent une texture plus ferme et un goût sucré équilibré avec l'acidité que celles à indices plus faible

Les résultats obtenu par **Bellili et Khenouce. (2013)** montre la tomate ayant subi la friture a affiché un degré brix la plus élevée, avec un pourcentage de 8,33%. Elle est suivie de la tomate cuite au four, qui a affiché un taux de 7,08%, puis de la tomate grillée avec 6,83%. Enfin, la tomate fraîche a présenté le taux de brix le plus bas, avec un pourcentage de 4,23%.

Étude réalise par Paunescu et al. (2016) ont révélé que les échantillons analysés de sauce tomate sont de qualité étaient conformes aux normes de qualité .avec une teneur en matière sèche soluble : $18 \pm 0\%$

I.5. Teneur en chlorure

La teneur en chlorure de sodium exprimée en pourcentage de Na Cl, ce pourcentage est un paramètre de qualité très important dans les produits alimentaire qui permet d'améliorer la saveur du produit.

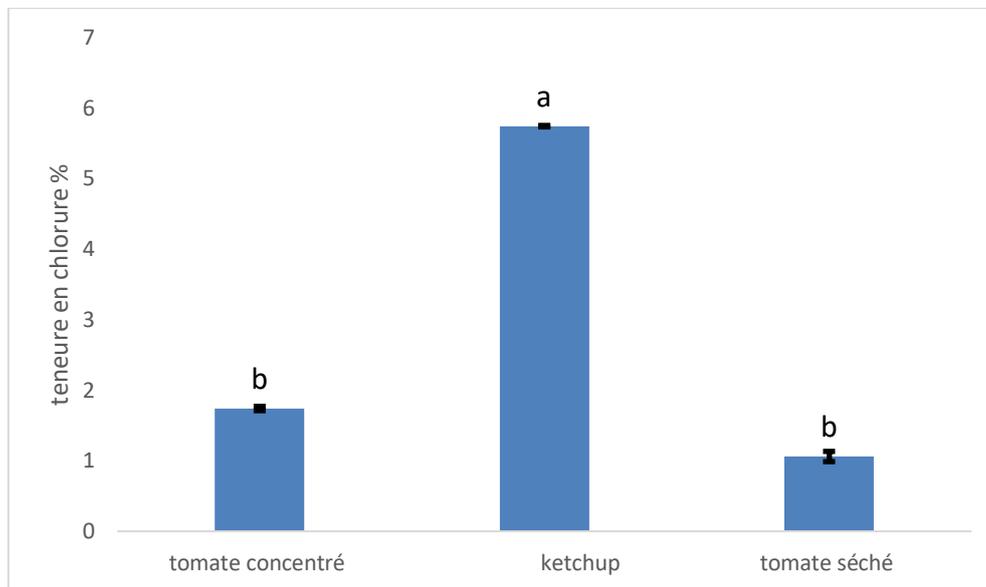


Figure 24: Teneur en chlorure des trois produits.

- ✓ Les barres verticales représentent les écarts types.
- ✓ Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes test LSD tukey ($p < 0,05$).
- ✓ $a > b > c$

La figure 24 représente les valeurs des chlorures de sodium mesurés pour les trois échantillons. Le ketchup montre le taux des chlorures le plus élevé (5,74g/100g MF), par contre Le taux des chlorures le plus faible est celui de la tomate séchée (1,06 g/100g) et pour la tomate concentrée une valeur de (1,74g/100g) a été trouvé.

Des différences significatives sont notées entre le ketchup et les deux autres produits utilisés dans cette étude a niveaux de signification : $p < 0,05$. les résultat de la tomate séchée sont similaire a celle indiqué dans (Ciquel 2017) d'une valeur de (1.6g/100g), pour la tomate concentré et ketchup les résultats sont proche aux normes menées par (AOAC 1976), (2g/100g) pour le concentré et (6g/100g) pour le ketchup.

Une étude réalisée par Bekhet,2013 sur l'Évaluation physicochimique et microbiologique de vingt-quatre échantillons de purée de tomates concentrée dans déférente emballages, la teneur en chlorure des échantillons conditionné dans des boite en verre, des sachets et des boites en fer blanc (boite de conserve) variait respectivement entre (1.73% a 3.4%),

(1.94% a 3.7%) et (0.84% a 2.81%).) A travers ces résultats, nous pouvons prouver que l'emballage est un facteur très important dans la préservation des propriétés nutritionnelles du concentré de tomate.

I.6. Matière sèche

La teneur en matière sèche fait référence à la quantité de matière restante après que toute l'eau a été retirée d'un produit. Elle englobe divers composants tels que les solides, les minéraux, les nutriments et les matières organiques. Ainsi, une teneur en matière sèche plus élevée signifie qu'il y a moins d'eau présente dans l'aliment

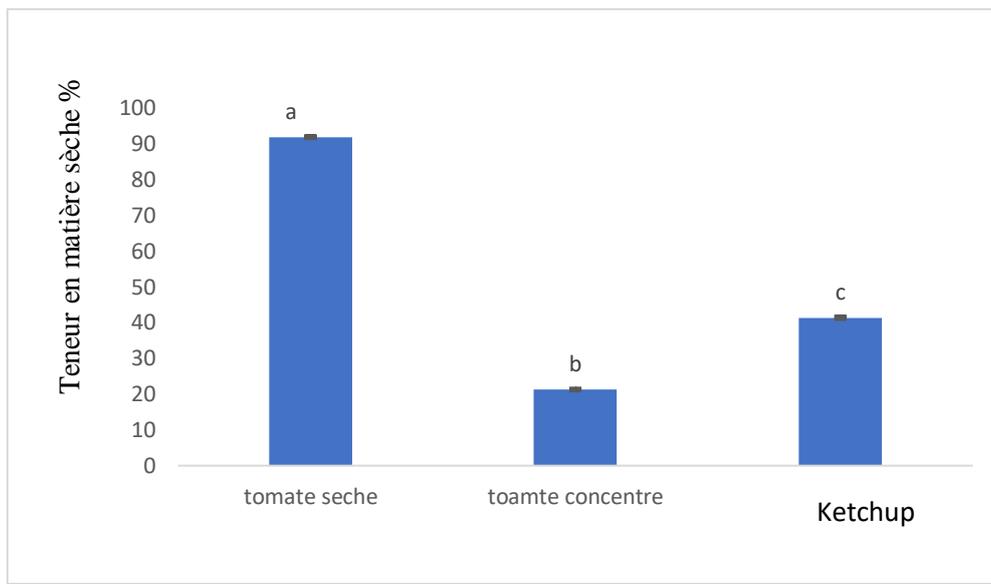


Figure 25: teneur en matière séché des trois produits.

- ✓ Les barres verticales représentent les écarts types.
- ✓ Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes test LSD tukey ($p < 0,05$)
- ✓ $a > b > c$

Selon les résultats de figure, la tomate concentrée a la teneur en matière sèche la plus faible, avec une valeur de 21,26 %. Ensuite, le ketchup a une teneur de 41,35%, ce qui est plus élevée que celle de la tomate concentrée. Finalement, les tomates séchées ont la concentration la plus élevée en matière sèche, avec une valeur de 91,82% L'étude statistique a révélé l'existence de différence significative ($p < 0,05$) entre les trois produits.

La teneur en matière sèche de la tomate varie en fonction de sa variété, de son degré de maturité et des conditions de croissance. En général, la teneur en matière sèche des tomates

fraîches se situe entre 5% et 10%. Cependant, lorsqu'elles sont séchées, la teneur en matière sèche peut augmenter considérablement, atteignant généralement plus de 90%

La teneur en matière sèche peut varier d'un produit à l'autre en fonction du processus de transformation utilisé et des ingrédients ajoutés.

D'autres facteurs tels que la variété de la tomate et les méthodes de culture peuvent également influencer la teneur en matière sèche d'un produit de tomate il existe une relation inverse entre la teneur en matière sèche et la teneur en eau dans une substance donnée. Lorsque la teneur en matière sèche augmente, la teneur en eau diminue.

I.7. Humidité

L'humidité nous permet de rapporter les résultats des constituants biochimiques de la matière sèche, une teneur en eau est faible explique une teneur élevée en matière sèche, cette corrélation négative se manifeste dans nos trois échantillons.

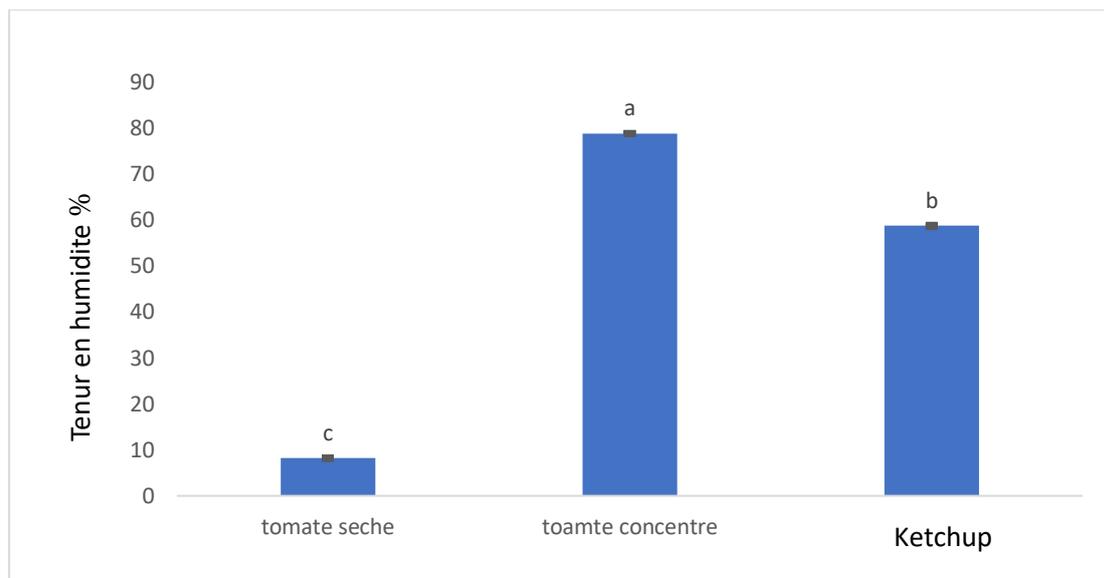


Figure 26: teneur en humidité.

- ✓ Les barres verticales représentent les écarts types.
- ✓ Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes test LSD tukey ($p < 0,05$)
- ✓ $a > b > c$

Les résultats obtenus sur l'humidité des produits étudiés montrent que la teneur la plus élevée en eau se trouve dans la tomate concentrée, avec un pourcentage de 78,74 %. Ensuite, la ketchup présente une teneur en eau de 58,65 %. Enfin, les tomates séchées affichent la plus

faible teneur en eau, avec seulement 8,18%. L'étude statistique a révélé l'existence de différence significative ($p < 0,05$) entre les trois produits

L'étude réalisée par **(Refki et al. en 2018)** sur la valorisation des écarts de triage des tomates géothermiques dans le sud tunisien a révélé que le taux d'humidité des différentes formes de tomates variait. Les résultats indiquent que le taux d'humidité des tomates fraîches était de 97,56%. Pour tomates lyophilisées présentaient un taux d'humidité de 92,01%, tandis que les tomates séchées avaient un taux d'humidité de 92,7%

L'étude réalisée par Patil **(Pandurang N. en 2020)** en Jordanie avait pour objectif d'analyser les propriétés physico-chimiques des échantillons de ketchup de tomate disponibles sur le marché local. Les résultats ont montré que sur quatre échantillon commercial de ketchup trouve que humidité de quatre échantillon varie entre 35,05% et 39,2%

D'après **(sajok,2016)** montre que résultats des analyses physico-chimiques du concentré de tomate indiquent que la teneur en eau dans les cinq échantillons de concentré de tomate varie entre 77,07% et 78,53%. Ces résultats sont conformes aux normes établies pour le concentré de tomate, qui se situent entre 75% et 80% de teneur en eau.

L'étude menée par **(Sohail et al,2011)** portait sur la teneur en humidité des tomates fraîches et son évolution après séchage et stockage. Selon les résultats de l'étude, la teneur en humidité initiale des tomates fraîches était de 94,4%. Après le processus de séchage, cette teneur en humidité a diminué à 8,15%. Au cours des trois mois de stockage ultérieur, la teneur en humidité a augmenté progressivement pour atteindre 9,95%.

La cuisson réduit la teneur en eau des aliments, car la chaleur favorise l'évaporation de l'eau contenue dans les cellules. Différentes méthodes de cuisson peuvent entraîner des pertes d'eau variables en fonction de la durée, de la température et d'autres facteurs de cuisson spécifiques.

La tomate fraîche a un taux d'humidité de 94,60% de son poids total, **(Davies et al. en 1981)**. , après la cuisson, la teneur en eau des échantillons varie considérablement. Les échantillons frits ont une teneur en eau de 84,70%, tandis que ceux cuits au four ont une teneur en eau de seulement 1,53%. Cette perte d'eau est le résultat du traitement thermique auquel les échantillons de tomate ont été soumis, comme l'ont mentionné **(Sahlin et al.2004)**.

I.8. La teneur en protéines

Les protéines alimentaires d'origine végétale occupent une grande part dans l'alimentation humaine même si elles ont une valeur biologique moins importante que celle des protéines d'origine animale. Elles remplissent des fonctions essentielles puisqu'elles

peuvent être des enzymes, des transporteurs de nutriments et mêmes des agents de défense (les anticorps), comme elles peuvent être à l'origine de quelques réactions allergiques (Lacroix, 2008).

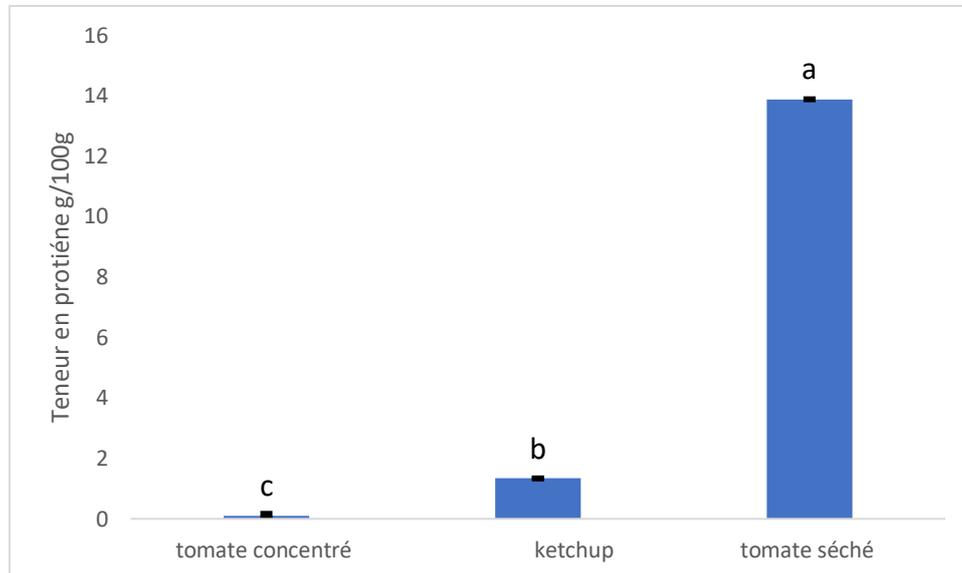


Figure 27: Teneur en protéine des trois produits.

- ✓ Les barres verticales représentent les écarts types.
- ✓ Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes test LSD tukey ($p < 0,05$).
- ✓ $a > b > c$

La figure représente les teneurs en protéine mesuré pour les trois échantillons. La tomate séchée montre la valeur des protéines la plus élevée (13,88g/100g), pour la valeur la plus faible est celle de la tomate concentré (0,096 g/100g), et pour le ketchup (1,34g/100g), des différences significatives notées entre les trois produits utilisés à niveaux de signification : $p < 0,05$

Par ailleurs l'étude menée par (Kumbár, V, 2019) port sur l'évaluation des propriétés rhéologiques du ketchup à la tomate, Cinque échantillon de ketchup ont été prélevé sur la distribution commerciale et un était un ketchup fait maison. Les valeurs des échantillons varient entre (0,8_1,6g/100g), cette différence entre la valeur peut être due à la composition et la matière première utilisée pour la fabrication de ces derniers.

Les tomates séchées au soleil d'après (Harini R et al, 2019) contiennent (148,7g/kg) Cette recherche a porté sur les composants nutritionnels et les antioxydants des tranches de tomates séchées au soleil dans le but de permettre le développement d'un système capable de

retenir la plupart des nutriments. Présent dans les tomates. L'effet des paramètres de durcissement tels que la température de séchage par rapport au temps de séchage.

I.9. Glucide

Les glucides sont les principaux constituants des plantes. Ils entrent dans la composition des fruits en tant qu'élément de structure mais aussi en tant qu'élément métabolique. Cette teneur en glucide peu varier en fonction de différents facteurs : luminosité, température, irrigation et engrais. Le glucose, le fructose et le saccharose sont les principaux sucres du fruit (Bodnar et col, 1994).

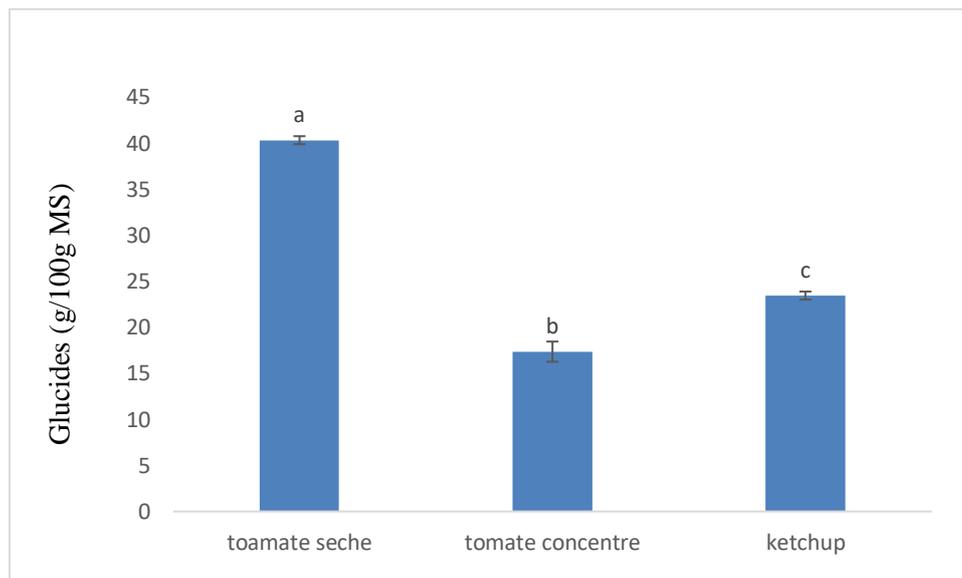


Figure 28: teneur en glucides des trois produits.

- ✓ Les barres verticales représentent les écarts types.
- ✓ Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes test LSD tukey ($p < 0,05$)
- ✓ $a > b > c$

Les sucres représentent. 41 jusqu'à 65% de la teneur en matière sèche des dérivés de tomates et sont majoritairement des sucres réducteurs, principalement du glucose et du fructose en proportions approximativement égales. (CEE, 1764/86).

D'après les résultats obtenu la teneur en glucides la plus faible est observée dans la tomate concentrée avec une quantité de 17,36 g/100 g. Ensuite, la teneur en glucides est plus élevée dans le ketchup avec une quantité de 23,45 g 100 g. Finalement, la teneur en glucides la plus élevée est présente dans les tomates séchées avec une quantité de 40,33 g /100 g. L'étude statistique a révélé l'existence de différence significative ($p < 0,05$) entre les trois produits.

Selon une étude menée par (Bouhadi et al,2021) sur la qualité de la tomate concentrée enrichie en huile d'olive vierge locale a été évaluée. Les résultats ont montré que le taux de sucre total était de 15,28% pour le concentré sans huile et de 15,19% pour le concentré contenant 5 ml d'huile d'olive vierge.

Les résultats de l'expérience menée par (Akhtar et al,2014) démontrent que la poudre de ketchup de tomate séché présente une teneur en sucre totale considérablement plus élevée que celle des trois marques commerciales de ketchup de tomate. Les marques commerciales de ketchup de tomate ont montré des taux de sucre totaux compris entre 22% et 24%, tandis que la poudre de ketchup préparée affichait un taux de sucre total de 67,1%.

II. Dosage des antioxydants

II.1. Les polyphénols

Polyphénols totaux Les composés phénolique totaux en tendance de s'accumuler dans les vacuoles des tissus dermique des plantes et sont séparés des enzymes oxydantes, en raison de leur rôle potentiel dans la protection contre l'oxydation et comme une barrière de défense contre les agents pathogènes et prédateurs. Le dosage des polyphénols totaux donne une estimation globale de la teneur en différentes classe des composés phénoliques contenu au niveau de l'extrait hydro-alcoolique de la poudre de pelures séchées.

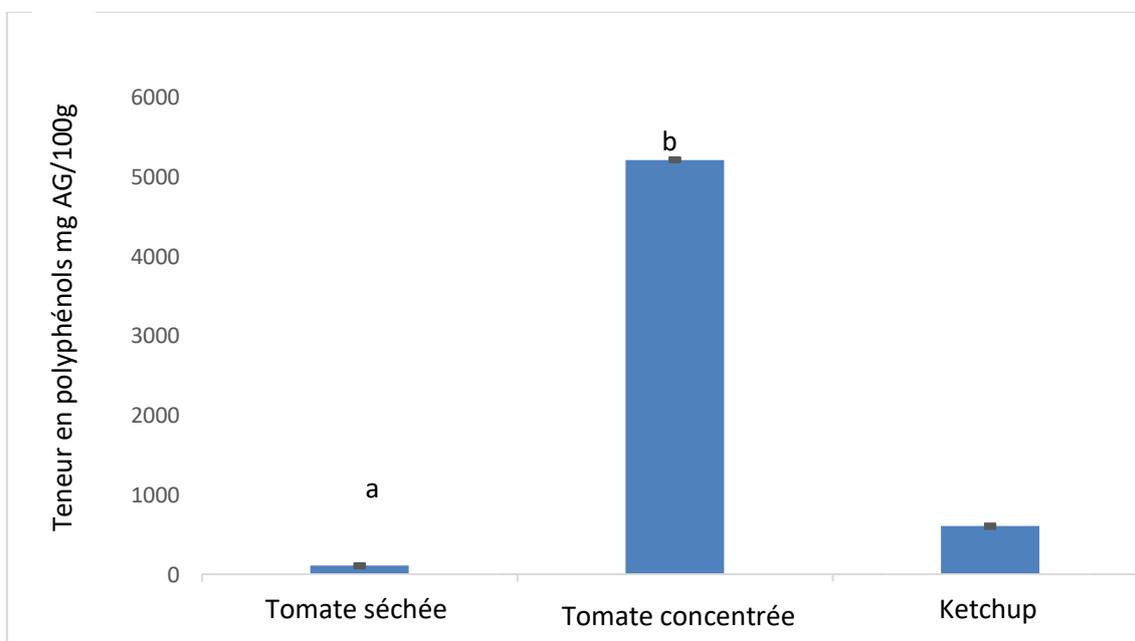


Figure 29: Teneur en polyphénols des trois produits.

✓ Les barres verticales représentent les écarts types.

- ✓ *Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes test LSD tukey ($p < 0,05$)*
- ✓ $a > b > c$

Les résultats obtenus montrent que les tomates séchées ont la teneur la plus faible en polyphénols parmi les trois produits, tandis que le concentré de tomates a la teneur la plus élevée. Le ketchup se situe entre les deux en termes de teneur en polyphénols.

Les résultats de **Outis et Yahia 2016** indiquent que la teneur en composés phénoliques des tranches de tomates séchées varie en fonction de la méthode de séchage utilisée (étuve ou micro-ondes) ainsi que de l'épaisseur des tranches. Pour les tranches séchées à l'étuve, la teneur en composés phénoliques varie de $24,56 \pm 4,60$ à $70,93 \pm 3,38$ mg EqAG (équivalent acide gallique) pour 100 g de matière sèche (MS). En revanche, pour les tranches séchées au micro-ondes, la teneur en composés phénoliques varie de $86,46 \pm 1,35$ à $618,62 \pm 1,71$ mg EAG/100 g MS.

L'étude de Nour et al. 2013 a déterminé la teneur totale en phénols de différentes variétés de tomates fraîches, qui variait de 31,22 mg GAE/100g à 55,78 mg/100g. Cela signifie que différentes variétés de tomates présentaient des teneurs en phénols variables dans cette étude.

Les résultats d'une étude (**Tlahque et al., 2007**) sur l'effet du traitement thermique sur les composés phénoliques et flavonoïdes dans les fruits. Selon les résultats présentés dans les que le traitement par sautage a entraîné une augmentation des phénols et flavonoïdes totaux dans les fruits, avec des concentrations respectives de 48,66 mg équivalents acide gallique (EAG)/100g et 25,25 mg équivalents quercétine (EQ)/100g. En revanche, les fruits traités par ébullition ont montré une réduction significative de ces composés, avec une diminution de 10,33% pour les phénols et de 16,68% pour les flavonoïdes.

Toutefois, **McDougalla et al. (2010)** ont montré que les teneurs en composés phénoliques totaux, des pétioles de rhubarbe, sont liées aux types de cuisson de ces derniers. En effet, les pétioles de rhubarbe cuits à la vapeur et dans l'eau bouillante ont enregistré des teneurs élevées en composés phénoliques totaux par rapport aux pétioles crus. Alors que, la cuisson au four micro-onde a montré l'inverse

La cuisson ou l'exposition à de fortes températures provoquent une diminution de la teneur en polyphénols totaux de la plupart des fruits et légumes (**Ngoh Neewilah et al., 2005**), en parallèle, les polyphénols peuvent subir une oxydation ou une condensation avec la lysine (**Bernard et carlier, 1992**). (**Roy et al. 2007**) ont rapporté que la cuisson de certains légumes à une température de 100°C (10 à 30 min) affecte leur teneur en composés phénoliques et leur

activité antioxydante. Cependant, un chauffage modéré (50 °C pendant 10 à 30 min) préserve 80-100% de polyphénols et de leur activité antioxydante.

(**Turkmen et al. 2005**) ont constaté une augmentation de la teneur en polyphénols, dans l'haricot vert, le poivron et le brocoli, qui est probablement liée à l'élévation du taux de flavonols libres après traitement thermique. Inversement, une réduction de la teneur en composés phénoliques a été décelée dans les épinards, petits pois et le poireau, qui est expliquée par la dégradation de ces composés durant la cuisson.

Une autre étude, menée par (**Asami et al. 2003**), a examiné les pertes en polyphénols pour la pêche dans différents scénarios de pelage. Les résultats indiquent que le pelage entraîne en moyenne une perte de 40% des polyphénols. Dans le cas d'un pelage manuel, la perte est d'environ 35%, tandis que dans le cas d'un pelage caustique (utilisant de la soude), la perte est d'environ 49%.

L'étude menée par (**Fleuriet A en 1976**) portant sur l'évolution des composés phénoliques dans les fruits de tomates cerise a révélé que ces fruits connaissent une augmentation des composés phénoliques, en particulier des monophénols, tout au long de leur croissance et de leur maturation. Ils contribuent à la formation de pigments responsables de la couleur des fruits, tels que les flavonoïdes, les anthocyanes et les caroténoïdes. En plus de leur rôle dans la coloration des fruits, les composés phénoliques apportent également des bénéfices pour la santé en raison de leurs propriétés antioxydantes

II.2. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des pigments ayant un rôle important dans la croissance et la défense de la plante. Certaines activités biologiques telles que les activités anti-inflammatoire, antiallergique, anti-tumorale et immuno-modulatrice sont attribuées aux flavonoïdes. Comme ils peuvent inhiber quelques enzymes comme la lipoxigénase, la xanthine oxydase, la phospholipase, etc. (**Pietta et al., 2003**). Ce qui est relié directement à leur grand pouvoir antioxydant. Ces composés sont apportés essentiellement par les fruits et légumes.

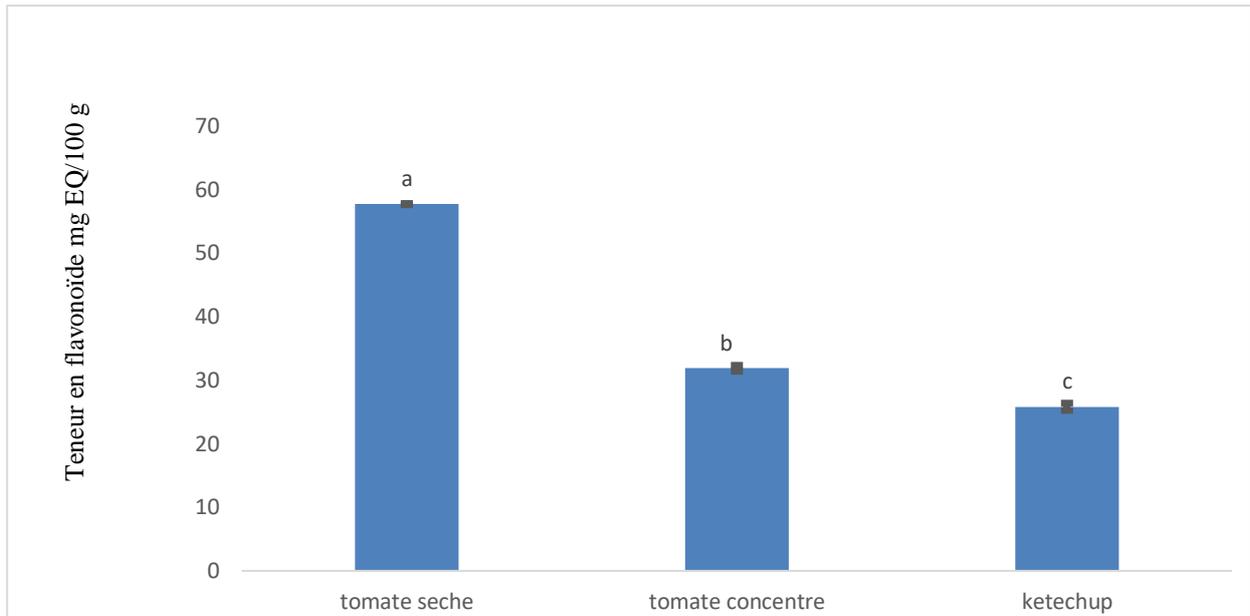


Figure 30: dosage des flavonoïdes des trois produits.

- ✓ Les barres verticales représentent les écarts types.
- ✓ Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes test LSD tukey ($p < 0,05$)
- ✓ $a > b > c$

D'après les résultats du dosage des flavonoïdes dans les trois produits montre que les tomates séchées (a) ont la teneur en flavonoïdes la plus élevée, avec 57,7 mg EQ/100 g. Ensuite, le concentré de tomates (b) présente une teneur de 31,87 mg EQ/100 g. Finalement, le ketchup a la teneur en flavonoïdes la plus faible, avec 25,82 mg EQ/100 g. Cela signifie que les tomates séchées contiennent la plus grande quantité de flavonoïdes par rapport aux deux autres produits. Le concentré de tomates à une teneur inférieure, et le ketchup présente la teneur la plus faible en flavonoïdes parmi les trois avec une différence significative ($p < 0,05$).

Les résultats de l'étude de (Toor et Savage 2005) indiquent que la majorité des flavonoïdes présents dans les tomates fraîches se trouvent dans la peau et les pépins, avec des concentrations de $20,4 \pm 0,61$ mg ER/100g et $12,1 \pm 1,18$ mg ER/100g respectivement. En revanche, la pulpe de la tomate présente la plus faible quantité de flavonoïdes, mesurée à $8,2 \pm 0,37$ mg ER/100g. Ces résultats expliquent pourquoi les concentrés de tomates ont des teneurs relativement faibles en flavonoïdes, car lors du processus de fabrication du concentré, la peau et les pépins sont généralement retirés, laissant principalement la pulpe.

Des études réalisées par (Amanda et al., 2022) les produits à base de tomates, tels que le jus de tomate et la purée de tomates, peuvent contenir des quantités plus élevées de flavonols que

les tomates fraîches. le jus de tomate contient environ 14 à 16 µg/mL de flavonols, tandis que la purée de tomates contient environ 70 µg/g fw (poids frais).

Il est également noté que la plupart des produits à base de tomates contiennent des quantités importantes de flavonols libres.

Les résultats de (Bellili et Khenouce 2013) sur de des concentrations en flavonoïdes montrent que la tomate frite présente la concentration la plus élevée en flavonoïdes parmi les échantillons. Elle contient 20,77 mg d'équivalents de quercétine pour 100 grammes d'échantillon. La tomate grillée contient la deuxième concentration la plus élevée avec 14,42 mg EQ/100 g Ech, suivie de la tomate cuite au four avec 10,51 mg EQ/100 g Ech. La tomate fraîche présente la concentration la plus faible en flavonoïdes parmi les échantillons étudiés, avec 7,09 mg EQ/100 g

II.3. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont, les pigments les plus répandus dans la nature, d'après (A.V. Rao et L.G. Rao.2007) ils ont des propriétés bénéfiques pour la santé humaine. Son rôle biologique réside également dans la prévention et éventuellement le traitement des maladies humaines chroniques, et il possède également des propriétés antioxydantes.

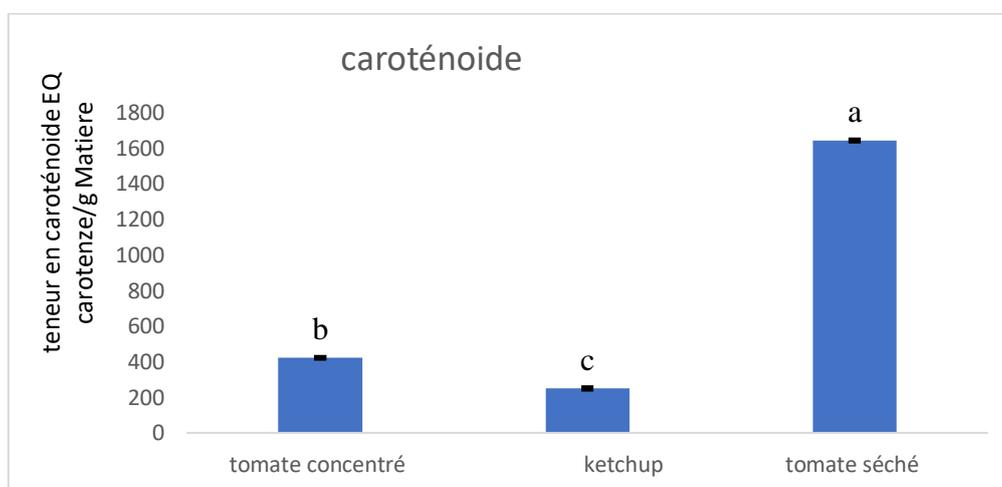


Figure 31: Teneur en caroténoïdes des trois échantillons.

- ✓ Les barres verticales représentent les écarts types.
- ✓ Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes test LSD tukey ($p < 0,05$).
- ✓ $a > b > c$

Les résultats de la figure montrent que le pourcentage de caroténoïdes dans les tomates séchées est significativement supérieur à celui de ketchup et concentré avec une la valeur (1642.231.92 ug EβCarotènes/100g), cependant le ketchup a marqué une valeur relativement

faible ($249.48 \pm 2.94 \mu\text{g E}\beta\text{-Carotènes /100g}$) d'une autre part la tomate concentrée a marqué une valeur médiane de ($421.81 \pm 1.11 \mu\text{g E}\beta\text{Carotène/100g}$) de teneur en caroténoïde.

Les résultats des caroténoïdes obtenus sont différents de ceux rapportés par (**Aksoylu, Ö et al.2020**) qu'ils ont étudié certaines propriétés physiques et chimiques des pelure et graines de la tomate, qui sont les déchets de cette plante et qui contiennent de nombreux composants nutritionnels actifs, ces propriétés ont été étudiées pour déterminer sa pertinence en tant qu'agent de renforcement. Ils ont trouvé ($2720 \pm 0.47 \mu\text{g E}\beta\text{C/100g}$) de caroténoïde dans les déchets de la tomate, cette différence peut être due à la concentration des caroténoïdes dans les déférente partie de la tomate.

(**Schulz H. et al .2006**) ont réalisés une étude sur la détermination rapide des caroténoïdes dans les tomates et les produits à base de tomates par la méthode de chromatographie en phase liquide à haute performance (CLHP).dans lequel ils ont trouvé ($53,36\text{--}128,60\text{mg/100gMF}$) de lycopène et ($0,40\text{--}2,80\text{mg/100g MF}$) de β -carotène pour la purée de tomate , Cette différence peut être liée également aux différentes méthodes de détermination des caroténoïdes totaux et les déférent solvant utilisé l'or de l'extraction des caroténoïdes

II.4. Le lycopène

Le lycopène c'est l'un des caroténoïdes les plus présents dans les tomates, il joue un rôle très importants dans sa coloration. Les plus importants et les plus connu des caroténoïdes est le lycopène et la β -carotène.

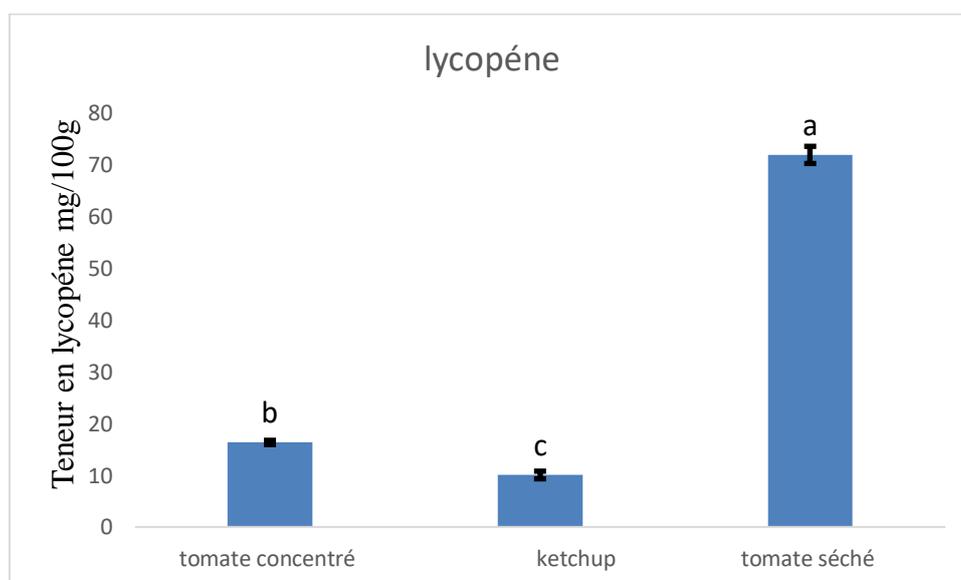


Figure 32: Teneur en lycopène des trois échantillons.

✓ Les barres verticales représentent les écarts types.

✓ *Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes test LSD tukey ($p < 0,05$).*

✓ $a > b > c$

La figure représente la teneur en lycopène mesuré pour les trois échantillons. La tomate séchée montre une différence significative élevée (71.84mg/100g) en lycopène, à $p < 0,05$ par rapport aux ketchup (10.03mg/100g) et tomate concentrée (16,32mg/100g).

Nos résultats sont différents à celle de (**Tonucci, IH et al .1995**) qui a trouvé dans ces études qui porte sur la Teneur en caroténoïdes des produits alimentaires à base de tomates traités thermiquement des produits alimentaires à base de tomates de marque achetés dans trois grandes villes américaines, les caroténoïdes ont été identifiés et quantifiés individuellement par HPLC des valeurs de (55mg/100g) de pour la tomate concentrée. Cette différence peut être liée également aux conditions de croissance de fruits, et de nombreux facteurs, notamment la maturation, la chaleur et la variété utilisée, peuvent influencer la concentration de lycopène. Aussi à la méthode utilisée pour la quantification de cet caroténoïde.

(**Marques ,C et al.2015**), (**Basuny ,M.2012**) et (**Thies ,F et al.2012**) ont réalisé des études sur Teneur en lycopène des tomates et des produits à base de tomates transformées, tel que tomate fraîche, jus de tomate purée de tomate, pâte de tomate et ketchup, les teneurs en lycopène enregistrés ont respectivement (0.72_20mg/100g), (5_11.60mg/100g), (16.67_34.7mg/100g), (5.40_150.00mg/100g) et (9.90_17.00mg/100g). les différence entre les valeur est due aux différence traitements et étape que le produits a subit lors de la transformation.

II.5. La teneur en B-carotène

Le bêta-carotène est un composé organique de couleur rouge-orange et abondant dans les champignons.

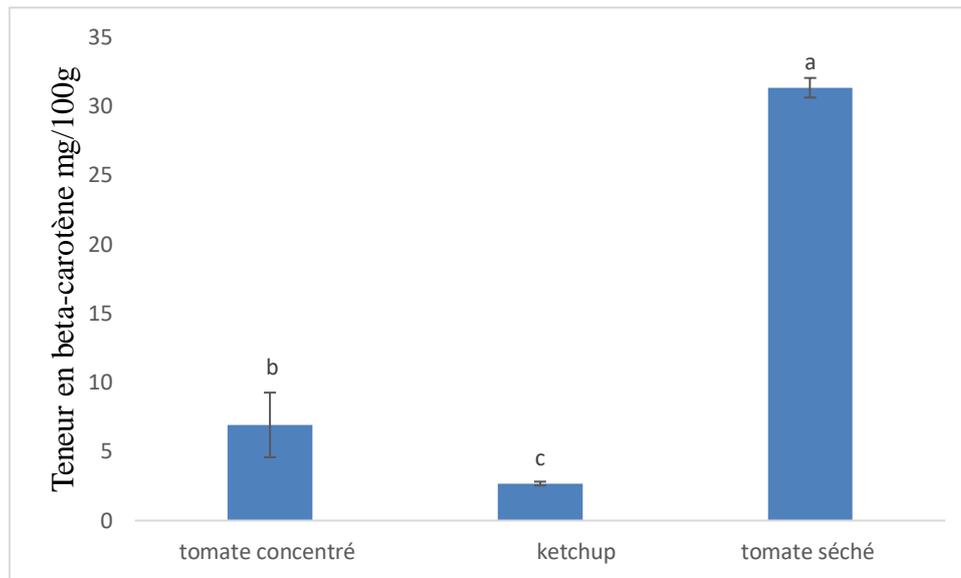


Figure 33: Teneur en bêta-carotène des trois produits étudiés.

- ✓ Les barres verticales représentent les écarts types.
- ✓ Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes test LSD tukey ($p < 0,05$).
- ✓ $a > b > c$

La figure 33 représente la teneur en β -carotène dosés pour les trois échantillons. La tomate séchée montre la valeur la plus élevée (31.32 ± 0.71 mg/100g) de β -carotène, pour la valeur la plus bas est celle de la ketchup (2.68mg/100g), et pour la tomate concentrée on a trouvé une valeur de (6.92mg /100g) de teneur en β -carotène.

Les résultats de notre étude ont des valeurs significativement différentes à $p \leq 0.05$, nos résultats restent différents des résultats rapportés par l'étude de (Michelline. A et al 2012) sur un essai de conservation de la tomate par la technique de la déshydratation imprégnation par immersion (DII). Les essais sont réalisés sur 3 lots lot I (tomate entière avec épicarpe), lot II (tomate sans épicarpe), lot III (tomate séchée), La solution osmotique a été préparée à des concentrations variables avec le sel de cuisine, les échantillons sont conservés dans des boîtes en verre avec la solution d'imprégnation. Pour le teneur en β -carotène, une variation très prononcée allant de 105,91 mg/100 g pour les tomates fraîches à 68,74 mg/100 g pour les tomates sans épicarpe, puis à 12,55 mg/100 g à la fin de la DII. En ce qui concerne la β -carotène, cette perte est due à l'oxydation qui semble être une réaction particulièrement impliquée dans l'évolution de produits séchés (Toor et Savage, 2006).

II.6. Activité antiradicalaire DPPH+

La méthode DPPH est employée couramment pour déterminer l'activité antioxydante des composés phénoliques purifiés ainsi que des extraits de plantes naturels (**Fukumoto et Mazza, 2000 ; Brand-Williams et al., 1995**).

Les composés antioxydants peuvent neutraliser ce radical en lui donnant un électron. La réaction l'antioxydant avec le radical DPPH est convertie en une forme non radicalaire (suppression de la forme libre radical), qui se détecte par la diminution de l'absorbance, qui est proportionnelle à l'activité du antioxydant, et est exprimé en pourcentage de DPPH inhibition radicalaire.

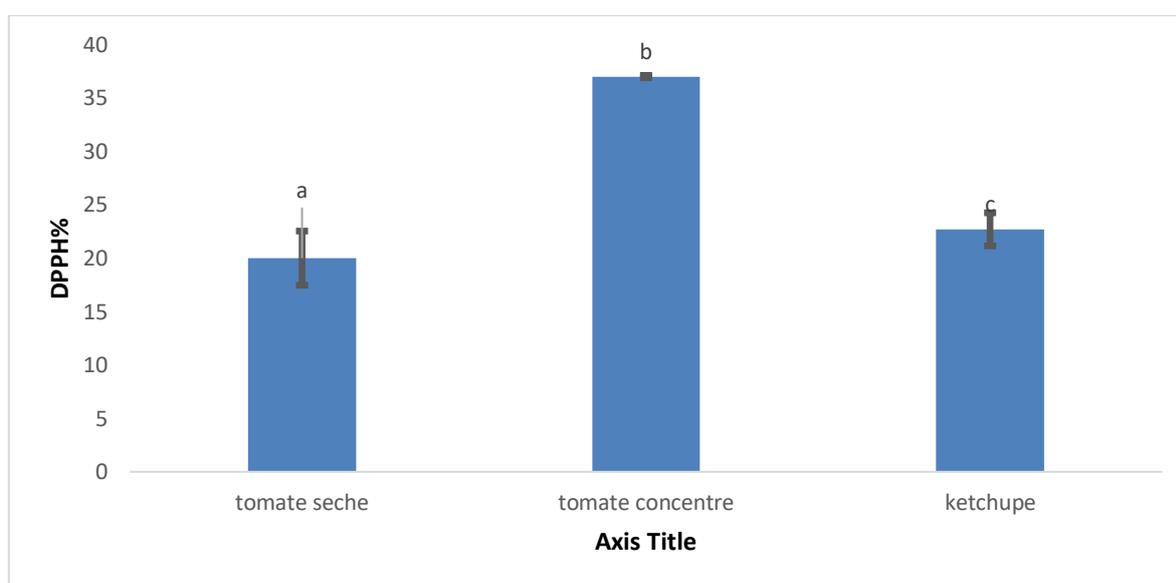


Figure 34: Activité antiradicalaire DPPH des trois produits.

- ✓ Les barres verticales représentent les écarts types.
- ✓ Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes test LSD tukey ($p < 0,05$)
- ✓ $a > b > c$

D'après les résultats de l'activité antiradicalaire mesurée par la méthode DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) dans les trois produits montre que les tomates séchées (a) présentent la plus faible activité antiradicalaire, avec un pourcentage d'inhibition de 20%. Ensuite, le concentré de tomates affiche une activité antiradicalaire de 37%. Finalement, le ketchup présente un pourcentage de 22,7%. Analyses statistique montre une différence significatif ($p < 0,05$) entre les trois produit

Il e l'activité antiradicalaire est fortement positivement corrélée avec la présence de composés phénoliques avec coefficient de corrélation ($r=0.98$). Les antioxydants primaires

agissent comme des composés anti-radicalaires pour inhiber l'initiation et arrêter la propagation des réactions en chaîne d'oxydation. Les antioxydants secondaires agissent par suppression des facteurs de formation des radicaux libres (**Lim et al., 2007**)

Cela signifie que plus la teneur en composés phénoliques est élevée, plus l'activité antiradicalaire est importante

(**Selimović et al., 2023**) il a été observé que les échantillons de tomates déshydratés à des températures plus basses présentaient des valeurs plus élevées d'activité de piégeage du radical DPPH⁺. Cela signifie que la déshydratation à des températures plus basses a préservé les composés phénoliques responsables de l'activité antioxydante dans les tomates (**Faller et Fialho 2009**) ont enregistré une diminution de l'activité antiradicalaire de quelques légumes après leur cuisson, suite à une dégradation des composés antioxydants par la chaleur. D'après ces auteurs, la cuisson conduit à la réduction de la capacité antioxydante de la plupart des légumes

(Igual et al. 2012) ont enregistré une augmentation significative de l'activité des abricots de 2,4% à 3,8%, après séchage. Les auteurs ont considéré que l'augmentation de l'activité est due à la formation après séchage de nouveaux composés actifs tel que les produits de la réaction de Maillard. Il est important de noter que la teneur en polyphénols totaux de l'abricot frais était de 16,6 mg EAG/100 g. Après séchage, cette teneur augmente jusqu'à 81 mg EAG/100 g, ce qui a été expliqué par l'interférence du réactif de Folin avec le sulfite ajouté aux échantillons au cours du séchage

II.7. Activité antiradicalaire ABTS

Le test ABTS est la méthode spectrophotométrique la plus populaire car elle est simple, rapide, sensible et reproductible. Sa réaction implique un processus de transfert d'atomes d'hydrogène et d'électrons (**Re et al., 1998**). L'activité anti-radicalaire est considérée comme étant la capacité des composés testés à diminuer directement la couleur du radical ABTS. Le contacte avec un donneur d'électron du radical ABTS conduit à la décoloration de la solution du bleu foncé en bleu vert (Lien et al., 1999).

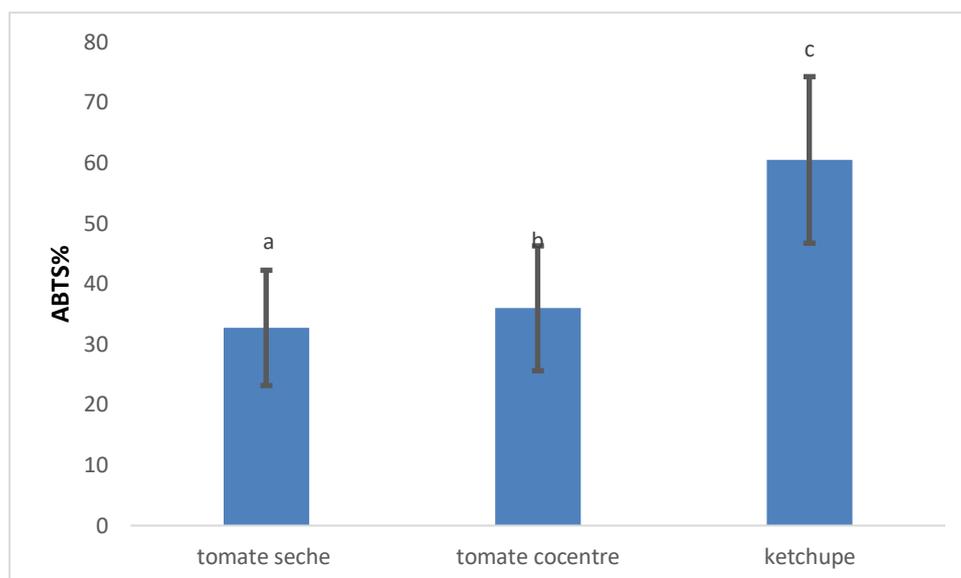


Figure 35: Activité antiradicalaire ABTS.

- ✓ Les barres verticales représentent les écarts types.
- ✓ Les lettres différentes indiquent des valeurs significativement différentes test LSD tukey ($p < 0,05$)
- ✓ $a > b > c$

Selon les résultats de l'activité antiradicalaire mesurée par la méthode ABTS, de trois produits montrent que les tomates séchées présentent la plus faible activité antiradicalaire, avec un pourcentage de 32,7%. Ensuite, le concentré de tomates affiche une activité antiradicalaire de 35,94%. Finalement, le ketchup présente la plus forte activité antiradicalaire avec un pourcentage de 60,48%. Ces résultats indiquent le niveau d'activité antiradicalaire des produits, élevée est le ketchup qui présente la plus grande capacité à neutraliser les radicaux libres par les antioxydant, suivie par le concentré de tomates, tandis que les tomates séchées ont la plus faible activité antiradicalaire parmi les trois produits. Selon (**Dewante et al 2002**) les fruits et légumes transformés peuvent conserver leur activité antioxydante malgré la perte de vitamine C., il est démontré que le traitement thermique a augmenté l'activité antioxydante totale et la teneur en lycopène bioaccessible dans les tomates et n'a produit aucun changement significatif dans la teneur totale en composés phénoliques et en flavonoïdes totaux

III. Corrélations

Quelques paramètres présentent des interactions positives entre eux, et d'autres interagissent négativement. Les résultats des corrélations obtenus pour les trois produit a base de tomate sont représentés dans la table de corrélation.

Les corrélations les plus marquées ont été obtenues entre les flavonoïdes et les protéines. Par ailleurs, les protéines présentent une corrélation très élevée avec les composés phénoliques, comme l'indique le coefficient de corrélation de ($r = 0,80$) mentionné dans l'étude de De la Rosa et al. (2010). Cette corrélation suggère une relation entre les protéines et la synthèse des flavonoïdes.

Les composés phénoliques sont des molécules présentes dans de nombreux organismes vivants, y compris les plantes, où ils jouent un rôle important dans la défense contre les pathogènes, les réponses aux stress environnementaux et d'autres processus biologiques. Les enzymes responsables de la synthèse des composés phénoliques et des flavonoïdes sont de nature protéique, ce qui signifie qu'elles sont composées de chaînes d'acides aminés, les unités constitutives des protéines.

Les composés phénoliques présentent des corrélations marquées et hautement significatives avec l'activité antiradicalaire et l'activité antioxydante des aliments. Ces résultats indiquent l'importance des composés phénoliques dans la promotion de la santé et suggèrent que la consommation d'aliments riches en ces composés peut contribuer à réduire les dommages oxydatifs dans l'organisme.

L'étude menée par (Zhang et Hamauzu, 2004) a révélé une corrélation positive entre l'activité anti-radicalaire et la teneur en composés phénoliques dans les extraits éthanoliques de carotte. Le coefficient de corrélation obtenu était de $r = 0,99$. Cela suggère qu'il existe une forte relation linéaire entre ces deux variables.

Aussi, autre corrélation remarquable entre caroténoïde et lycopène avec coefficients de corrélation $r = 1$ ainsi que les caroténoïdes et le bêta-carotène $r = 1$. Bien que le lycopène et le bêta-carotène soient tous deux des caroténoïdes, il est important de noter que tous les caroténoïdes ne sont pas des lycopes ou du bêta-carotène.

Des corrélations linéaires positives ont été trouvées entre la teneur en flavonoïdes, le lycopène et les caroténoïdes des trois produits avec des coefficients de corrélation de 1 ; 1 et 0,99, respectivement.

Une corrélation positive entre les glucides et la teneur en extrait sec $r = 1$ signifie qu'il existe une relation directe entre la teneur en glucides et la matière sèche dans ces produits. L'extrait sec est une mesure de la matière sèche présente dans un échantillon, tandis que les glucides sont un groupe de nutriments qui fournissent de l'énergie. Les glucides peuvent faire partie de l'extrait sec, mais l'extrait sec peut contenir d'autres composants en plus des glucides.

Tableau 6: Table de corrélation des résultats des trois produits de tomate

	Polyphénol	Flavonoïde	DPPH	ABTS	Caroténoïde	Lycopène	Bêta-carotène	PH	Cendre	Brix	Extrait sec	Chlorure	Protéine	Glucide	Humidité	Acidité
Polyphénol	1.00															
Flavonoïde	-0.41	1.00														
DPPH	0.98***	-0.41	1.00													
ABTS	-0.26	-0.59	-0.25	1.00												
Caroténoïde	-0.48	1.00***	-0.47	-0.54	1.00											
Lycopène	-0.50	1.00***	-0.49	-0.53	1.00***	1.00										
Bêta-carotène	-0.46	0.99***	-0.44	-0.52	1.00***	0.99***	1.00									
PH	0.09	0.85**	0.09	-0.75*	0.82	0.81**	0.83***	1.00								
Cendre	-0.73*	0.88**	-0.68*	-0.24	0.92***	0.92***	0.91***	0.58	1.00							
Brix	0.25	-0.98***	0.23	0.66	-0.97***	-0.96***	-0.97***	-0.92***	-0.81**	1.00						
Extrait sec	-0.78*	0.89**	-0.76*	-0.27	0.92	0.93***	0.91***	0.55	0.97***	-0.80**	1.00					
Chlorure	-0.43	-0.64	-0.43	0.79*	-0.59	-0.57	-0.61	-0.92***	-0.27	0.77*	-0.2	1.00				
Protéine	-0.64	0.96***	-0.62	-0.42	0.98	0.98***	0.97***	0.70*	0.96***	-0.90***	1.0***	-0.42	1.00			

Glucide	-0.77*	0.90***	- 0.76*	-0.28	0.94	0.94***	0.92***	0.56	0.97***	-0.81**	1.0***	-0.25	0.98***	1.00		
Humidité	0.78*	-0.89**	0.76*	0.27	-0.93	- 0.93***	- 0.91***	0.55	- 0.97***	0.80**	-1.0***	0.24	- 0.98***	-1.00	1.00	
Acidité	-0.13	0.23	-0.15	-0.03	0.22	0.22	0.17	0.21	0.27	-0.19	0.2	-0.12	0.23	0.21	-0.2	1.00

(*) Corrélacion significativa (p<0,05).

(**) Corrélacion hautement significative (p<0,01).

(***) Corrélacion très hautement significative (p<0,001).

Conclusion générale

Conclusion

La tomate est un « légume-fruit » très consommé dans le monde après la pomme de terre, Peut être utilisé frais ou transformé. Grâce à ses vitamines (C, A et de nombreuses vitamines B) et sa richesse en minéraux (notamment potassium, magnésium et phosphore), il joue un rôle bénéfique dans notre alimentation. L'industrie de la transformation de la tomate est l'une des activités importantes de l'industrie agro-alimentaire car elle en dépend et se développe pour la production de concentrés, de sauces, de jus et de conserves. Compte tenu de son importance économique, il a fait l'objet de nombreuses études scientifiques. Ce travail est consacré à l'étude comparative des paramètres physico-chimiques de trois produits commercialisés (tomate séchée, ketchup simple et concentré de tomate) et à l'évaluation de leur activité antioxydante.

La présente étude nous a permis de déterminer l'impact de différentes méthodes de transformation de tomate (tomate séchée ketchup et simple concentré) sur les paramètres physico-chimiques, et on trouve l'humidité varie de 8.18 à 82,36%, le pH présente des valeurs allant de 4,75 à 5,83 et l'acidité est comprise entre 3.6 et 5.7g/100 g Les cendres varient entre 0.97 à 3.6 % . La composition en nutriments est aussi influencée par les procédés de transformation. Les glucides totaux forment la plus grande part du produit ; leur teneur varie entre 17.36 et 40.33 g/100 g, et la majorité des glucides se présentent sous forme de sucres totaux. Les dérivés produits de tomate issues des variétés analysées contiennent de faibles teneurs en protéines solubles (0,09 à 13.8 g/100 g).. Les métabolites secondaires font aussi partie importante dans la composition des produits à base de tomate. Des teneurs en composés phénoliques totaux sont détectées dans les différents produits , allant de 106mgEAG/100g pour tomate séchée 604.18mgEAG/100g tomate concentré 5213.96mg EAG/100 g. La teneur en flavonoïdes varie entre (57.5mgER tomate sèche 31.87mgER/100g pour tomate concentré et 25.5 mg ERg/100g pour ketchup . La teneur de caroténoïde des trois échantillons présente une teneur largement élevée : 1651.91(µg/g) pour la tomate sèche . Par tomate concentré (2.46,88µg/g) et le ketchup (420,87µg/g), la teneur en lycopène la plus élevée avec 71,84 mg /100g pour tomate séchée . En revanche, la tomate ketchup affiche la plus basse teneur en lycopène, avec 10,03 mg/ 100 g. Quant à la tomate concentrée, sa teneur en lycopène s'élève à 16,32 mg / 100 g.

Les différentes méthodes de transformation influencent aussi l'activité antioxydante des produits. L'activité anti-radicalaire DPPH varie entre 20 et 37%. Et ABTS entre 32.2 et 60.48%.

L'analyse des corrélations a révélé la présence de plusieurs liaisons positives très hautement significatives entre les différents paramètres analysés. Les composés phénoliques sont positivement corrélés avec l'activité antiradicalaire DPPH ($r=0.98$) et une corrélation positive existe entre les caroténoïdes et le lycopène ($r=0.81$) et le β -carotène ($r=0.83$). Aussi, une autre corrélation hautement significative existe entre les flavonoïdes et les caroténoïdes ($r=0.98$). Une corrélation négative très marquée est observée entre les glucides et la teneur en eau ($r=-0.1$). Aussi, une corrélation négative est observée entre les protéines et la teneur en eau ($r=-0.98$).

En guise de perspectives, il serait souhaitable de réaliser des analyses sur d'autres produits à base de tomates, afin de comparer les niveaux de lycopène et d'autres composés nutritionnels entre différents produits.

L'utilisation de la poudre de tomate comme agent liant dans l'industrie pharmaceutique présente un potentiel intéressant, en raison de ses composés bioactifs bénéfiques pour la santé. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour optimiser les méthodes de séchage et évaluer l'impact sur les propriétés des composés présents dans la tomate.

Caractériser le lycopène dans les produits à base de tomate en utilisant des techniques plus avancées, telles que l'HPLC (chromatographie liquide à haute performance), afin d'obtenir des mesures précises et fiables de la teneur en lycopène.

Réaliser des études sur les effets d'interactions emballage-produit

Mesurer la teneur en minéraux et en vitamines dans les différentes variétés de tomates étudiées, afin d'évaluer leur profil nutritionnel global et d'identifier les variétés riches en ces composés bénéfiques pour la santé.

Références bibliographiques

- ABEDINI A. (2013). Evaluation biologique et phytochimique des substances naturelles d'*hyptisatorubens* Poit. (Lamiaceae), sélectionnée par un criblage d'extraits de 42 plantes ; diplôme de doctorat ; université de Lille ; France
- Agarwal, S, Rao, AV: *Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases*. Can Med Am J 163:739, 2000
- Agarwal, S, Rao, AV: *Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases*. Can Med Am J 163:739, 2000.
- Akhtar, 2014 Preparation of Instant Tomato Ketchup Powder and Comparison of its Physiochemical Composition with Different Brands of Tomato Ketchup Available in Market Saeed Akhtar, Javid Ali, Farhat Ali Khan, Bilal Javid, Said Hassan and Sudhair Abbas -Pakistan
- Aksoylu Özbek Z, Çelik K, Günc Ergönül P, Hepçimen AZ. 2020. A Promising Food Waste for Food Fortification: Characterization of Dried Tomato Pomace and Its Cold Pressed Oil. J Food Chem Nanotechnol 6(1): 9-17
- Alhagdow, M., (2006). Caractérisation fonctionnelle de la GDP-D-MANNOSE- 3,5-EPIMERASE ET GALACTONO-1,4-LACTONE DESHYDROGENASE, enzyme de la voie de biosynthèse de la vitamine c
- Amel Selimović et al 2017 et al Antioxidant Activity of Tomato Powder Dehydrated at Different Temperatures
- Amel Selimović¹ , Sabina Merzić² , Amila Mušić³ , Almina Huskić⁴ , Halid Junuzović⁵ , Amra Selimović⁶ 1,2,3,4Department of Food technology, University of Tuzla, Faculty of Technology, Tuzla, Bosnia and HerzegovinaAntioxidant Activity of Tomato Powder Dehydrated at Different Temperatures
- Anonyme, 06 10 2022, GUIDE DE BONNES PRATIQUES DE PRODUCTION DES TOMATES SECHÉES TUNISIENNES, Tunisie, 1ère édition : Février 2022
- Barros, L., Carvalho, A.M., Ferreira, I.C.F.R., 2010. Leaves, flowers, immature fruits and leafy flowered stems of *Malva sylvestris*: a comparative study of the nutraceutical potential and composition. Food Chem. Toxicol. 48, 1466–1472.
- Basuny MAM. Les effets anti-athérogènes du lycopène. Dans : Frank S, Kostner G, éditeurs. Lipoprotéines - Rôle dans la santé et les maladies. Londres : IntechOpen ; 2012. pages 489-506. DOI : 10.5772/48134
- Beecher GR., 1998. Nutrient content of tomatoes and tomato products. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 218:98–100.

- BENAMEUR, C. BESSIOUD, K.et. HAMAMDIA. R (2021). *Étude comparative de la qualité physico-chimique de la tomate en conserve commercialisée en Algérie.* (Mémoire de master). Université 08 mai 1945.Guelma
- Benard C., Gautier H., Bourgaud F., Grasselly D., Navez B., Caris-Veyrat C., Weiss M., Genard M. (2009)."Effects of Low Nitrogen Supply on Tomato (*Solanum lycopersicum*) Fruit Yield and Quality with Special Emphasis on Sugars, Acids, Références bibliographiques Ascorbate, Carotenoids, and Phenolic Compounds." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57
- Benard C., Gautier H., Bourgaud F., Grasselly D., Navez B., Caris-Veyrat C., Weiss M., Genard M. (2009)."Effects of Low Nitrogen Supply on Tomato (*Solanum lycopersicum*) Fruit Yield and Quality with Special Emphasis on Sugars, Acids, Références bibliographiques Ascorbate, Carotenoids, and Phenolic Compounds." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57
- Benard, C., (2009). Etude de l'impact de la nutrition azotée et des conditions de culture sur le contenu en poly-phénols chez la tomate. Thèse de doctorat. Nancy Université-INRA Agronomie et Environnement. 265p.ez la tomate. Thèse de doctorat .université de Bordeaux 1. 245p.
- Bernier, V. et Lavoie, D, « consultation en nutrition », STA Health Care Communications, Volume16, numéro 12, Décembre 2001, <http://www.stacommunications.com/journals/leclinicien/archive2002.html>(consulté le dimanche 12 mars 2023,à,13:56:31)
- Berthouzoz, J., (2009), « validation des points de maitrise pour la production de ketchup », (160),p(10).
- Blancard D., Laterrot H ., Marchoux G et Candresse T . (2009). Les maladies de la tomate : Identifier, connaître, maîtriser. Éditions QUAE c/o INRA RD 10 78026 Versailles cedex.paris, France. pp 18 -30, 679p
- Boss.I.P.L. (2002). Etudes des activités biologiques fagara xanthoxyloides LAM (Rutaceae).Thèse de Pharmacie, Bamako. 133.
- Bouzaata Ch. (2016). *Valorisation des sous-produits de quatre variétés de tomate industrielle (*Solanum esculentum* L) dans l'Est algérien.* Thèse en vue de l'obtention du diplôme de doctorat, université Badji Mokhtar – Annaba. Pp8-9, 94p

- Brémaud C., Claisse J.-R., Leulier F., Thibault J., & Ulrich E. 2008. Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rural. Educagri éditions. pp: 68-70 ; 76- 110
- Brigitte, N., Michel, L., et Nadia, B., (2011). *Tomate qualité et préférence*. Paris.271p.
- Brigitte, N., Michel, L., et Nadia, B., (2011).Tomate qualité et préférence. paris.271p
- Briquitté. N. 2009, Tomate qualité et performance, les connaissances sur les mécanismes qui déterminent les facteurs de qualité et des conseils pratiques 2000.
- Calvo MM., Garcia ML., Selgas MD., 2007. Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel. Meat Science xxx. P125.
- Campos, C.A.B., Fernandes, P.D., Gheyi, H.R., Blanco, F.F., Goncalves, C.B. & Campos, S.A.F. (2006). Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. Scientia Agricola. 63 (2):146- 152.
- Chader. H, Laabadla. F. 2016, Etude des paramètres physico-chimiques et technologiques du concentré de tomate au cours de processus de transformation du TCT, Master de l'Université 08 Mais 1945
- CHIRA K., SUH J.H., SAUCIER C., et TEISSEDRE P.L. (2008). Les polyphénols du raisin. Phytothérapie, 6(2), pp : 75–82.
- Chloe. C. 2014, Liens entre organisation des filières et transferts nutritionnels : le cas du double concentré de tomate en tunisie, Master, UMR 1110 MOISA, MONTPELLIER-INRA.
- CLERIVET A., ALAMI I., BRETON F., GARCIA D. et SANIER C. (2013). Les composés phénoliques et la résistance des plantes aux agents pathogènes. Acta Botanica Gallica. pp : 2166-3408.
- CODEX STAN 57-1981 en 1981. Révisée en 2007, 2017. Amendée en 2013.
- Coombe, B., (1976). The Development of Fleshy Fruits. Annual Review of Plant Physiology, 27:207- 228.
- Davies J. N et Hobson G. E. (1981). The constituents of tomato fruit--the influence of environment, nutrition, and genotype. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 15(3), 205-280
- Denise B., Francesca F., Angela F., Bruno S., Ylenia Z. & Rossella Di S. (2020). Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties of Cherry Extract: Nano systems-Based Strategies to Improve Endothelial Function and Intestinal Absorption. Foods ; 9 : 207-22.

- Di Lorenzo C., Francesca C., Simone B., Creina S. & Patrizia R. (2021). Polyphenols and Human Health: The Role of Bioavailability; *Nutrients*; 13: 273.
- Djilali BOUHADIa, *, Ahmed HARIRIa , Zouaoui BENATTOUCHEa ,Fatima SAHNOUNIb , Nebia BOUZIDIc , Hamza BELKHODJA Évaluation des caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles du concentré de tomate enrichi par l'huile d'olive vierge
- Dudez P., Thémelin A., Reynes M., (1996). *Le séchage solaire petite échelle des fruits et légumes* : expériences et procédés. Édition du Gret, Paris ; 157 p
- EDEAS M. (2007). Les polyphénols et les polyphénols de thé. *Phytothérapie*. 5, pp : 264- 270.
- EL AOUNI, B.2015. Les processus de double concentré de tomate et les contrôles qualités au sein de la société Aicha. Licence Sciences et Techniques. UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH.FES
- Fao Stat. 2013, Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- Fleuriet A. et Macheix J. (1977). Effect des blessures sur les composés phénoliques des fruits de tomates cerise (*Lycopersicum esculentum* var. *cerasiforme*). *Physiol Veg*,15, 239-25
- France C. (2001). la tomate :Un guide indispensable comprenant une liste complete de variétés et plus de 160 délicieuses recettes. éditions manise France. pp6, 256p
- Fukumoto, L.R., Mazza, G., (2000). Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compound. *J. Agric. Food Chem*, 48: 3597-3604.
- Grasselly D, Navez B, Letard M. (2000). Tomate, pour un produit de qualité. 112.
- Guillouty A. (2016). Plantes médicinales et antioxydants, thèse pour le Diplôme d'état de Docteur en Pharmacie- Université Toulouse III Paul Sabatier.
- Gutowski Mariusz, Kowalczyk Slawomir.2013. A study of free radical chemistry: their role and pathophysiological significance.6(1), pp:1-16
- Haems P.M. (2013). Vitamines. Copyright Medical Web Services..
- hali a, a , « la tomate séchée :un puissant antioxydant aux vertus préventives ! » le saviez vous , 22 fivrier 2023, <https://www.mangeonsbien.com/savoir-plus/le-saviez-vous/tomate-sechee-puissant-antioxydant-aux-vertus-preventives/>,consulté le 03 marc 2023,à 19:50:47

- Hanh, Ph. (2014). Utilisation des caroténoïdes naturels de Momordique cochinchinensis (gac) comme composés santé : extraction et bio activité en fonction de l'origine et du procédé. Thèse. Université de Bourgogne, France.
- HARDMAN W.E. (2014). Diet components can suppress inflammation and reduce cancer risk. *Nutrition Research and Practice*, 8(3), 233.
- Harini R, Tejas Muthal, Chidanand DV and Sunil CK.2019.Study on physiochemical quality characteristics of tomato slices dried using innovative drying system. *International Journal of Chemical Studies*. 7(3): 4719-4723
- Igual M., García-Martínez E., Martín-Esparza M.E. et Martínez-Navarrete N. 2012. Effect of processing on the drying kinetics and functional value of dried apricot. *Food Research International*. (47): 284-290.
- JORA, 1997. - JORA. (1997). Arrêté interministériel du 24 août 1997 relatif aux conserves de purée de tomate, *Journal Officiel de la République Algérienne n°77*: pp 26.
- Judy L., Hughes J., Colette NM., Sanner S. (2002). Antioxidant in food : a summary of the review conducted for the Food Standards Agency British Nutrition Foundation *Nutrition bulletin* , 27 : 227 – 236
- Khelifi, A., et Mellal, A., 2015. Comportement morpho-physiologique et biochimiques de deux variétés locales de tomate lycopersicon esculentum Mill (Guelma,Isma) sous contrainte hydrique. Mémoire de master, université 8 mai 1945 GUELMA. 62p
- Lacroix M. 2008. Variations qualitatives et quantitatives de l'apport en protéines laitières chez l'animal et l'homme : implications métaboliques. Thèse pour obtenir le grade de docteur d'Agro Paris Tech.
- Lenucci M. S., Cadinu D., Taurino M., Piro G., and Dalessandro G., 2006. Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54 : 2606-2613
- Lenucci, M.S., Cadinu, D., Taurino, M., Piro, G., and Dalessandro, G., (2006). Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 2606-2613.
- Louis, M. (2021). *Caractérisation des Propriétés Physicochimiques et Sensorielles de la Tomate (Lycopersicum esculentum Mill.) Cultivée dans la Zone de Mostaganem.* (Mémoire de master). Université Abdelhamid Ibn Badis.Mostaganem.

- MADR., 2018 - (Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural) , Direction des statistiques . P21
- Marques C, Lima M, Oliveira J., Lycopène de tomate : Propriétés fonctionnelles et bienfaits pour la santé. Académie mondiale des sciences, de l'ingénierie et de la technologie, International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering. 2015 ;9(10):1089-1099. DOI : 10.5281/zenodo.1109297
- Matos.H.R. R, (2000). *protective effect of lycopene on lipide peroxidative DNA* Arch Bioch Bioph.383. (1): 56-59
- Mc Dougalla G. J., Dobson P. et Jordan-Mahy N. (2010). Effect of different cooking regimes on rhubarb polyphénols. Food Chemistry. 119: 758-764.
- Michelline AGASSOUNON DJIKPO TCHIBOZO, Selma GOMEZ, Fidèle Paul TCHOBO, Mohamed M. SOUMANOU et Fatiou TOUKOUROU.2012. Essai de conservation de la tomate par la technique de la déshydratation imprégnation par immersion (DII). Int. J. Biol. Chem. Sci. 6(2) : 657-669.
- Mohd Nor, N. Z. N., Kormin, F., Mohamad Fuzi, S. F. Z., & Abu Bakar, M. A. L. (2018). Comparison of Physicochemical, Antioxidant Properties and Sensory Acceptance of Puree from Tamarillo and Tomato. *Journal of Science and Technology*, 10(3)
- Moresi M, Liverotti C, « Economic study of tomato paste production. J. Food Technology», 1982
- MTCTHG, 2009 : Magazine Trimestriel du Centre Technique Horticole de Gembloux – N°27.juin 2009 LAUMONNIER .R, 1979- Cultures légumières et marichères . ED . BAILLER.
- MTCTHG, 2009 : Magazine Trimestriel du Centre Technique Horticole de Gembloux – N°27.juin 2009
- Mulokozi. 1995. Carotenoid content of thermally processed tomato-based foodproducts. J. Agric. Food Chem. 43: 579-586.
- Naika S., Vanlidd de Jeudje. de Goffaum. And Vandamb., 2005. La culture de la tomate production, transformation et commercialisation. AgromisaFoundation, Wageningen, 105p
- Navez B., Aubert CH., Baros C., Bertin N., Brand R., Causse M., Cottet V., Hutin CH., Jeannequin B., Jost M., Le Quillec S., Letard M., Merendet V., Puel TH., Roger A., Tisiot R. (2009). Tomate Qualité et Préférences, les connaissances sur les

mécanismes qui déterminent les facteurs de qualité et des conseils pratiques 2000 , éditions centre technique interprofessionnel des fruits et légumes 22, rue bergère 75009 paris .pp 16-70, 271p

- Navez B., et.al. (2009). *Tomate Qualité et Préférences, les connaissances sur les mécanismes qui déterminent les facteurs de qualité et des conseils pratiques* 2000, éditions centre technique interprofessionnel des fruits et légumes 22, rue bergère 75009 paris. Pp 16-70, 271p
- Nawal Abdel-Gayoum Abdel-Rahman.2018.Development of ketchup from
- Onagri., 2015. Note d'analyse N° 4, La filière de la tomate industrielle en Tunisie : Enjeux et contraintes. (Direction Générale de la Production Agricole). P4-7
- Papuc, C., Goran, G. V., Predescu, C. N., Nicorescu, V., Stefan, G. (2017). Plant Polyphenols as Antioxidant and Antibacterial Agents for Shelf-Life Extension of Meat and Meat Products: Classification, Structures, Sources, and Action Mechanisms. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 16 (6): 1243-1268.
- Pérez.F. 2019. *Comparer les niveaux d'antioxydants dans les tomates de différentes couleurs*. Journal de la Société américaine pour la science horticole.
- Raffo A., La Malfa G., Fogliano V., Malani G., and Quaglia G., 2006. Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1), *Journal of Food Composition and Analysis* 19 : 11-19
- Raffo, A., LaMalfa, G., Fogliano, V., Malani, G., and Quaglia, G., (2006). Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 11-19.
- Raikos V, Hayward N, Hayes H, Meroni E, Ranawana V. (2019). Optimising the ratio of long- to short-chain triglycerides of the lipid phase to enhance physical stability and bioaccessibility of lycopene-loaded beverage emulsions. *International Journal of Food Science and Technology* 54(4): 1355–1362.
- Ramandeep.K,Toor, Geoffrey.P. Savage(2005). Antioxidant activity in different fraction of tomatoes. *Food research international* 38:487-494.
- Refki et al.2018 Refki Ettaib*, Tarek Tombari**, Mouna Ben Hammouda**, Ali ben Belgacem*, Besma Assadi*, Mouna Ben Mohamed**, Mohamed Sadok Belkhadi*
*Laboratoire d'Aridoculture et Cultures Oasiennes, Institut des Régions Arides, Médenine, Tunisie Valorisation des écarts de triage des tomates géothermiques dans le sud tunisien

- Rodriguez-Amaya B. D. (2001). A guide to carotenoid analysis in foods. Ed. International life Institue. Pp 1-6
- Rodriguez-Amaya D B. (2019). Update on natural food pigments-A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains. Food Research International, 124, 200-205.
- S.TEBBAKH, B.KELAIAIA. Suivi du procédé de production et contrôle de qualité de la tomate (*Solanumlycopresicon L.*) de l'usine Zimba (Guelma). Master de l'Université 8 Mai 1945, Guelma, 2019- 2020
- SADOK, D.et. ZEDAK, S. (2016). *Etude de qualité physico-chimique et microbiologique de la conserve du concentré de tomate (TELLOISE)*. (MEMOIRE DE master). Université Abdelhamid Ibn Badis.Mostaganem.
- Sawadogo I. Koala M., Dabire C., Outtara L.P., Bazie V. Hema A., Gnoula C., Pale E.,Nebie R. 2015. Etude de l'influence des modes de tranformation sur les teneurs en lycopene de quatre variétés de tomate de la région du nord de bourkina, Vol. 9, p. 362-370.
- Schulz H, Schütze W, Baranska M. 2006. Détermination rapide des caroténoïdes dans les tomates et les produits à base de tomates par spectroscopie Raman. Acta Horticulturae. ;712:901-905. DOI : 10.17660/ActaHortic.2006.712.118
- Snoussi SA. (2010). Étude de base sur la tomate en Algérie. Rapport de mission programme régional de gestion intégrée des ravageurs pour le Proche-Orient. Rome, 52p
- Stahl, W. et, al. (2000). *Carotenoids and carotenoids plus vitamin E protect against ultraviolet light-induced erythema in humans*. Am. J. Clin. Nutr 71: pp795–798.
- Sudanese red karkade (*Hibiscus sabdaria L.*) byproduct.vol.7,p.21
- Taoussaint A et Baudoin J-P. (2010). Biodiversité chez la tomate, stratégie de conservation et valorisation de la collection <> Gembloux agro bio tech. 102
- Thies F, Masson LF, Rudd A, . Effet d'un régime riche en tomates sur les marqueurs de risque de maladie cardiovasculaire chez des adultes d'âge moyen en surpoids modéré, sans maladie : un essai contrôlé randomisé. Le tourillon américain de la nutrition clinique 2012 ; 95 (5) : 1013-1022. DOI : 10.3945/ajcn.111.026286
- Tonucci L. H., Holden J. M., Seecher G. R., Khachik F., Davis C. S. and Mulokozi G. 1995. Carotenoid Content of Thermally Processed Tomato-8ased Food Products. Journal of Agriculture and Food Chemistry 43(3):579-586.
- Tonucci, L.H. and J.M. Holden, G.R. Beecher, F. Khachik, C.S. Davis, and G.

- Toor RK, Savage GP. 2006. Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. *Food Chem.*, 94(1): 90-97.
- Toor R. K, Savage G. P et Lister C. E. (2006). Seasonal variations in the antioxidant composition of greenhouse grown tomatoes. *Journal of Food Composition and Analysis*. 19: 1-10.
- Turkmen et al. (2005) The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables
- Valerie F. (2019). Petite guide des antioxydants. remedes-de-grand-mere.com.
- Vodouhe M. C. D. N., Houssou A. P. F., Kpangbin C., Labintan E., Mensah G. A., (2014). *Séchage de la tomate (Lycopersicon esculentum) : une autre alternative pour sa valorisation au Bénin*, BRAB :1840-709
- Wilcox, J.2013 K., Catignani, G. L. and Lazarus, S., 2003. Tomatoes and cardiovascularhealth. *CriticalReviews in Food Science and Nutrition*, 43 :451-463
- Zhao HX., Zhang HS. & Yang, SF. (2014). Phenolic compounds and its antioxidant activities in ethanolic extracts from seven cultivars of Chinese jujube. *Food Science and Human Wellness* ; 3 (3-4) : 183-190.
- Zineb.Boubali, Biomarqueurs du stress oxydatif, Université Mohammed V-Rabat, thèse Médecine et de Pharmacie, (2017).

Annexes

Annexe 1 : Courbes d'étalonnage

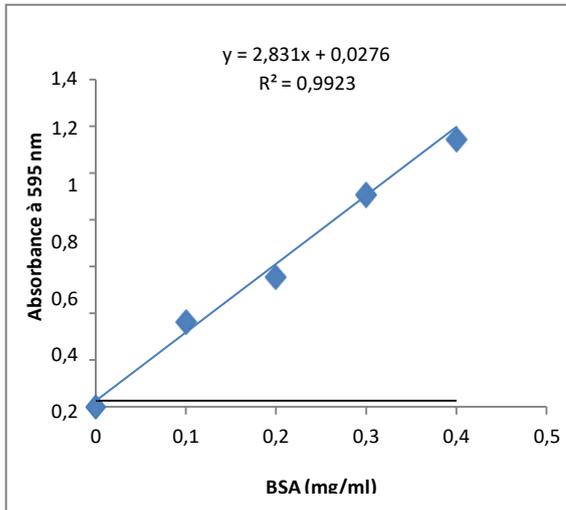


Figure 1 : Dosage des protéines

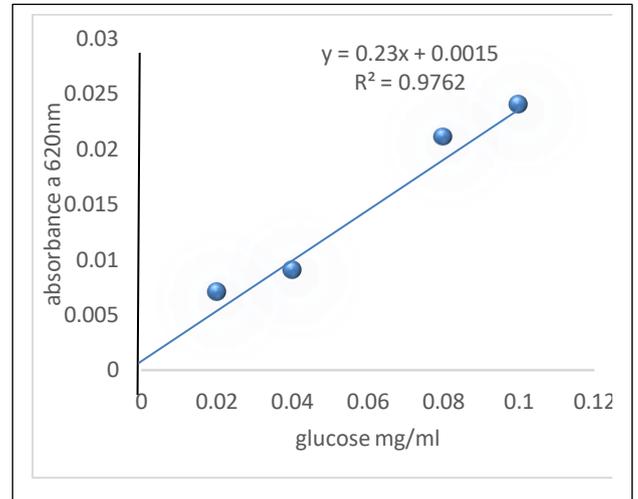


Figure 2 : Dosage des glucides

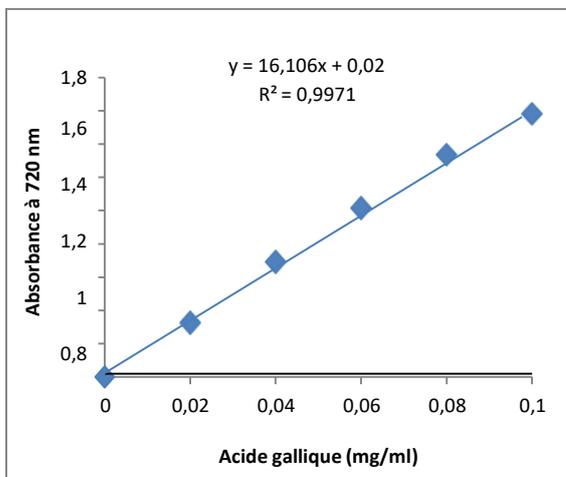


Figure 3 : Dosage des polyphénols totaux.

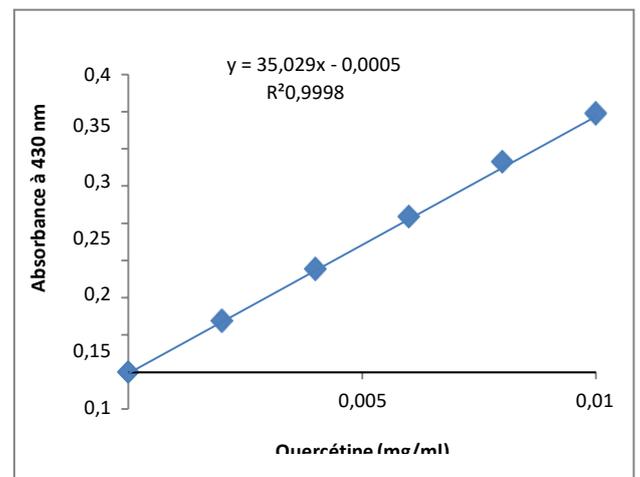


Figure 4 : Dosage des flavonoïdes.

Préparation Réactif d'Anthrone

150mg d'Anthrone sont mis avec une quantité d'eau distillée de 25ml en agitation à fin de faire dissoudre l'anthrone, ensuite 75ml d'acide sulfurique ont été versé dans une fiole entouré de glace déposé dans la hôte, une fois l'anthrone est dissout ce dernier à été versé dans la fiole.

Préparation de Carbonate de sodium à 7.5%

7.5g de NaCO_3 dans 100ml d'eau distillé

Préparation Folin-ciocalteu

Mélanger 1ml de folin avec 9ml d'eau distillé

Préparation Chlorure d'Aluminium à 2%

Faire dissoudre 2g de chlorure dans 100 ml d'éthanol

Préparation du réactif de Bradford :

Pour un litre : 100 mg de Bleu de Coomassie et 50 ml d'éthanol 95% sont agités durant 2 h puis 100 ml d'acide ortho-phosphorique 85% sont ajoutées et laisser sous agitation jusqu'à dissolution complète, puis compléter le volume avec l'eau distillée.

1- Matériel végétale

Trois produits industriels à bas de la tomate :

- ✓ Simple concentré de tomate
- ✓ Tomate Ketchup
- ✓ Tomate séchée

2- Matériels de laboratoire

- | | |
|-----------------------|---|
| 1_ Béchers | 2_ spatule |
| 3_ Erlenmeyers | 4_ entonnoir |
| 5_ Entonnoir | 6_ creuset en porcelaine (avec son couvercle) |
| 7_ Fiole-jaugée | 8_ pince à creuset |
| 9_ Burette à robinet | 10_ éprouvette |
| 11_ Pipettes graduées | 12_ flacon laveur (ou pissette) |

13_Papier filtrat

14_empole a décanté

15_micro-pipette

3- Appareillage

- ✓ Balance analytique
- ✓ Ph mètre : graduée et muni d'électrode de verre
- ✓ Refractomètre
- ✓ Étuve
- ✓ Four à moufle
- ✓ Dessiccateur
- ✓ Blender
- ✓ Spectrophotomètre
- ✓ Centrifugeuse
- ✓ Plaque agitatrice
- ✓ La haute

Résumé

La tomate est un fruit largement consommé frais et sous forme transformée, reconnu par ces qualités nutritionnelles. Au vu de ces caractéristiques, nous avons mené cette étude qui vise à comparer certaines variables physico-chimiques et l'activité antioxydante de trois produits dérivés de la tomate (concentré de tomate, ketchup et tomate séchée). A travers cette étude, nous avons essayé d'une part d'étudier les propriétés physiques et chimiques (PH, cendres, chlorure, acidité, glucides, protéines, etc.) et 4,6), et les cendres (0,97 et 3,6), et la valeur des glucides et les protéines variaient respectivement entre (17,63 et 40,33), (0,09) et 13,88). Les antioxydants dosés: polyphénols (phénols totaux, flavonoïdes) et caroténoïdes (lycopène, bêta-carotène), avec des teneurs très significatives comprises entre (106,13, 521,39 et 604,18 mg EQAG/100 g) et (1642,231,92, 421,81 ± 1,11 et 249,48 ± 2,94 µg Eβ-carotène/100 g). Ensuite, l'activité antioxydante a été évaluée à l'aide du test antiradicalaire DPPH et ABTS. La comparaison des moyens par le test ANOVA nous a permis de noter des différences statistiquement significatives pour presque tous les paramètres qui ont été investigués sur les échantillons utilisés. Une table de corrélation a été établie à trois niveaux de signification différents : $p < 0,05$; $p < 0,01$ et $p < 0,001$.

Mot clé : Tomate , DPPH , ABTS ,cendre ,ANOVA, flavonoïdes ,polyphénols

ملخص

الطماطم هي فاكهة تستهلك على نطاق واسع في شكل طازج ومعالج ، معترف بها من خلال هذه الصفات الغذائية. في ضوء هذه الخصائص ، أجرينا هذه الدراسة التي تهدف إلى مقارنة بعض المتغيرات الفيزيائية والكيميائية والنشاط المضاد للأوكسدة لثلاثة منتجات مشتقة من الطماطم (مركز الطماطم ، الكاتشب ، والطماطم المجففة). من خلال هذه الدراسة حاولنا من جهة دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية (PH ، الرماد ، الكلوريد ، الحموضة ، الكربوهيدرات ، البروتينات ، إلخ) و (4.6) ، والرماد (0.97 و 3.6) ، بحيث تراوحت قيمة الكربوهيدرات والبروتينات على التوالي بين (17.63 و 40.33) و (0.09) و 13.88. جرعات مضادات الأوكسدة: البوليفينول (الفينولات الكلية ، الفلافونويد) والكاروتينات (الليكوبين ، بيتا كاروتين) ، بمستويات مهمة جداً بين (106.13 و 521.39 و 604.18 مجم EQAG / 100 جم) و (1642 ، 231.92 ، 421.81 ± 1.11 و 249.48 ± 2.94 ميكروغرام Eβ-كاروتين / 100 جم). بعد ذلك ، تم تقييم النشاط المضاد للأوكسدة باستخدام اختبار مضاد للجراثيم DPPH و ABTS. سمحت لنا مقارنة الوسائل بواسطة اختبار ANOVA بملاحظة فروق ذات دلالة إحصائية لجميع المعلمات تقريباً التي تم فحصها على العينات المستخدمة. تم إنشاء جدول ارتباط على ثلاثة مستويات مختلفة من الأهمية: $p < 0.05$ ؛ $p < 0.01$ و $p < 0.001$.

الكلمة الدالة: الطماطم، نشاط مضاد للأوكسدة، الاختبار الإحصائي، الرماد، الفلافونويد، البوليفينول

Abstract

Tomato is a fruit widely consumed fresh and in processed form, recognized by these nutritional qualities. In view of these characteristics, we conducted this study which aims to compare certain physico-chemical variables and the antioxidant activity of three tomato-derived products (tomato concentrate, ketchup and dried tomato). Through this study, we tried on the one hand to study the physical and chemical properties (PH, ashes, chloride, acidity, carbohydrates, proteins, etc.) and 4.6), and the ashes (0.97 and 3.6), and the value of carbohydrates and proteins varied between (17.63 and 40.33), (0.09) and 13.88 respectively). Antioxidants dosed: polyphenols (total phenols, flavonoids) and carotenoids (lycopene, beta-carotene), with very significant levels between (106.13, 521.39 and 604.18 mg EQAG/100 g) and (1642, 231.92, 421.81 ± 1.11 and 249.48 ± 2.94 µg Eβ-carotene/100 g). Then, the antioxidant activity was evaluated using the DPPH and ABTS antiradical test. The comparison of the means by the ANOVA test allowed us to note statistically significant differences for almost all the parameters that were investigated on the samples used. A correlation table was established at three different levels of significance: $p < 0.05$; $p < 0.01$ and $p < 0.001$.

Key word: Tomato, DPPH, ABTS, ash, ANOVA, flavonoids, polyphenols.