

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. Mira de Bejaia



Faculté de Technologie
Département de Génie des procédés

Mémoire EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE Master

Domaine : Science et Technologie Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie Alimentaire

Présenté par

M^{elle} HAMOUCHE Chanez & M^{elle} MOUSSAOUI Rym

Thème

**Essai d'élaboration d'une confiture de betterave et évaluation de sa
qualité au cours de stockage**

Soutenue le 07/07/2022

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
Mr BACHIR BEY Mustapha	MCA	Université de Bejaia	Président
Mme BEY Zakia	MAA	Université de Bejaia	Examinatrice
M ^{me} ARKOUB Lynda	MCA	Université de Bejaia	Encadrant

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la foi qui a guidé et éclairé notre chemin pour la réalisation de notre mémoire.

Nous remercions vivement notre promotrice Dr. Arkoub-Djermoune L. Pour son encadrement étroit, pour tout le temps et les efforts qu'elle a déployé, pour ses conseils fructueux qu'elle n'a cessés de nous prodiguer avec bienveillance ainsi que pour son orientation et sa gentillesse tout le long de la réalisation de notre travail.

Nous exprimons notre estime et nos remerciements aux honorables membres du jury Dr. Bachir bey M. et Mme Bey Z. pour avoir accepté d'examiner et de juger notre travail et d'être présent ici aujourd'hui, nous sommes convaincus que votre savoir nous permettraient d'avancer encore plus loin.

Nous remercions également tous nos enseignants du département de Génie des procédés, pour la qualité de leur enseignement et pour leurs efforts.

Nos vifs remerciements s'adressent au personnel du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Bejaia, en particulier le personnel du laboratoire microbiologie pour leur accueil et leur aide.

Nous remercions l'ensemble du personnel des laboratoires pédagogiques de la Faculté de Technologie, pour leur accueil, disponibilité et aide. Nos remerciements s'adressent également au personnel du laboratoire d'analyse sensorielle de la Faculté Sciences de la Nature et de la Vie pour leur disponibilité et aide.

Enfin, on tient à exprimer toute notre reconnaissance à nos familles, pour leurs soutiens tout au long de notre cursus et pendant la réalisation de ce travail, sans leurs apports financiers ce travail n'aurait pas vu le jour. Nous remercions aussi nos amis proches, ainsi que celles et ceux qui nous ont aidé d'une façon ou d'une autre, de près ou de loin dans notre travail, nous les remercions du fond du cœur.

Dédicaces

À ceux qui ont donné un sens à mon existence, qui m'ont indiqué la bonne voie et qui ont attendu les fruits de ma bonne éducation, à ceux qui m'ont soutenu jour et nuit, et durant toute mes années d'études vers le chemin de la réussite

Mes très chères parents Khedidja et Yahia.

Ma sœur chérie: Sabrina qui ma toujours aidé durant toute mes années d'études.

À tous les membres de ma famille qui m'ont tous soutenu et encouragé dans mes études, j'implore Dieu qu'il vous apporte bonheur, et vous aide à réaliser tous vos vœux,

Mon binôme Rym ainsi que toute sa famille.

À tous mes collègues de la promotion « GA 2021-2022 », avec qui j'ai vécu ces deux dernières années.

Chanez

Dédicaces

Il me sera très difficile de remercier tout le monde car c'est grâce à l'aide de nombreuses personnes que j'ai pu mener ce travail à son terme.

A ma très chère mère Hassina pour sa tendresse, sa disponibilité et ses sacrifices durant toutes mes années d'études et pour m'avoir donné la volonté la patience et le courage nécessaire pour mener ce modeste travail à bout.

A mon père Abdel hamid en témoignage de profond amour, de grande reconnaissance et pour tous les sacrifices qu'il a consentis pour mon éducation et mon bonheur.

Je dédie ce travail à ma famille spécialement à mon grand frère Yanis Qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'études, pour ses sacrifices et soutien et qui m'ont donné la tendresse, la confiance, le courage et la sécurité.

A tous mes collègues de la promotion « GA 2021-2022 », avec qui j'ai vécu ces deux dernières années.

Rym

Liste des abréviations

ABTS: Acide 2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique)

AFNOR: Association Française de Normalisation

ANOVA: Analysis Of Variance (Analyse de la variance)

DCPIP: 2,6 Dichlorophenol-Indophénol

DGCERF: Direction Générale de Contrôle Economique et Répression des Fraudes

DPPH: 2, 2-Diphényl-1-Picrylhydrazyl

EAG: Equivalant Acide Gallique

IBNE: Indice de Brunissement Non Enzymatique

ISO: International Organization for Standardization

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Phytochimiques de la betterave et leurs structures	7
2	Betterave fourragère	9
3	Betterave rouge	9
4	Betterave sucrière (Beta vulgaris)	10
5	L'acide citrique	16
6	Etapes du brunissement enzymatique	18
7	Formation de l'intermédiaire d'amadori	19
8	Photographie de betterave	20
9	Photographie des différentes étapes de préparation de la confiture	21
10	Effet du stockage sur le pH de la confiture élaborée	37
11	Effet du stockage sur l'humidité de la confiture élaborée	37
12	Effet du stockage sur l'acidité de la confiture élaborée	38
13	Effet du stockage sur la conductivité de la confiture élaborée	39
14	Effet du stockage sur le BNE de la confiture élaborée.	39
15	Teneurs en polyphénols et flavonoides des extraits de confiture élaborée au cours du stockage	40
16	Teneurs en vitamine C des extraits de confiture élaborée au cours du stockage	43
17	Teneurs en anthocyanines et flavonols des extraits de confiture élaborée au cours du stockage	44
18	Teneurs en tanins condensés des extraits de confiture élaborée au cours du stockage	45
19	Activité antiradicalaire des extraits de confiture élaborée au cours du stockage	46
20	Préférence globale de la confiture élaborée	48
21	Caractérisation de la confiture élaborée avant et après stockage	48

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
I	Classification de le Betterave	3
II	Composition nutritionnelle de la betterave potagère	5
III	Calendrier de production	12
IV	Analyse microbiologiques	28
V	Résultats des paramètres physico-chimiques	32
VI	Résultats des Analyse microbiologiques	47

SOMMAIRE

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction	1
<i>Synthèse bibliographique</i>	
I. Généralité sur la Betterave	
I.1. Origine et historique.....	3
I.2. Taxonomie et classification.....	3
I.3. Description botanique	4
I.3.1. Le feuillage.....	4
I.3.2. La racine.....	4
I.3.3. La fleur et le fruit.....	4
I.3.4. La graine.....	4
I.4. Structure de la betterave.....	5
I.5. Composition et valeur nutritionnelle de la betterave	5
I.6. Antioxydants et propriétés antioxydant de la betterave	6
I.7. variété de la betterave	8
I.7.1.betterave fourragère.....	9
I.7.2.betterave potagère.....	9
I.7.3.betterave sucrière.....	10
I.8. Production de la betterave	10
I.8.1.Production mondiale.....	10
I.8.2. Production en Algérie.....	11
I.8.3. Production saisonnière.....	11
I.9. Propriétés thérapeutiques de la betterave	12
I.9.1.Pouvoir antioxydant	12
I.9.2.Anti-inflammatoires anti-tumorales.....	12
I.9.3.Bienfait pour le transit intestinal.....	12
II. Généralités sur la confiture	
II.1. Historique	13
II.2. Définition.....	13
II.3. Différents types de confitures	13
II.3.1. La confiture extra.....	13

II.3.2. La gelée	14
II.3.3. La gelée extra	14
II.3.4. La marmelade.....	14
II.3.5. La marmelade d'agrumes.....	14
II.3.6. La marmelade préparée à base de fruits autres que les agrumes.....	14
II.3.7. La marmelade en gelée	15
II.4. Valeurs nutritionnelle.....	15
II.5. Ingrédients de base de la confiture.....	15
II.5.1. Les fruits.....	15
II.5.2. Le Sucre	15
II.5.3. Les acides	16
II.5.4. La pectine	16
II.5.5. Les additifs	17
II.6. Altérations.....	17
II.6.1. Les altérations microbiologiques.....	17
II.6.2. Les altérations chimiques.....	18
II.6.2.1. Le brunissement enzymatique.....	18
II.6.2.2. Le brunissement non enzymatique.....	18
II.6.3. Altérations organoleptique.....	19

Partie expérimentale

III. Matériel et méthodes

III.1. Matériel végétal	20
III.2. Traitement des échantillons	20
III.3. Elaboration de la confiture de betterave	20
III.4. Effet de stockage	22
III.5. Détermination des propriétés physico-chimiques	22
III.5.1. pH	22
III.5.2. Acidité titrable	22
III.5.3. Teneur en eau (humidité)	23
III.5.4. Conductivité	23
III.5.5. Degré Brix	23

III.5.6. Dosage des sucres.....	23
III.5.6.1. Dosage des sucres totaux	24
III.5.6.2. Dosage des sucres réducteurs	24
III.5.6.3. Dosage des sucres non réducteurs (saccharose)	24
III.5.7. Degré de brunissement non enzymatique	25
III.5.8. Mise en évidence de la présence de pectines	25
III.6. Extraction et dosage des antioxydants	25
III.6.1. Composés phénoliques	25
III.6.1.1. Extraction	25
III.6.1.2. Dosages des polyphénols totaux.....	25
III.6.1.3. Extraction et dosage des anthocuanines et flavonols.....	26
III.6.1.4. Dosage des flavonoïdes.....	27
III.6.2. Extraction et dosage de l'acide ascorbique.....	27
III.6.3. Tanins condensés (proanthocyanidine).....	27
III.7. Evaluation du pouvoir antioxydant	28
III.7.1. Inhibition du radical DPPH°	28
III.7.2. Inhibition du radical ABTS ⁺	28
III.8. Analyse microbiologie de la confiture	28
III.9. Analyses sensorielles de la confiture	29
III.9.1. Objectif d'une analyse sensorielle	29
III.9.2. Les propriétés sensorielles étudiées	29
III.9.3. Présentation des échantillons et déroulement de l'épreuve	31
III.9.4. Réalisation d'un panel de dégustation de la confiture	31
III.9.5. Recueil des résultats	31
III.10. Analyse statistique.....	31
IV. Résultats et discussion	
IV.1. Paramètres physico-chimiques	32
IV.1.1. pH	32
IV.1.2. Teneur en eau	33
IV.1.3. Matière sèche	33
IV.1.4. Acidité titrable	33
IV.1.5. Degré Brix	34
IV.1.6. Conductivité	34
IV.1.7. Teneur en sucres totaux, réducteurs et non réducteurs.....	34

IV.1.8. Indice de brunissement non enzymatique (IBNE)	35
IV.1.9. Pectine	36
IV.2. Effet de la conservation sur les caractéristiques physico-chimiques	36
IV.2.1. Propriétés physico-chimiques	36
IV.2.1.1. pH	36
IV.2.1.2. Teneur en eau	37
IV.2.1.3. Flavonols.....	38
IV.2.1.4. Conductivité	38
IV.2.1.5. Indice de brunissement non enzymatique (IBNE).....	38
IV.2.2. Les antioxydants	39
IV.2.2.1 Composés phénoliques	39
IV.2.2.2. Flavonoïdes	41
IV.2.2.3. Vitamine C	42
IV.2.2.4. Anthocyanines	43
IV.2.2.5.Flavonols	45
IV.2.2.6. Tanins condensés (proanthocyanidine).....	45
IV.2.3. L'activité antioxydant	46
IV.2.3.1. Inhibition du radical ABTS ⁺	46
IV.2.3.2. Inhibition du radical DPPH [°]	46
IV.3. Analyse microbiologique.....	47
IV.4. Analyse sensorielle	47
IV.4.1. Le test de préférence	47
IV.4.2. Caractéristiques de la confiture	48
Conclusion	50

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Introduction

L'importance des fruits et légumes en matière de nutrition, de santé et d'économie n'est plus à démontrer. Ils apportent les vitamines, les minéraux, les fibres alimentaires, les antioxydants et autres substances bioactives. Outre ces éléments, ils fournissent également des hydrates de carbone et des protéines ayant des effets bénéfiques sur la santé humaine (Alzamora, 2004).

Dès l'antiquité l'Homme cherchait un moyen qui lui permettait de préserver les aliments à fin de les conserver le plus longtemps possible et plus particulièrement durant les saisons rigoureuses (hiver, sécheresse) (Ferouani, 1992). Les confitures ont été introduites tardivement en Europe par l'intermédiaire du monde Arabe. Au moyen âge l'appellation confitures désigne toutes les confiseries réalisées à partir d'aliments cuits dans le sucre ou du miel (bonbons, fruits confits) (Chouicha & Aitchabane, 2014). Les confitures étaient dans le passé le moyen privilégié pour conserver les fruits les plus fragiles après la récolte (Bernard, 2010).

L'industrie des conserves nécessaire et indispensable pour garantir la nourriture journalière et satisfaire les besoins des masses populaires, c'est pour cela qu'il faut s'appuyer davantage sur le progrès scientifique et la technique moderne. Sur le plan diététique la conservation aide à éviter ou réduire les altérations oxydatives, enzymatiques et microbiennes du produit frais et assurer aux consommateurs d'une denrée à valeur nutritionnelle durant les quatre saisons.

Sur le plan économique la conservation est un palier aux productions saisonnières pour atteindre les marchés lointains et réduire les pertes. Le but de la conservation des denrées alimentaires est de prolonger la durée de vie de l'aliment (Bouzonville, 2004).

La tendance actuelle des consommateurs est la recherche d'une alimentation plus naturelle ce qui a incité la recherche, le développement et l'application de nouveaux produits naturels ayant des activités antimicrobiennes et antioxydantes dans le but de les utiliser comme alternatives aux conservateurs synthétiques dans le domaine des industries agroalimentaires. Les plantes ont été traditionnellement employées pour l'assaisonnement et la prolongation de la durée de conservation des confitures (Pereira, 2012).

La présente étude consiste à une transformation de la betterave locale en confiture selon une recette appropriée, en valorisant ce légume qui est en production saisonnière limitée, ce qui va lui apporter une valeur ajoutée et d'évaluer l'effet du stockage à une température de 4°C durant 5 mois. Ainsi, la présente étude a pour objectifs :

- Transformation de la betterave confiture dans le but est d'exploiter nos ressources agricoles.
- Evaluation de l'effet du stockage sur les qualités physico-chimiques, organoleptiques et microbiologiques du produit élaboré.
- Evaluation de l'effet du stockage sur contenu en certaines molécules bioactives et le pouvoir antioxydant de la confiture élaborée.

*Synthèse
bibliographique*

I. Généralités sur la Betterave

I.1. Origine et historique

La betterave potagère est originaire de la Méditerranée ou encore du sud de l'Europe, est un légume dont la culture et la consommation sont relativement récentes (XIV-XV siècle). L'amélioration ou la sélection intensive de cette espèce ainsi que l'introduction de certaines variétés précieuses ont beaucoup contribué à la vulgarisation de cette espèce maraîchère dans presque tous les pays d'Europe et d'Amérique. En Algérie, la betterave potagère trouve des conditions extrêmement favorables pour son développement, mais ce légume n'a pas reçu jusqu'à présent l'étendue et la consommation qu'il mérite. Sa culture est pratiquée sur de petites superficies (Benachour, 2008).

I.2. Taxonomie et classification

L'espèce de betterave rouge *Beta vulgaris* L. appartient à la famille des *Chenopodiaceae* et selon la classification phylogénique: la famille des *Amaranthaceae* (Tableau I) (Grubben, 2019).

Tableau I : Classification de la Betterave (Hequet, 2019).

Règne	<i>Plantae</i>
Classe	<i>Equisetopsida</i>
Superordre	<i>Caryophyllanae</i>
Ordre	<i>Caryophyllales</i>
Famille	<i>Amaranthaceae</i>
Genre	<i>Beta</i> L.
Espèce	<i>Beta vulgaris</i> L.

Selon certains auteurs, les betteraves *Beta vulgaris* L. peuvent être divisées en trois sous-espèces :

- *Beta vulgaris ssp. Adanesis*
- *Beta vulgaris ssp. Maritima*
- *Beta vulgaris ssp. Vulgaris*, qui regroupe tous les cultivars domestiqués

La sous-espèce cultivée: *Beta vulgaris ssp. Vulgaris* peut être subdivisée en quatre autres groupes:

a) **Betterave à feuilles:** elle regroupe les betteraves en bette à carde ou appelée groupe de *Flavescens* et betterave à épinard ou également appelée groupe de *Cicla*, mais de nombreux types intermédiaires existent.

b) **Betterave sucrière:** appelée également groupe *Altissima*, une souche de couleur blanche cultivée aux États-Unis et en Europe pour la production de sucre.

c) **Betterave fourragère:** appelée également groupe *Crassa*, une variété destinée à l'alimentation des troupeaux.

d) **Betterave jardin:** appelée également groupe *Conditiva*: ce groupe est cultivé et possède une partie tubéreuse comestible qui fait l'objet de notre étude (Baião *et al.*, 2017.).

I.3. Description botanique

I. 3. 1. Le feuillage

Le feuillage est cloqué, comme celui de l'épinard. Les feuilles a un long pétiole et arrangées en rosette sur la racine. Les feuilles contiennent à des degrés variables selon le cultivar des pigments rouges (Denis, 2010).

Les feuilles de betterave rouge sont très riches en composés phénoliques, également contiennent de la lutéine et de la zéaxanthine, deux composés antioxydants de la famille des caroténoïdes (Ribaya-Mercado et Blumberg, 2004).

I.3.2. La racine

La racine est pivotante et se tubérise en partie hors du sol. Une betterave résiste bien a la sécherese (Denis, 2010). c'est une des rares végétaux qui contiennent des bétalaines (Kujala Ts, 2002), une famille de pigments contribuant à sa couleur prononcée.

I.3.3. Lea fleur et le fruit

Les fleurs se développent la deuxième année après une vernalisation au champ ou en entrepôt. En semis de primeur, on observe parfois une certaine quantité de mises à fleurs à cause du froid en période d'implantation (Denis, 2010).

I.3.4. La graine

La graine de betterave est intégrée dans un glomérule qui contient de une à cinq graines, en moyenne trois (Denis, 2010).

I.4. Structure de la betterave

La betterave cultivée est une plante bisannuelle:

1) *Première année (phase végétative)*: développement des feuilles, la formation d'une racine tubérisée qui peut être consommée ou passe l'hiver en terre, et l'accumulation de réserves en sucre.

2) *Deuxième année*: les racines de *Beta vulgaris* contiennent une quantité significative de vitamine C et elles sont également riches en bêtaïne (N,N,N-triméthylglycine) mais les feuilles sont une source de vitamine A. En outre, elles sont également sources de fibres, d'acide folique et d'antioxydants (Anonyme 1, 2022).

I.5. Composition et valeur nutritionnelle de la betterave

La Betterave rouge (*Beta vulgaris* L.) est un légume traditionnel et populaire dans de le monde. Elle a une teneur importante en fibres, et en sucres, mais avec une valeur calorique modérée. Elle est particulièrement riche en vitamines du groupe B (B₁, B₂, B₃ et B₆), ainsi que l'acide folique. Les racines de betteraves rouges sont consommées fraîches ou après un traitement thermique ou une fermentation. La betterave est également riche en composés phénoliques solubles comme les bétalaïnes qui sont les principaux pigments dans la betterave rouge responsable de sa teinte rougeâtre-pourpre (Schwartz et Von Elbe, 1980).

Tableau II: Valeurs nutritionnelles pour 100 g de la partie comestible de la betterave potagère (Oyen, 2004).

Constituant	Teneur
Eau	87,6 g
Protéines	1,6 g
Glucides	9,6 g
Fibres	2,8 g
Ca	16 mg
P	40 mg
Fe	0,8 mg
Thiamine	0,03 mg
Riboflavine	0,04 mg
Niacine	0,33 mg
Folate	109 µg
Acide ascorbique	5 mg
La valeur énergétique pour 100g de betterave	180 kJ (43 kcal)

La betterave est riche en:

✓ **Vitamines:** elle contient de nombreuses vitamines, particulièrement du groupe B et C. A noter, sa forte teneur en vitamine B₉ ou Folate (la division et le maintien cellulaire) qui contribue à hauteur de 37 % de l'apport journalier recommandé. Une carence en vitamine B₉ peut induire une fatigue pouvant aller jusqu'à l'anémie (Oyen, 2004).

✓ **Minéraux et oligo-éléments:** elle est bien pourvue en minéraux et oligo-éléments, notamment en potassium, magnésium, calcium, fer, phosphore, mais elle contient également du manganèse, du cuivre et du Zinc (Oyen, 2004).

✓ **Fibres:** elles facilitent le transit intestinal et aide à ralentir et régulariser l'assimilation des glucides. Les fibres de la betterave cuite sont mieux tolérées par les intestins sensibles (Oyen, 2004).

✓ **Antioxydants:** la betterave rouge est régulièrement citée comme l'un des légumes ayant le plus fort pouvoir antioxydant (composés qui protègent nos cellules des dommages causés par le stress oxydatif, permettant ainsi de diminuer le risque d'apparition de maladies liées à l'âge: cardiovasculaires, cancers). Ce sont ses pigments présents en grande quantité, appelés bêtaïnes, qui confèrent à la betterave son pouvoir antioxydant (Oyen, 2004).

I.6. Antioxydants et propriétés antioxydante de la betterave

Beta vulgaris L. *ssp. vulgaris* se classe parmi les dix plus puissants légumes en ce qui concerne la propriété antioxydante en raison de la présence de bêtaïnes, d'acides phénoliques, de saponines, d'alkaloïdes, de stéroïdes/triterpènes, de catéchines et de flavonoïdes. L'activité antioxydante de la betterave agit comme défense contre les dommages oxydatifs causés par les radicaux libres dans la cellule qui peuvent altérer le métabolisme cellulaire, causer des dommages à l'ADN et une altération structurelle et fonctionnelle des lipides et des protéines (Pandita *et al.*, 2020).

La racine et les parties vertes de la betterave peuvent être utilisées pour préparer divers produits commerciaux. Il est bien connu que les racines de betterave sont illustrées par de riches composants antioxydants avec de nombreux avantages pour la santé. Les feuilles vertes et ses pétioles sont utilisées pour préparer divers produits qui sont une excellente source de vitamines A et C, de fer, de calcium, de manganèse, de potassium, d'acide folique et de fibres (Neha *et al.*, 2017). Outre ceux-ci, les métabolites secondaires phénoliques de la betterave, connus sous le nom de bêtaïnes, un colorant naturel, sont utilisés dans l'industrie alimentaire. La présence de composés antioxydants phénoliques

dans les produits à base de betterave augmente les bienfaits pour la santé humaine, notamment les actions anti-inflammatoires, la résistance à la peroxydation des lipides, contre l'oxydation des lipoprotéines de basse densité et la détoxification des produits chimiques dans le foie (Georgiev *et al.*, 2010; Reddy *et al.*, 2005; Tesoriere *et al.*, 2003; Zhang *et al.*, 2013).

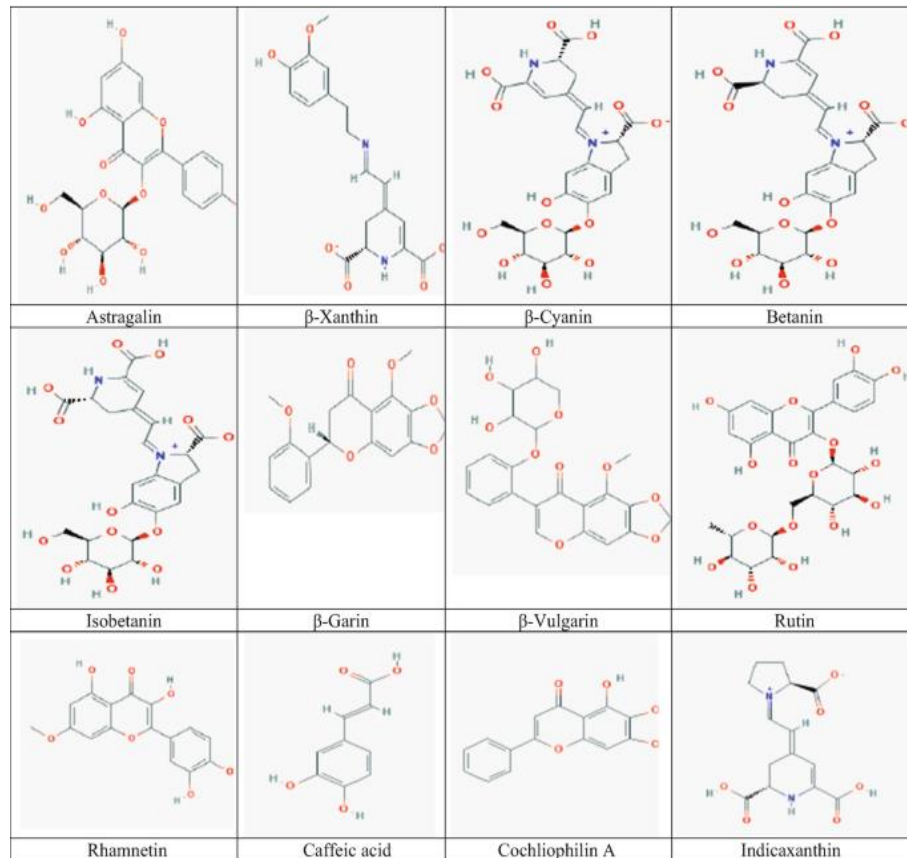


Figure 1 : Substances phytochimiques de la betterave et leurs structures
(Pandita *et al.*, 2020).

Les antioxydants sont nécessaires lorsque les ROS (les radicaux libres tels que les espèces réactives de l'oxygène) sont générés à l'intérieur du corps, en tant que première ligne de défense (Lobo *et al.*, 2010), et ont été décrits comme « toute substance qui retarde, prévient ou supprime les dommages oxydatifs des molécules cibles » (Halliwell et Gutteridge, 2015). Le corps humain peut fournir des antioxydants endogènes qui sont générés par ses propres processus métaboliques (Barry *et al.*, 1995; Halliwell *et al.*, 1996; Pham-Huy *et al.*, 2008). Cependant, la quantité d'antioxydants endogènes disponibles dans les conditions physiologiques normales est suffisante uniquement pour faire face au seuil normal d'un taux physiologique de production de radicaux libres. Par conséquent, les antioxydants exogènes provenant de sources alimentaires sont nécessaires lorsque le seuil normal de radicaux libres est dépassé (Benzie *et al.*, 2003).

La betterave est un excellent aliment étant non seulement riche en minéraux nutritifs et vitamines mais possède également des phytoconstituants uniques, qui ont plusieurs propriétés médicinales (Odoh *et al.*, 2013). Des études ont fourni que la betterave entraînent des effets physiologiques bénéfiques qui peuvent améliorer les traitements tels que: l'hypertension, l'athérosclérose, le diabète de type 2 ...etc (Gilchrist *et al.*, 2014; Beard *et al.*, 2011; Vanhatalo *et al.*, 2010).

L'hypertension a fait l'objet de nombreuses thérapeutiques interventions et il existe de nombreuses études qui montrent betterave rouge, administrée de manière aiguë comme supplément de jus réduire considérablement la pression artérielle systolique et diastolique (Bailey *et al.*, 2009; Jajja *et al.*, 2014; Webb *et al.*, 2008).

L'activité antioxydante a été évaluée à l'aide de la méthode de blanchiment au β -carotène. Les extraits bruts de betteraves rouges étaient efficaces à des niveaux de 200 ppm et comparables à l'hydroxytoluène butylé (BHT) à la même concentration. La concentration en bétalaïnes (Equivalent Bétanine et Vulgaxanthine I), la teneur totale en phénols (Equivalents Acide Gallique) de différentes parties (racines et tiges) de betteraves rouges cultivées (*Beta vulgaris* L.) ont été déterminées séparément dans l'eau des extraits bruts et fractionnés ont montré que:

- Les racines ont une teneur en bétalaïnes la plus élevée avec un maximum de 80,47 mg eq de bétanine et 69,86 mg eq de vulgaxanthine 1/100 mL d'extrait brut. Le dosage des phénols totaux des fractions obtenus par l'acétonitrile à partir des extraits aqueux concentrés par évaporation a montré que ces fractions sont riches en phénols totaux.

- Les tiges présentent une concentration phénolique totale supérieure à celle des racines dans tous les extraits d'échantillons, comprise entre 4,00 et 15,55 mg Eq d'acide gallique/g d'extrait. L'étude de l'activité antioxydante par la méthode de co-oxydation du système acide linoléique- β -carotène montre que les extraits bruts sont doublés d'une activité antioxydante comparable à celle du BHT (Ben *et al.*, 2012).

L'ingestion de betteraves peut être un moyen utile pour prévenir le développement et la progression du cancer. Mais des extraits de betterave ont également montré une certaine activité antimicrobienne sur *Staphylococcus aureus* et sur *Escherichia coli* et aussi effet antiviral a été observé (Masih *et al.*, 2019).

I.7. Variétés de betterave

De nombreuses variétés de betterave existent depuis la nuit des temps dont la plus connue: la betterave rouge (dite aussi potagère). D'autres espèces plus anciennes sont

toujours comestibles telles que: la betterave blanche (avec sa racine ronde, sa chair blanche et tendre). On cite si dessous quelques variétés de betteraves :

I.7.1. Betterave fourragère

C'est une variété de betterave qui présentait plusieurs formes culturales « hors terre » ou « en terre ». Géante blanche demi-sucrière impropre à la consommation humaine, très utilisées jusque dans les années 1950-1960 pour la nourriture hivernale des bovins (la productivité était assez faible) (Claire *et al.*, 2006).



Figure 2 : Betterave fourragère (Hleibieh *et al.*, 2007).

I.7.2. Betterave potagère (betterave rouge)

Les racines habituellement rouges de la betterave potagère sont consommées bouillies soit comme un légume cuit, ou froides en salade après cuisson et adjonction de vinaigrette (Figure 3). Le jus de la betterave potagère est un alicament populaire, bien qu'il doive sans importance en Afrique tropicale. Les bétanines extraites des racines, sont utilisées industriellement comme colorants alimentaires rouges, par exemple pour améliorer la couleur du concentré de tomates, de sauces, de desserts, de confitures et de gelées, des crèmes glacées, de bonbons (Geubben *et al.*, 2004).



Figure 3 : Betterave rouge (Arvy, 2007).

I.7.3. Betterave sucrière

La betterave à sucre (*Beta vulgaris* L.) est une culture industrielle importante, étant l'une des deux seules sources végétales à partir desquelles le saccharose (c'est-à-dire le sucre) peut être produit de manière économique (Figure 4). Malgré sa période de culture relativement courte (environ 200 ans), ses paramètres de rendement et de qualité ont été considérablement améliorés par les méthodes de sélection conventionnelles. Cependant, au cours des deux dernières décennies environ, des technologies avancées de culture et de transformation génétique ont été intégrées aux programmes de sélection classiques (Gurel *et al.*, 2008).



Figure 4 : Betterave sucrière (*Beta vulgaris*) (Zicari *et al.*, 2019).

I.8. Production de la betterave

I.8.1. La production mondiale

La production mondiale de sucre est d'environ 160 Mt par an avec une consommation par habitant d'environ 23 kg. L'utilisation totale augmente d'environ 1,4 % par an grâce à l'amélioration du niveau de vie dans des pays densément peuplés comme la Chine et l'Inde. Environ un quart de la production mondiale est extraite de la betterave (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*), et le reste de la canne (*Saccharum officinarum* L.) (Biancardi *et al.*, 2010).

On trouve des formes sauvages de *Beta vulgaris* le long des côtes de la méditerranée, s'étendant vers l'est jusqu'à l'Indonésie, et vers l'ouest le long des côtes de l'Atlantique jusqu'aux Iles Canaries et au sud de la Norvège (Geubben *et al.*, 2004).

La production mondiale a été de 250 million de tonnes. En 2004. La France (30 million de tonnes), l'Allemagne (27 millions de tonnes), les Etats-Unis (27 million de tonnes) et la Russie (22 millions de tonnes) sont les principaux producteurs (données FAO, 2004) (Claire *et al.*, 2006).

I.8.2. La production en Algérie

En Algérie de grands espoirs avaient été fondés sur la betterave à sucre en 1979. Deux raffineries-sucreries ont été construites : l'une à El Khémis, l'autre à Guelma, toutes deux en liaison avec des périmètres betteraviers. Mais la betterave n'a jamais donné de brillants résultats. Sa culture s'étend sur 4000 ha environ et la production, en bonne année, est de 900 000 quintaux (Georges *et al.*, 1982).

Les prévisions de vente ont été faites à partir du positionnement commercial recommandé dans les conclusions de l'étude de marché sur les villes de l'Oranie. Sur cette base, la production de 7803 tonnes/an (équivalant à moins du 25% du marché potentiel saisi par l'étude de marché) est écoulée à travers deux canaux de distribution:

- 70 % à travers les supermarchés au prix sorti usine.
- 30 % à travers le circuit de la RHD.

Les prix de vente sont variés sur toute la période de prévision; prix élevé pour les betteraves primeurs et les betteraves de conservation ; le prix sortie usine prévu est entre 50 et 80 DA/kg (Medkour *et al.*, 2017).

I.8.3. La production saisonnière

➤ **Exposition /climat:** la betterave vient bien sous tous nos climats, à exposition ensoleillée.

➤ **Plantation / semis:** en plein terre, le semis s'effectue durant tout le printemps, à partir d'avril-mai. Semez en ligne distantes de 30 cm. Eclaircissez rapidement après la levée, en conservant un plant tous les 20cm. on peut obtenir une production plus précoce en semant un peu plus tôt, en pépinière sous châssis ou sur couche, et en repiquant les plants obtenus avant leur mise en place.

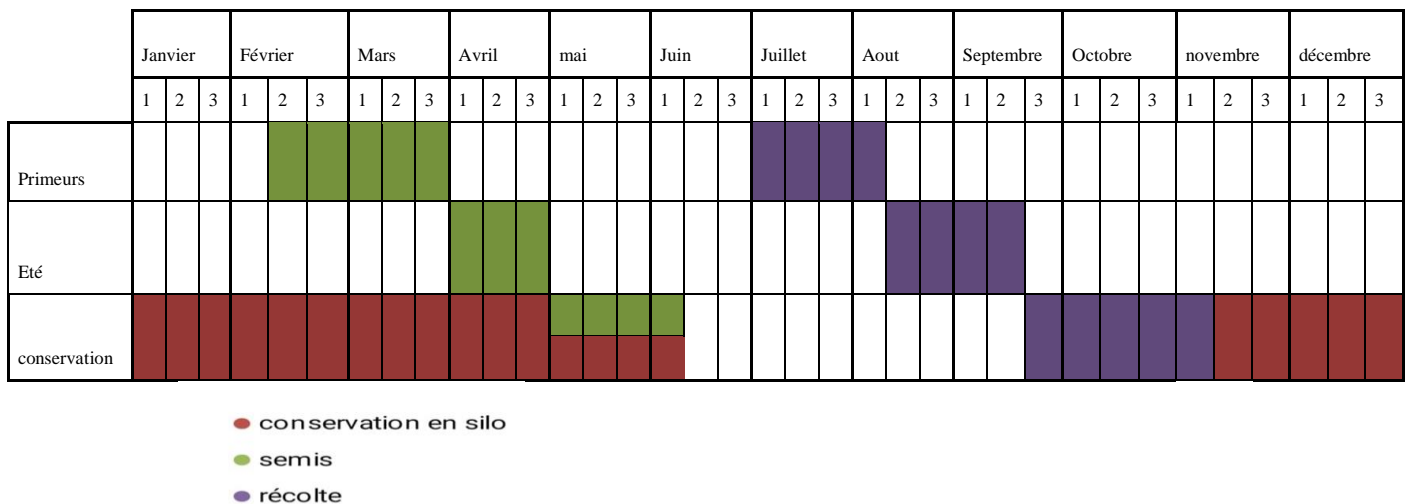
➤ **Sol :** enrichi de fumier à l'automne et ameubli, mais beaucoup de terreau provoque le développement des feuilles au détriment de celui des racines. Fumez l'automne qui précède la plantation.

➤ **Fumer/engrais :** incorporez au sol du compost bien décomposé (ou un engrais riche en potasse et phosphore) à la fin de l'automne. Procédez également à quelques poudrages d'engrais foliaire (lithothamne) durant la culture (une fois par mois).

➤ **Principales attaques :** pégomyie mouche de la betterave (dont la larve est la cause de taches brunissant sur les feuilles). Pucerons (dont la présence enrôle les feuilles sur elles-mêmes). Taupins (larves jaunes s'attaquant aux racines).

➤ **En cours de culture** : binez et sarcliez régulièrement pour maintenir le sol frais (les arrosages ne sont nécessaires que si le sol est sec : trop importantes. Ils diminuent la saveur de la betterave) : paillez si la sécheresse persiste et éliminez les mauvaises herbes. (Marcel., 2007).

Tableau III: Calendrier de production (Mouton, 2007).



I.9. Propriétés thérapeutiques de la betterave

I.9.1 Pouvoir antioxydant

La betterave est un des légumes ayant le meilleur pouvoir antioxydant (Stintzing *et al.*, 2004). Les antioxydants sont des composés qui captent les radicaux libres pour protéger les cellules du corps (Winkler *et al.*, 2005).

I.9.2 Anti-inflammatoires anti-tumorales

La betterave est l'un des rares végétaux qui contiennent des bétalaïnes (Kujala Ts, 2002), les bétalaïnes ces des pigment végétal qui contribuent à sa couleur prononcée. posséderaient aussi des propriétés anti-inflammatoires, anti-tumorales et de protection du foie (Escribano, 1998) (Winkler *et al.*, 2005).

I.9.3. Bienfaits pour le transit intestinal

La betterave aide à lutter contre la paresse intestinale par sa richesse en fibre. Elle est d'ailleurs mieux tolérée pour les intestins sensibles lorsqu'elle est consommée cuite (Pavlov *et al.*, 2005).

II. Généralité sur la confiture

II.1. Historique

Gourmandes et savoureuses, les confitures cachent une belle et longue histoire qui vaut la peine d'être écoutée. Nous avons aujourd'hui l'habitude de voir nos tables se garnir de délicieuses confitures au petit déjeuner ou à l'heure tant attendue du goûter. Mais cette tradition n'est pas si vieille, car pendant plusieurs siècles les confitures ont été un mets de luxe (Desproges *et al.*, 1976). Avant que l'usage du sucre ne fût devenu commun, les confiseurs les préparaient au miel. Elles étaient difficiles à conserver mais actuellement avec le développement des techniques de conservation, une confiture bien conservée peut atteindre facilement la troisième année (Diligent *et al.*, 2010). Vers l'an mil, le sucre (de canne, en cristal) est introduit en Europe, par l'intermédiaire du monde arabe. Les confitures y connaissent alors un nouvel essor. Au Moyen âge, l'appellation « confitures » désigne toutes les confiseries réalisées à partir d'aliments cuits dans du sucre, du sirop ou du miel bonbons, fruit confits, etc. La confiture actuelle était appelée électuaire, du latin *éleucterium*. Elle est originaire de la pharmacopée mésopotamienne, elle était alors utilisée comme traitement et notamment pour consoler les malades.

II.2. Définition

La confiture vient du mot latin *confictura* dérive de *confingere* qui veut dire façonner (Noel, 2008). La fabrication de ce produit a commencé dès le début du XIX^{ème} siècle avec la découverte du sucre de betterave. En effet, le sucre est devenu un produit de consommation courante. Ce qui a permis la généralisation de la fabrication maison et le développement des industries de confitures.

La confiture est une confiserie obtenue après cuisson d'un mélange porté à la consistance gélifiée appropriée de sucres et d'une ou plusieurs espèces de fruits, éventuellement dénoyautés et coupés en morceaux avec d'eau. Elle devra contenir en moyenne 63 à 65 % de sucre pour assurer une bonne conservation du produit sans altérer ses qualités gustatives et 5 à 10 % de ce sucre provient du ou des fruits utilisés (Codex Alimentarius, 2010).

II.3. Différents types de confitures

II.3.1. La confiture extra

La confiture extra est un mélange de sucres et de pulpe d'une ou de plusieurs espèces de fruits et d'eau. La quantité de pulpe utilisée pour la fabrication de 1 000

grammes de produit fini n'est pas inférieure à 450 grammes en général (Codex Alimentarius, 2017).

II.3.2. La gelée

La gelée est un mélange, suffisamment gélifié, préparés à partir de sucres et du jus et/ou d'extrait aqueux d'une ou de plusieurs espèces de fruits. La quantité de jus et/ou d'extrait aqueux utilisée pour la fabrication de 1 000 grammes de produit fini n'est pas inférieure à celle fixée pour la fabrication de la confiture jusqu'à l'obtention d'une consistance gélifiée semi-solide (Codex Alimentarius, 2017).

II.3.3. La gelée extra

La quantité de jus de fruits et/ou d'extrait aqueux utilisée pour la fabrication de 1 000 grammes de produit fini n'est pas inférieure à celle fixée pour la fabrication de la confiture extra. Ces quantités sont calculées après déduction du poids de l'eau employée pour la préparation des extraits aqueux. Les fruits tels que pommes, poires, prunes à noyau adhérent, melons, pastèques, raisins, citrouilles, concombres et tomates ne peuvent être utilisés en mélange avec d'autres fruits pour la réalisation de la « confiture extra » et de la « gelée extra » (Bouzonville *et al.*, 2004).

II.3.4. La marmelade

La marmelade est le mélange, porté à la consistance gélifiée appropriée, d'eau, de sucres et d'un ou de plusieurs des produits suivants obtenus à partir d'agrumes: pulpe, purée, jus, extrait aqueux et écorces. La quantité d'agrumes minimale est de 20 % (André, 2012).

II.3.5. La marmelade d'agrumes

La marmelade d'agrumes est fabriquée à partir d'un ou plusieurs agrumes et portée à une consistance adéquate. Il est généralement à partir d'un ou plusieurs des ingrédients suivants: fruits entiers, morceaux de fruits pelés entièrement ou en partie, pulpe, purée ou jus, extraits aqueux et zeste, mélangés avec des denrées alimentaires conférant une saveur sucrée, avec ou sans adjonction d'eau (Codex Alimentarius, 2017).

II.3.6. La marmelade préparée à base de fruits autres que les agrumes

La marmelade préparée à base de fruits autres que les agrumes est le produit préparé par la cuisson de fruit(s) entier(s), en morceaux ou concassés avec adjonction de denrées alimentaires conférant une saveur sucrée, jusqu'à l'obtention d'une consistance semi-liquide ou épaisse (Codex Alimentarius, 2017).

II.3.7. La marmelade en gelée

La dénomination « marmelade-gelée » désigne une marmelade exempte de la totalité des matières insolubles, à l'exclusion d'éventuelles faibles quantités d'écorce finement coupée (Décret N° 85-872, du 14 août 1985).

II.4. Valeurs nutritionnelle

Le choix des fruits est essentiel dans la réalisation d'une confiture (Sophie., 2002). Car les caractéristiques nutritionnelles varie selon la nature des fruits qui sont utilisé (Sakho et Crouzet, 2009).

Les fruits et les sucres sont Les principaux constituants de la confiture. Ces deux composés jouent un rôle primordiale dans l'alimentation humaine surtout, dans le petit déjeuner. Le sucre forme la part la plus considérable de la valeur énergétique de cet aliment: 63 - 70 % dont l'enzyme (saccharase) facilite sa digestion (Monrose, 2009).

Les fruits apportent 10-15 % des fibres, des minéraux, des vitamines, des polyphenols et des caroténoïdes, des éléments essentiels pour notre santé. 100 grammes de confiture apportent 260 - 285 calories (Kasse, 2014).

II.5. Ingrédients de base de la confiture

II.5.1. Fruits

Les confituriers utilisent comme matière première les fruits, congelés, en conserve, ou encore la pulpe de fruit conservée. Le fruit doit être exempt de toute altération, privé d'aucun de ses composants essentiels et parvenu au degré de maturité approprié. Seuls les fruits bien murs, de couleur, de saveur et de texture caractéristiques doivent entrer dans les préparations des confitures (Albagnac *et al.*, 2002).

II.5.2. Sucre

Le sucre est utilisé pour assurer une bonne conservation de la confiture, en augmentant sa teneur en matière sèche et en diminuant son activité de l'eau inhibant ainsi le développement de certains micro-organismes (Gret *et al.*, 1999).

Les sucres autorisés sont ceux définis dans la directive 2001/ 111 /CE: le sucre mi-blanc, le sucre blanc, le sucre raffiné, le sucre liquide, le sucre liquide inverti, le sirop de sucre inverti, le sirop de glucose, le sirop de glucose déshydraté, la dextrose monohydratée, la dextrose (anhydre), le fructose, le sirop de fructose, le sucre roux/brun et les sucres extraits des fruits. Mais généralement, le saccharose ou sucre ordinaire de

commerce est le plus employé. Théoriquement, les pourcentages de sucre ajoutés aux fruits peuvent varier entre 50 à 80% selon leurs teneurs en sucre initiales (Gret *et al.*, 1999).

II.5.3. Acides

L'acide influence la qualité des confitures puisqu'il améliore la saveur, conserve la couleur. En plus, il facilite l'inversion du saccharose en glucose et fructose ainsi que la gélification des pectines. La plupart des fruits sont généralement acides, mais il existe des cas où le pH doit être corrigé par l'ajout d'acides tel l'acide citrique ou tartrique ou du citron. En effet, La gélification a lieu en milieu acide (pH<3,5).

L'acide citrique est le plus utilisé, c'est un triacide carboxylique (C₆H₈O₇) présent naturellement dans tous les êtres végétaux (Figure 5). L'acide citrique est considéré comme un additif alimentaire, conservateur, organoleptique (l'acide citrique confère à la confiture une bonne saveur), neutralisant et acidifiant (Moyle *et al.*, 2012).

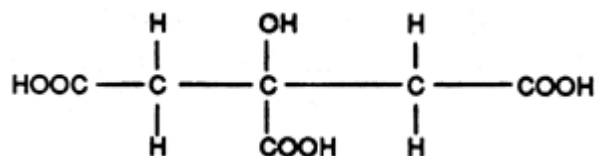


Figure 5 : L'acide citrique (Moyle *et al.*, 2012).

II.5.4. Pectine

En 1825 le chimiste français Braconnot donna le nom de pectine (du grec pektos signifiant « prise en gelée, rigide ») aux substances extraites de fruits et qui gélifient en milieu sucré et acide. Tous les fruits contiennent de la pectine en quantité et de qualité variables selon l'espèce de fruit, l'état de maturité et le milieu de culture (Machiels *et al.*, 2002).

Les pectines sont largement utilisées dans les industries agro-alimentaires pour ses propriétés gélifiantes, épaississantes et stabilisantes. La gélification naturelle des confitures dépend de la teneur en pectines, la teneur en sucre et le pH (Hui *et al.*, 2006).

Parfois, il est nécessaire de rajouter de la pectine pour les fruits relativement pauvres en pectines. Elle est présente sous 2 formes commerciales:

- Pectine en poudre: elle est ajoutée au début de l'ébullition et elle se dissout mieux si le taux de sucre demeure inférieur à 20%.
- Pectine liquide: elle peut être ajoutée à n'importe quel stade de fabrication.

II.5.5. Additifs

Les additifs autorisés dans l'industrie de fabrication de confiture sont les suivants :

- **Epaississants** (pectines E 440): épaississent les produits et les rendent plus fermes.

- **Acidifiants** (acide citrique E 330): rendent les produits plus sûrs, leur goût plus frais et augmentent parfois leur durée de conservation.

-**Antioxydants** (acide ascorbique E 333): limitent le rancissement des aliments et préviennent la coloration des produits.

- **Colorants**: procurent au produit une couleur destinée à le rendre plus attrayant. Le seul colorant autorisé est le jus de betteraves rouge E 162. Cependant, celui-ci n'est permis que pour renforcer la coloration des confitures.

-**Conservateurs** (acide lactique E 270): ils freinent la croissance des bactéries, champignons et levures. Ceci permet de conserver plus longtemps les produits alimentaires (Bouzonville *et al.*, 2004).

II.6. Altérations de la confiture

II.6.1. Altérations microbiologiques

Le pH bas et la faible activité d'eau, à cause de la présence de quantités importantes de sucre et de pectine, permet une bonne conservation de la confiture pour une longue durée mais elle peut être altérée que par les levures et les moisissures (Broutin 1998).

Lors de la préparation des ces produit le procédé de cuisson permet de détruire les micros-organismes. Mais il y a toujours un risque du développement des moisissures qui sont dangereuses pour la santé du consommateur et affectent la valeur nutritive de l'aliment. Le remplissage à chaud de contenants stériles, assure une bonne conservation (Broutin *et al.*, 1998).

Les germes présents dans les confitures proviennent en grande partie de la matière première comme les coliformes totaux, lescoliformes fécaux, *Staphylococcus aureus*, les salmonelles et les clostridiiums. D'autres peuvent être apportés par le sucre ou les sirops, des additifs alimentaires (pectine, acide citrique), et de la matière utilisée pour la fabrication (Nursten *et al.*, 2005).

II.6.2. Altérations chimiques

II.6.2.1. Brunissement enzymatique (BE)

Le brunissement enzymatique est un processus naturel qui rend certains constituants bruns, en particulier les aliments. Ce processus chimique implique une réaction d'oxydation catalysée par une enzyme: la polyphénol oxydase (PPO). Cette dernière transforme les composés phénoliques le plus souvent en polymères colorés (Branger *et al.*, 2007). Le brunissement enzymatique regroupe deux étapes enzymatique la première appelée hydroxylation enzymatique catalysée par l'enzyme crésolase permet de transformer les phénols, qui ne sont pas des substrats de l'enzyme, en ortho diphénoles toujours incolores mais qui sont les substrats de l'oxydation. La seconde appelée oxydation enzymatique catalysée par la catécholase correspond à la transformation des orthodiphénols en orthoquinones (Figure 6).

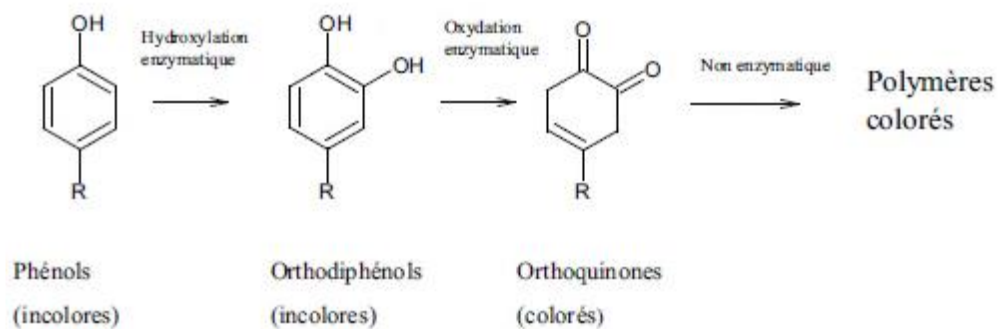


Figure 6 : Etapes du brunissement enzymatique (Branger *et al.*, 2007).

II.6.2.2. Brunissement non enzymatique (BNE)

Le BNE est un ensemble de réaction très complexes aboutissant dans divers aliment à la formation des pigments noirs ou bruns, de modifications l'odeur et de la saveur et à la perte de la valeur nutritionnelle décrite par Louis Maillard en 1912 (Brémaud, 2006). Cette réaction est la plus importante dans la chimie des aliments. Elle a lieu lors du stockage des aliments ou plus fréquemment lors de leur traitement par des processus thermiques. En plus de son rôle dans le développement des saveurs (Machiels *et al.*, 2002), la réaction de Maillard est une interaction des sucres réducteurs avec des acides aminés et l'ensemble de leurs réactions successives. Il se caractérise par un mécanisme sous l'effet des facteurs suivants: l'activité de l'eau, pH, la température et la nature des sucres réducteurs (Brémaud *et al.*, 2006).

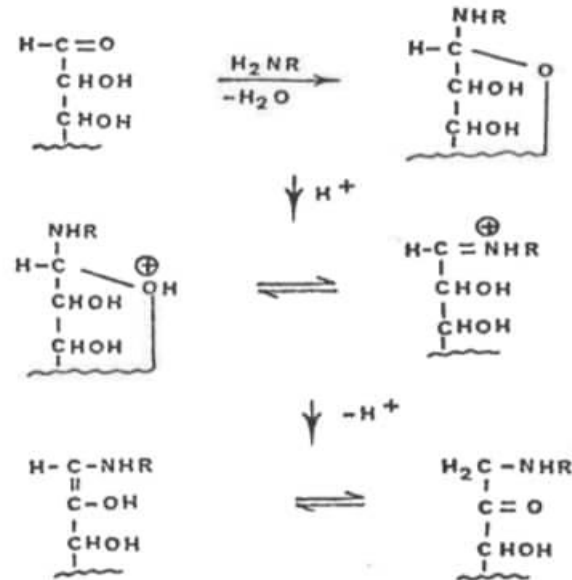


Figure 7 : Formation des intermédiaire d'Amadori (Amino-1 déoxy-1 cétooses-2, R = CH(R')COOH) (Metzger *et al.*, 1983).

II.6.3. Altérations organoleptiques

Pendant le stockage, les produits alimentaires en générale et la confiture en particulier peuvent subirent une décoloration et un changement du goût, mauvaise odeur ainsi que leurs valeurs nutritive (Hayma *et al.*, 2004).

Partie
expérimentale

Matériel
et
méthodes

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

III.1. Matériel végétal

En Algérie, la betterave rouge trouve des conditions extrêmement favorables pour son développement mais très peu cultivé. Elle est connue non seulement par son goût doux et modérément sucré, mais aussi par la richesse de celles-ci en fibres, en sucre, en minéraux tels que le fer et en vitamines du groupe B (B₁, B₂, B₃ et B₆) (Schwartz et Von Elbe, 1980). La variété étudiée dans cette étude a été achetée du marché local d'Edimco dans la wilaya de Bejaia le mois de novembre 2021 (Figure 8).



Figure 8 : Photographie du fruit de betterave (photo prise le 08/11/2021).

III.2. Traitement des échantillons

L'échantillon de betterave acheté mesure environ 12 Kg. Les betteraves sont lavées, bien essuyées à l'aide d'un papier absorbant, en suite elles se sont débarrassées des parties non comestibles et enfin coupées en petits cubes afin de constituer l'échantillon représentatif. Ce dernier est partagé en lot de 1 Kg dans des sacs de congélation bien fermés puis congelés à une température de - 18 °C jusqu'au moment de préparation de la confiture.

III.3. Elaboration de la confiture de betterave

Le diagramme de production décrit les étapes de préparation pour 1 kg de betterave sans ajout de pectine (Figure 9).



1-Mettre 1 Kg d'écorce dans un récipient



2- Addition de 500 g de sucre cristallisé



3-Addition du jus d'un citron et laisser reposer pendant 24h



4- Faire cuire le mélange dans une cocotte à 100 °C pendant 30 min, puis broyer le mélange à l'aide d'un mixeur



5- Tester si la goutte de confiture durcit sur l'assiette, la confiture est prête



6- Stérilisation des bocaux dans l'eau bouillante



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



8-Refroidissement et stockage réfrigéré

Figure 9 : Photographie des différentes étapes de préparation de la confiture.

La confiture élaborée est soumise à des analyses physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles. De plus, une évaluation de leur teneur en substances bioactives et leur propriétés anti-oxydantes a été réalisée.

III.4. Effet de stockage

L'effet du stockage est réalisé après 1, 2, 3, 4 et 5 mois de stockage à 4°C. A chaque mois on évalue sa qualité physico-chimique, sensorielle, sa teneur en antioxydants et son activité antioxydante. Cependant, la qualité microbiologique a été réalisée seulement sur la confiture fraîche et la confiture stockée 5 mois.

III.5. Détermination des propriétés physico-chimiques

III.5.1. pH

Le pH permet de mesurer le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une solution aqueuse après l'avoir étalonné avec des solutions tampons a pH= 4 et a pH = 9. Il est déterminé a l'aide d'un pH mètre constitué d'une sonde reliée a un voltmètre. Une prise d'essai de 10g est ajustée avec de l'eau distillée à un volume de 25ml, l'ensemble a subi une agitation pendant 30 minutes suivies d'une filtration. La sonde est introduite dans le filtrat récupéré ensuite relevé la valeur du pH indiquée sur l'écran digital après stabilisation de la mesure (DGCERF, 2008).

III.5.2. Acidité titrable

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

$$\text{Acidité (\%)} = (N_b * V_b * M) / (V_a * P) * 100$$

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

V_a: Volume de la prise d'essai (V= 3,33 ml).

V_b: Volume de la solution NaOH (ml).

N_b: Normalité de la solution NaOH (0,01N).

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

III.5.3. Teneur en eau (humidité)

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

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

H (%): Humidité en pourcentage.

M₁: Masse de la capsule plus la masse de la matière fraîche.

M₂: Masse de la capsule plus la masse de la matière sèche.

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

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

III.5.4. Conductivité

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

III.5.5. Degré Brix

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

III.5.6. Dosage des sucres

La teneur en sucres des confitures élaborées est déterminée selon la méthode AFNOR (1982). Brièvement, 10 g de l'échantillon sont introduits dans un bêcher de 100 ml, 2,5 ml d'acétates de zinc (30%) sont additionnés, le volume est ajusté à 2/3 du volume

du bêcher avec de l'eau distillée. Le mélange est agité à plusieurs reprises et laissé reposer pendant 15 min, puis ajuster avec de l'eau distillée jusqu'à 100 ml suivi d'une homogénéisation. La solution est filtrée puis récupéré le filtrat.

III.5.6.1. Dosage des sucres totaux

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

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

V: Volume de la solution mère (ml)

V₂: Volume du filtrat utilisé pour le titrage (ml)

III.5.6.2. Dosage des sucres réducteurs

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

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

V: Volume de la solution mère en ml.

V₁: Volume du filtrat utilisé pour le titrage (ml).

III.5.6.3. Dosage des sucres non réducteurs (saccharose)

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

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

III.5.7. Degré de brunissement non enzymatique

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

III.5.8. Mise en évidence de la présence de pectines

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

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

III.6. Extraction et dosage des antioxydants

III.6.1. Composés phénoliques

III.6.1.1. Extraction

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

III.6.1.2. Dosages des polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux des confitures étudiées est déterminée selon la méthode décrite par Nickavar *et al.* (2008). Brièvement, 0,6 ml du filtrat sont mélangés à 3 ml du réactif Folin-Ciocalteu (dilué au 1/10) et incubé à température ambiante. Après 10 min, 2,4 ml de solution de carbonate de sodium (Na_2CO_3) (75 g/L) sont ajoutés. L'ensemble est agité et conservé à l'abri de la lumière, durant 1 h à la température

ambiante puis l'absorbance est mesurée à 765 nm. La concentration en composés phénoliques des extraits est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue dans les mêmes conditions en utilisant l'acide gallique comme standard (Annexe I) et les résultats sont exprimés en milligramme Equivalent d'Acide Gallique par 100 g d'Echantillon (mg EAG/100 g d'Ech).

III.6.1.3. Extraction et dosage des anthocyanines et flavonols

La teneur en anthocyanines de confiture de betterave a été déterminée selon la méthode décrite par Ganjewala *et al.* (2008). 1 g de confiture est additionné à 10 ml du mélange méthanol-acide chlorhydrique, après 30 min d'agitation. On mélange 0,5 ml de surnageant avec 4.5 ml du mélange méthanol-acide chlorhydrique. L'absorbance est mesurée à 530 nm. Les résultats sont exprimés en mg Equivalent Delphinidin-3-Rutinoside par 100 g de d'échantillon (mg ED3R/100 g Ech), ils sont calculés en se référant à la formule:

$$C = \text{ABS} * \text{MM} * \text{FD} * 1000 / \epsilon L$$

ABS: Absorbance à 530nm.

L: Trajet optique.

FD: Facteur de dilution.

MM: Masse molaire moyenne de la Delphinidine -3- Rutinoside: 465 g/mol.

ϵ : Coefficient d'extinction molaire delphinidine -3- rutinoside ($\epsilon = 29000 \text{ L. mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$).

Concernant le dosage des flavonols, il se fait de la même manière seulement l'absorbance est de 360 nm. Les résultats exprimés en mg équivalent de Quercétine-3-Glucoside par 100g d'échantillon (mg EQ3G/100 g Ech), ils sont calculés en se référant à la formule:

$$C = \text{ABS} * \text{MM} * \text{FD} * 1000 / \epsilon L$$

ABS: Absorbance à 360 nm.

L: Trajet optique.

FD: Facteur de dilution.

MM: Masse molaire moyenne de la Quercétine-3-Glucoside : 464.4g/mol.

ϵ : coefficient d'extinction molaire de la Quercétine-3-Glucoside ($\epsilon=20000 \text{ L. mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$).

III.6.1.4. Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes est déterminée selon la méthode de Djeridane *et al.* (2006). 3 ml d'extrait est additionné à 3 ml de chlorure d'aluminium (AlCl_3) à 2%. Après 15 min, l'absorbance est mesurée à 420 nm. Les résultats sont exprimés en milligramme Equivalent Quercétine par 100 g d'Echantillon (mg EQ/100 g d'Ech) en se référant à la courbe d'étalonnage (Annexe I).

III.6.2. Extraction et dosage de l'acide ascorbique

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

III.6.3. Tanins condensés (proanthocyanidine)

La teneur en proanthocyanidines des extraits est déterminée selon la méthode décrite par Vermerris et Nicolson (2008). Un volume de 2 ml de sulfate de fer est ajouté à 200 μl d'extrait. Les tubes sont incubés à 95 °C pendant 15 min. L'absorbance est mesurée à 530 nm. Les résultats obtenus sont exprimés en mg Equivalent Cyanidine par 100 g d'Echantillon (mg EC/100 g d'Ech), sont calculés la formule suivante :

$$C \text{ (mg EC/100g)} = \text{Abs.MM.FD.1000/ } \epsilon.L$$

D'où :

Abs : Absorbance à 530 nm.

MM : Masse molaire de la cyanidine (287,24 g/mol).

FD : Facteur de dilution.

L : Trajet optique.

ϵ : Coefficient d'extinction molaire de la cyanidine ($\epsilon = 34700 \text{ L. mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$).

III.7. Evaluation du pouvoir antioxydant

III.7.1. Inhibition du radical DPPH°

L'activité antiradicalaire des extraits est déterminée par une méthode basée sur la réduction du radical diphényl picryl-hydrazyl (DPPH°), par don d'atomes d'hydrogènes ou d'électrons (Molyneux, 2004). Le protocole utilisé dans cette méthode est celui de Milardović *et al.* (2006). Il consiste à mélanger 2,9 ml de la solution DPPH° ($6 \cdot 10^{-5}$) avec 100 µL de chaque extrait; la mesure de la réaction de réduction de la solution du DPPH° a été faite à 515 nm après 30 min d'incubation. Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition par la moyenne de trois mesures.

$$\text{Activité antiradicalaire (\%)} = [(\text{Abs}_{\text{Contrôle}} - \text{Abs}_{\text{Echantillon}}) / \text{Abs}_{\text{Contrôle}}] \times 100$$

Où

Abs Contrôle: Absorbance du contrôle à 515 nm.

Abs Echantillon: Absorbance de l'échantillon à 515 nm.

III.7.2. Inhibition du radical ABTS^{•+}

L'activité de piégeage du radical ABTS^{•+} de la confiture de betterave a été mesurée par la décoloration du cation ABTS^{•+} telle qu'elle est décrite par (Re *et al.*, 1999), qui consiste à additionner 2 ml de la solution d'ABTS^{•+} ($A_{734 \text{ nm}} = 0,700 \pm 0,020$) à 20 µl de l'extrait. La lecture de l'absorbance est mesurée, à partir de la première minute pendant 6 minutes, à 734 nm. Les pourcentages d'inhibition du radical ABTS^{•+} sont calculés selon la formule ci-dessous :

$$\text{PI \%} = [(\text{Abs}_{\text{Contrôle}} - \text{Abs}_{\text{Extrait}}) / \text{Abs}_{\text{Contrôle}}] \times 100$$

Abs Contrôle: Absorbance du témoin après 30 min à 734 nm.

Abs Extrait: Absorbance de l'extrait après 30 min à 734 nm.

III.8. Analyse microbiologique de la confiture

Le contrôle microbiologique de la confiture de betterave est effectué au niveau du laboratoire d'hygiène de la wilaya de Bejaia et selon les directives générales de normes française pour le dénombrement des micro-organismes (NF 4833,1991). Les analyses microbiologiques ont pour but d'assurer que la confiture préparée présente une qualité

hygiénique et commerciale supérieure. Le Tableau IV suivant résume l'ensemble de germes recherchés et dénombrés (Annexe III).

Tableau IV: Analyses microbiologiques.

Germes recherchés	Milieux utilisés	Température d'incubation	Durée d'incubation
Coliformes totaux	VRBL	37	48h
Coliformes fécaux	VRBL+ Shubert	44	24h
<i>Staphylococcus aureus</i>	GC+ Chapman	37	48h+24h à 72h
Salmonelles	SFB+ Hektoen	37	24h+24h
<i>Clostridium (CSR)</i>	Gélose VF	37	48h
Levures et Moisissures	Sabouraud	30	3 à 5 jours

III.9. Analyses sensorielles de la confiture

L'évaluation sensorielle est une science multidisciplinaire essentielle dans toutes études alimentaires et s'applique dans divers domaines comme l'amélioration des produits, le contrôle de la qualité, l'entreposage et le développement des processus (Watts *et al.*, 1991).

L'analyse sensorielle fait appel à des dégustateurs en faisant intervenir les organes des sens qui sont regroupés en cinq modalités: la vue, l'odorat, le goût, le toucher et l'ouïe.

Pour mesurer les caractéristiques sensorielles et l'acceptabilité de produits alimentaires ainsi que de nombreux autres produits, c'est pour cela que la réaction humaine ne peut être remplacée ni reproduite par un autre instrument (Watts *et al.*, 1991).

III.9.1. Objectif d'une analyse sensorielle

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

III.9.2. Les propriétés sensorielles étudiées

Les propriétés sensorielles sont perçues quand nos organes sensoriels interagissent

avec les stimuli du monde qui nous entoure (Kemp *et al.*, 2011). La qualité hédonique de la confiture de betterave est jugée selon les propriétés organoleptiques suivantes:

❖ **Aspect ou l'apparence**

C'est l'ensemble des propriétés visibles d'une substance ou d'un objet (ISO, 1992). D'après Clark *et al.* (2009), l'aspect se réfère à beaucoup plus qu'à la couleur; c'est l'identification et l'évaluation des propriétés (structure, opacité, couleur extérieures).

❖ **Couleur**

La couleur est définie dans un espace à trois dimensions: la teinte (rouge, bleu, vert, jaune, rose, etc.), la luminosité (clair-foncé) et la saturation (couleur vive ou plutôt terne, grisâtre) (Bauer, 2010). La couleur d'un aliment peut être due aux constituants de ce dernier donc naturelle (pigments naturels tel que les carotènes, la chlorophylle,...), ou à des colorants alimentaires autorisés additionnés (Jellinek *et al.*, 1985).

❖ **Texture**

Selon Bauer (2010), la norme ISO 5492 définit la texture comme « l'ensemble des propriétés mécaniques, géométriques et de surface d'un produit perceptibles par les mécanismes récepteurs, les récepteurs tactiles et éventuellement par les récepteurs visuels et auditifs ». C'est l'ensemble des propriétés mécaniques, géométriques et de surface d'un produit (Iso, 1992). Les sensations qui se manifestent lors de cette perception sont celles du toucher et de la kinesthésie. Elles sont perçues d'abord par l'intermédiaire de la main et en second lieu dans la bouche (Dupin *et al.*, 1992).

❖ **Gout ou saveur**

Il correspond à la sensation perçue par l'organe gustatif lorsqu'il est stimulé par certaines substances solubles (AFNOR, 1992).

Les saveurs (ou les goûts) sont perçues par l'organe gustatif (les papilles de la langue) lorsqu'il est stimulé par certaines substances solubles. Il s'agit des sensations salées, sucrées, acides et amères (Delacharlerie *et al.*, 2008).

❖ **Odeur**

Ces propriétés sont perceptibles par l'organe olfactif: l'odeur en « flairant » certaines substances volatiles, l'arôme par voie retro-nasale lors de la dégustation (AFNOR, 1992). Les conditions pré-requises pour les dégustateurs (testeurs) volontaires sont les suivantes:

- 1- Des personnes en bonne santé (pas de rhume, pas de traitement médical permanent).
- 2- Ne pas utiliser de produits cosmétiques à forte odeur.

- 3- Ne pas fumer au moins une à deux heures avant le test.
- 4- Ne pas être trop rassasié ni affamé avant le test.
- 5- Être calme, concentré et intéressé.

III.9.3. Présentation des échantillons et déroulement de l'épreuve

Les six échantillons de confitures ont été préparés, la seule différence entre eux est la date de fabrication. Une quantité de chaque échantillon de confiture est mise dans un gobelet où les numéros des échantillons sont mentionnés (pot 1, pot 2, pot 3, pot 4, pot 5, pot 6) puis ils sont présentés pour les jurys. En outre, deux autres gobelets sont présentés dont l'un est rempli d'eau de rinçage et l'autre est réservé pour cracher. A chaque dégustation en passant d'un pot à un autre on doit rincer la bouche. Les échantillons doivent être présentés d'une façon neutre et garder l'anonymat appelée également « masquage ». Il est à rappeler que la température des échantillons au moment de test devrait correspondre à la température de leur consommation habituelle (Buchecker et al., 2008).

III.9.4. Réalisation d'un panel de dégustation de la confiture

Le groupe de panelistes est constitué de cent-soixante-quinze personnes entre enseignants et étudiants de l'université dont la tranche d'âge est entre 20 et 61 ans et cinq experts entraînés. Les dégustateurs sont appelés à évaluer les confitures préparées par rapport à leur aspect, couleur, texture, goût, odeur et sucre. Chaque paramètre testé est évalué par une note dans un questionnaire d'analyse sensorielle (Annexe II).

III.9.5. Recueil des résultats

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

III.10. Analyse statistique

Une analyse descriptive des résultats a été réalisée à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel 2010 afin de déterminer les moyennes, les écarts type et les pourcentages.

Toutes les données représentent la moyenne de trois essais. Pour la comparaison des résultats obtenus, l'analyse de la variance, ANOVA (STATISTICA 5.5) est utilisé et le degré de signification de données est pris à la probabilité $p < 0,05$.

Résultats
et
discussion

IV.1. Paramètres physico-chimiques de la confiture élaborée

Le Tableau V résume les propriétés physico-chimiques de la confiture de betterave d'après les analyses effectuées.

Tableau V: Résultats des paramètres physico-chimiques.

Paramètres	Valeurs
pH	5,01 ± 0,02
Humidité (%)	59,00 ± 1,41
Matière sèche (%)	41,00 ± 1,41
Acidité (%)	0,15 ± 0,01
Brix (%)	46,58 ± 0,38
Conductivité (µs cm⁻¹)	0,00147 ± 0,0001
Sucres Totaux (%)	70,18 ± 0,00
Sucres Réducteurs (%)	14,37 ± 0,33
Sucres non réducteurs (%)	55,81 ± 0,33
Pectine	Présence
IBNE	0,56 ± 0,01

IV.1.1. pH

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

Le pH est un critère principal dans la fabrication de la confiture, les normes internationales exigent un pH relativement acide à la fin du procédé (confiture finale). La valeur du pH est de 5,01 ± 0,02 pour la confiture fraîche (C₀) (Tableau V). Ces résultats sont proches à celle enregistrée pour la confiture du fruit d'*Opuntia ficus indica* 5,54 (Temagoult, 2017), et à ceux obtenus par (Muhammad *et al.*, 2008), dans la confiture du fruit de pomme qui est de l'ordre de 4,6. Nos résultats sont par contre supérieure à celle obtenu dans (Benmeziane *et al.*, 2018), avec une valeur de 4,1, la confiture de pomme 3,75 (Hussain, 2010) et à (Kamal *et al.*, 2015) avec un pH égal à 3,69 pour la confiture d'abricot

et orange. Cette différence est probablement due à la composition du fruit utilisé, des ingrédients ajoutés et à la méthode de préparation suivie.

IV.1.2. Teneur en eau

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

La préservation de la composition chimique de la cellule est réalisée en éliminant l'eau des fruits par une évaporation (Tomas-Babera, 2001). Le taux d'humidité enregistré dans la confiture élaborée est $59,00 \pm 1,41$ %, (Tableau V). Ce résultat est supérieur aux résultats enregistrés par (Cascales *et al.*, 2020) dans leur étude portée sur confiture commerciale élaborées à base du coing espagnol avec un taux de 37,5 %, à la confiture du melon qui est de l'ordre de 24,20 % réalisée par (Benmeziane *et al.*, 2018). Nos résultats sont également supérieurs à la valeur citée par (Belitz *et al.*, 2009), qui est de 36,90%. Cette différence est probablement due à la différence dans le taux d'humidité du fruit frais utilisé dans la préparation de la confiture.

Sachant que la plage de développement des microorganismes se situe à une humidité relative supérieure à 70% pour les levures et les moisissures. Ce taux d'humidité est supérieur à 75% pour toutes les bactéries. Toutefois, le produit peut être conservé plus longtemps car son taux d'humidité est assez faible (Lovaliana *et al.*, 2011).

IV.1.3. Matière sèche

Un autre aspect important est le fait que le contenu en composants ou ingrédients est normalement donné en rapport avec la matière sèche, ce qui rend nécessaire la détermination correcte de la teneur en eau (Isengard *et al.*, 1995). D'après les résultats obtenus, les taux de matière sèche enregistrée pour la confiture fraîche est $41,00 \pm 1,41$ % (C_0) (Tableau V). Ce résultat est inférieur aux taux enregistrés dans la confiture d'abricot (65%) (Aziz *et al.*, 2021), et au taux enregistrés pour la confiture de melon qui est estimé à 75,80% (Benmeziane *et al.*, 2018); cela est du probablement au taux d'humidité légèrement élevé.

IV.1.4. Acidité titrable

L'acidité titrable est une mesure de la concentration totale d'acide, exprimée en mg d'équivalent acide citrique par 100g de confiture. Le taux d'acidité enregistré pour les

confitures C₀ est de $0,15 \pm 0,01$ % (Tableau V). Ce taux est inférieur à la valeur de l'acidité de la confiture préparée à base d'un mélange de pulpe de banane qui est de l'ordre de 1,07 à 1,94 mg/100 g (Ronielli *et al.*, 2014).

García-Viguera *et al.* (1999) ont rapporté des valeurs comprises entre 0,6 et 1,2 g/100g pour la confiture de fraise, ces valeurs sont supérieures à celles obtenues dans notre étude. Par ailleurs, les études effectuées par Touati *et al.* (2014), ont donné des valeurs supérieures à nos résultats où l'acidité constatée est de 0,82 %. L'étude menée par García-Martínez *et al.* (2002), rapporte une acidité titrable pour la confiture de kiwi (0,47 g/100g) proche de nos résultats. Des acidités de 0,44; 0,5 et 0,22 g/100g ont été enregistrées par Aslanova *et al.* (2010) pour les confitures d'abricot, de cerise et de fraise, respectivement. Ces différences enregistrées dans le taux d'acidité entre la confiture étudiée par rapport aux résultats rapportés peuvent être dues à la différence dans le taux d'acide citrique présent dans le jus de citron additionné lors de la cuisson et à la nature des fruits.

IV.1.5. Degré Brix (TSS)

Le degré Brix désigne le taux de matière sèche soluble ou le taux de solide soluble (TSS). Selon (Derrardja, 2014), la concentration de la matière soluble doit être maintenue au niveau qui empêche la croissance des levures et moisissures. Le degré Brix de la confiture élaborée est $46,58 \pm 0,38\%$ pour la confiture C₀ (Tableau V). Nos résultats sont inférieurs à ceux obtenus par Inam *et al.* (2012) et Ferreira *et al.* (2004) qui ont enregistré des valeurs de 67,12 ° Brix pour la confiture à base de mangue, ananas, d'orange et 59,2 à 75,1 °Brix pour la confiture de coing, respectivement.

IV.1.6. Conductivité

Les minéraux responsables de la conductivité sont des substances essentielles pour le bon fonctionnement de l'organisme. La conductivité de confiture élaborée est très faible (Tableau V) qui est de l'ordre de $0,00147 \pm 0,000189$ µs/cm. Ce résultat est largement inférieur à celui noté dans la confiture du melon avec une valeur de 445,228 µs (Benmeziane *et al.*, 2018), Ce qui signifie que la confiture de betterave est un produit faiblement minéralisé, ce qui fait de cette dernière, un produit à faible conductivité.

IV.1.7. Teneur en sucres totaux, réducteurs et non réducteurs

Les sucres sont aussi importants dans la conservation des aliments (produit frais); une haute teneur en sucre empêche la prolifération microbienne et la détérioration des

aliments ainsi qu'il prolonge également leur durée de conservation. Le Tableau V indique que la teneur en sucres totaux est de l'ordre de $70,18 \pm 0,00\%$. La teneur en sucres réducteurs est de l'ordre de $14,37 \pm 0,33\%$. De même, le taux des sucres non réducteurs sont enregistrés avec le taux de $55,81 \pm 0,33\%$. Le résultat enregistré pour le sucre totaux est élevée à celui noté par Benmeziane *et al.*(2018) lors de l'élaboration de la confiture de melon avec un taux de 56,18 g/100 g. En outre, Le résultat des sucre non réducteur obtenue dans la présente étude est élevée à celui noté par les précédents auteurs lors de l'élaboration de la confiture de melon avec un taux de 29,29 g/100 g.

Selon les résultats obtenus par Kanwal *et al.* (2016), les taux des sucres totaux et non réducteurs sont inférieur aux résultats enregistrés pour les confitures étudiées qui sont de l'ordre de 63,40 g/100g et 12,51 g/100g, respectivement. Cependant, le taux des sucres réducteurs qui est de l'ordre de 50,85 g/100g, est largement supérieur aux résultats obtenus dans le présent travail. Pour assurer cette fonction, la quantité de sucre doit être comprise entre 65 g et 70 g pour 100 g de produit (ou encore 65 à 70° Brix) car le sucre joue aussi un rôle organoleptique, quand il est cuit à différents stades (temps/température) contribue très largement à la saveur des fruits cuits et au même temps il est considéré comme agent de masse; il apporte de la consistance, de la masse au produit et il favorise la gélification de la confiture (Pnns, 2007).

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

IV.1.8. Indice de brunissement non enzymatique (IBNE)

Le degré de brunissement non enzymatique est une réaction des sucres de l'aliment avec des acides aminés en présence de la chaleur ou lors du traitement thermiques qu'on appelle aussi la réaction de Maillard. Le résultat de l'indice de brunissement non enzymatique de notre échantillon de confiture analysé est de l'ordre de $0,56 \pm 0,01$ (Tableau V). L'IBNE noté dans la confiture élaborée est inférieur a celle obtenue dans la

confiture du melon qui est de l'ordre de 0,61 (Benmeziane *et al.*, 2018). Un résultat similaire a été trouvé par (Arkoub-Djermoune, 2016), ces auteurs ont rapporté que l'indice de BNE d'aubergine augmente après la cuisson avec des pourcentages de 48,89%, 66,18% et 76,76% dans l'aubergine grillée, frite et cuite au four, respectivement. Le brunissement subit par la confiture due à la réaction de Maillard qui a eu lieu lors de la pasteurisation et de la cuisson. En effet, le brunissement enzymatique est défavorisé par une diminution du pH et avec le traitement thermique. Toutefois, le BNE est favorisé par les traitements thermiques et il peut encore se produire à un pH faible de l'ordre de 4.0 (Besbes *et al.*, 2009).

IV.1.9. Pectine

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

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

IV.2. Effet de la conservation sur les propriétés de la confiture

IV.2.1. Propriétés physico-chimiques

IV.2.1.1. pH

La détermination du pH est très importante dans le cas des confitures. Elle indique la qualité de la conservation et sert à mettre en évidence d'éventuelle fermentation microbienne. Les résultats de la mesure du pH de la confiture et l'évolution au cours de la conservation sont représentés dans la Figure 10.

Le pH de la confiture de betterave augmente significativement après cinq mois de stockage jusqu'à 5,3. Nos résultats concordent également avec le résultat noté par Kadri et Kellou, (2014), qui ont constaté une augmentation de pH des confitures de figues sèches de jujube) stockés à différentes températures.

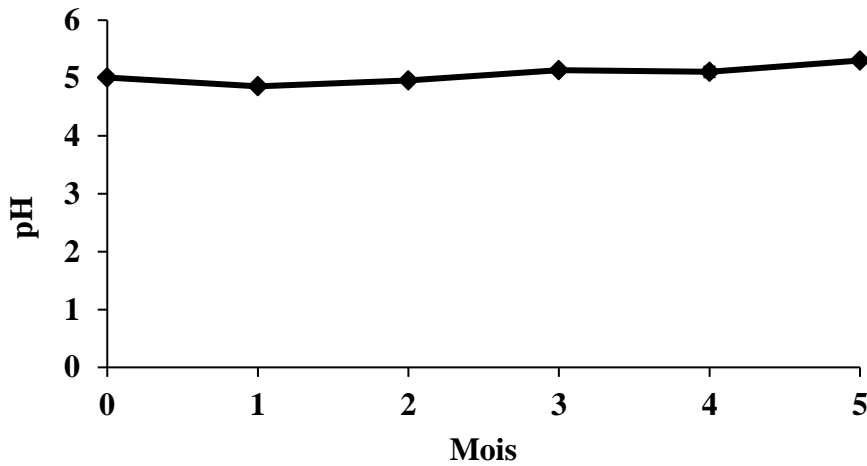


Figure 10 : Effet du stockage sur le pH de la confiture élaborée.

IV.2.1.2. Teneur en eau

La connaissance de l'humidité de la confiture renseigne sur l'aptitude de ce produit à la conservation et sur d'éventuel développement microbien. L'humidité correspond à la perte de poids observée après dessiccation dans l'étuve jusqu'à poids constant.

D'après les résultats obtenus dans la Figure11, montre une légère diminution du taux de l'humidité pour les trois premier mois du stockage (de 70% à 52%), puis une stabilité pour la fin de la conservation. Cela concorde avec Muhammad *et al.* (2008), qui ont rapporté une baisse d'humidité de la confiture de pomme durant les 90 jours de stockage.

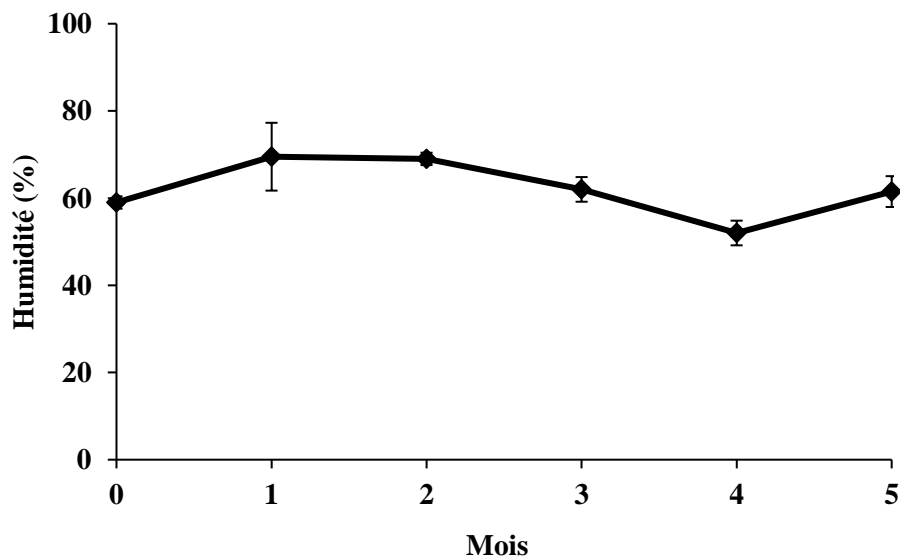


Figure 11 : Effet du stockage sur l'humidité de la confiture élaborée.

IV.2.1.3 Acidité titrable

La valeur de l'acidité nous renseigne sur la stabilité, la qualité et la durée de vie de la confiture. Elle est due à la présence des acides organiques dans les fruits et ceux qui sont formés durant la conservation.

L'évolution de l'acidité de la confiture analysées au cours de stockage sont illustrés dans la Figure 12. L'analyse statistique montre une diminution significative ($p < 0,05$) de l'acidité pendant le stockage de 0,15 % à 0,13 % au cours du stockage. Ces résultats de l'acidité rapprochés aux tests pH font montre de la relation nette entre critère pH et critère acidité: plus le pH est élevée, plus l'acidité est faible dans la confiture. La même observation est noté par Vidhya et Narain (2010) dans la confiture de pomme de après 90 jours de stockage. Cette diminution est expliquée par l'interaction de l'acide citrique avec d'autres molécules.

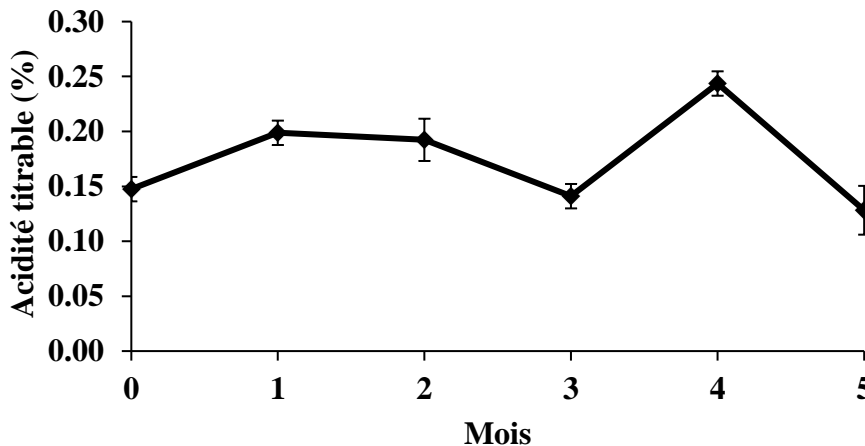


Figure 12 : Effet du stockage sur l'acidité de la confiture élaborée.

IV.2.1.4. Conductivité

Les résultats obtenus dans la présente étude montrent qu'il y'a une différence significative ($p < 0,05$) entre les confitures analysées (Figure 13). Le stockage à 4°C pendant cinq mois a provoqué une diminution significative de la conductivité. Aucun résultat n'a été trouvé sur l'effet de stockage sur la conductivité.

IV.2.1.5. Indice de brunissement non enzymatique (IBNE)

Les résultats obtenus dans cette étude montrent qu'il existe une différence significative ($p < 0,05$) de l'IBNE entre la confiture fraîche et la confiture stockée. La Figure 15 montre que le stockage a causé une diminution significative ($p < 0,05$) de l'IBNE. Cependant, aucun résultat n'a été rapporté concernant l'effet de stockage sur l'IBNE.

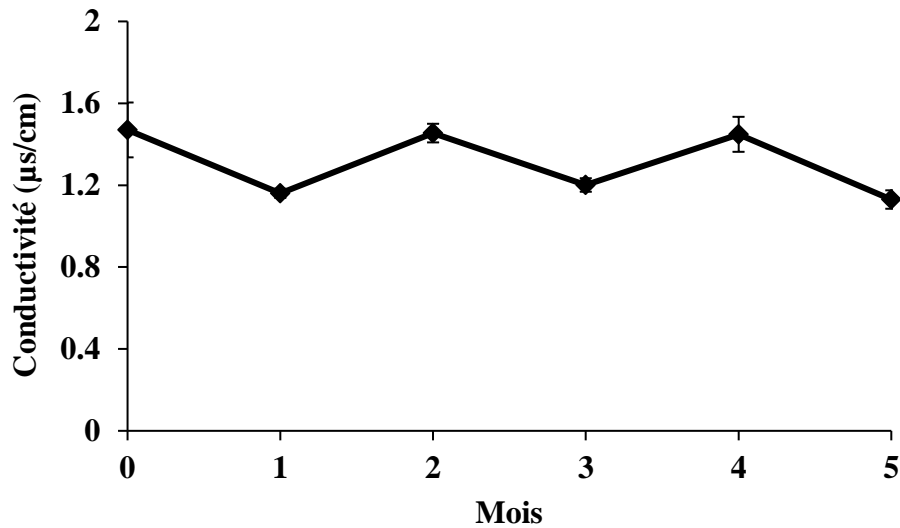


Figure 13 : Effet du stockage sur la conductivité de la confiture élaborée.

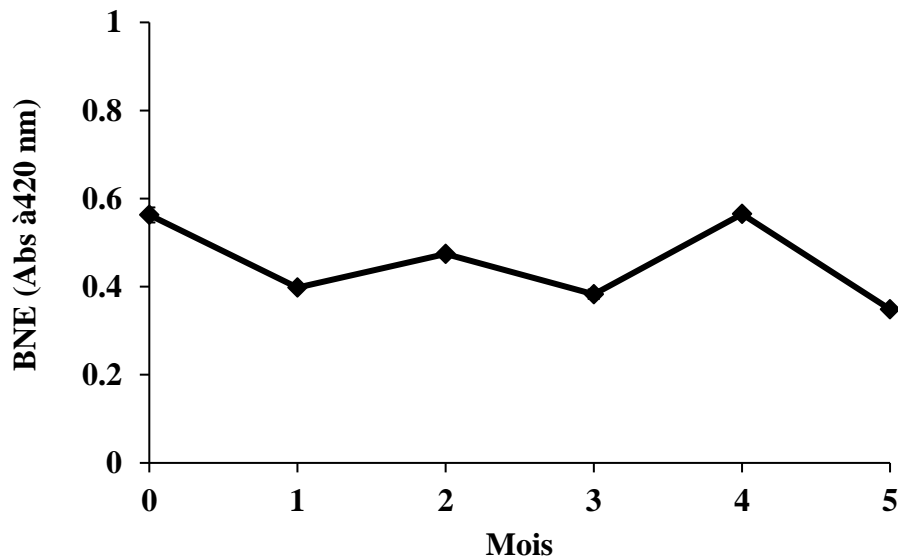


Figure 14 : Effet du stockage sur le BNE de la confiture élaborée.

IV.2.2. Antioxydants

IV.2.2.1. Composés phénoliques

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

Les résultats obtenus dans la présente étude montrent qu'il y'a une différence significative ($p < 0,05$) entre les confitures analysées (Figure 15). La teneur en polyphénols enregistrées pour la confiture étudiée est de $32,09 \pm 1,15$ mg EAG/100 g (J_0). Ce résultat est inférieur à ceux rapportés par Hebbache *et al.* (2013) et Meenaks *et al.* (2014) concernant

la confiture de fraise et d'argousier (Sabri) avec des taux respectifs 193,59 mg EAG/100 g et 226,8 mg EAG/100 g, respectivement. Cependant, le taux de polyphénol dans la confiture élaborée est inférieur à celui rapporté par Meenaks *et al.*, (2014) pour la confiture de figue avec un taux de 60,43 mg EAG/100 g. La différence constatée dans la teneur en polyphénols est probablement attribuée à la différence entre les échantillons de fruits distincts qui est en relation avec le type ou la variété du fruit, de son origine et sa maturité.

En plus, le contenu polyphénolique varie qualitativement et quantitativement selon plusieurs facteurs: facteurs climatiques et environnementaux (la zone géographique, sécheresse, sol, agression et maladie ...etc) (Ebrahimi *et al.*, 2008), le patrimoine génétique, la période de la récolte et le stade de développement de la plante (Miliauskas *et al.*, 2004).

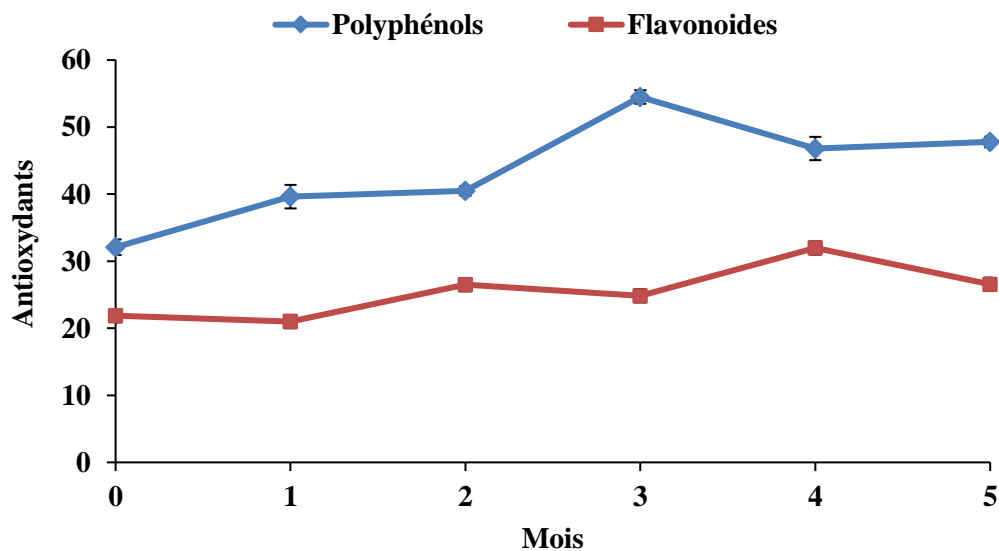


Figure 15 : Teneurs en polyphénols et flavonoïdes des extraits de confiture élaborée au cours du stockage.

Les teneurs en polyphénols sont exprimées en milligramme Equivalent Acide Gallique (mg EAG/100 g d'Ech).

Les teneurs en flavonoïdes sont exprimées en milligramme Equivalent Quercétine (mg EQ/100 g d'Ech).

L'évolution de la teneur en composés phénoliques totaux au cours du stockage à 4 C° (Figure 15) montre que la conservation provoque une augmentation de la teneur en polyphénols. La stabilité des polyphénols dans la confiture est influencée par plusieurs facteurs dont la durée et les conditions de stockage et le type d'emballage (Da Silva Pinto *et al.*, 2007).

IV.2.2.2. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont les composés les plus étudiés (Hidalgo *et al.*, 2009). Ils sont capables de moduler l'activité de certaines enzymes et de modifier le comportement de plusieurs systèmes cellulaires, suggérant qu'ils pourraient exercer des activités biologiques, notamment des propriétés antioxydantes, vasculo-protectrices, anti-inflammatoires, antiulcéreuses et même anticancéreuses (Ghedira, 2005).

La concentration des flavonoïdes dans les extraits de confiture de betterave varie significativement à $p < 0,05$, la valeur notée pour la confiture élaborée est de $21,86 \pm 0,30$ mg EC/100 g d'Ech (Figure 16). Ce résultat est supérieur à celui rapporté par Benmeziane *et al.* (2018) qui ont obtenu une teneur de 8,62 mg EC/100 g pour la confiture du melon.

En outre, la teneur en flavonoïdes de la confiture élaborée est inférieure à celle enregistrée dans la confiture de pamplemousse étudiée par Igual *et al.* (2013) qui ont obtenu des teneurs comprises entre 120 et 141 mg EQ/100g. De même, les résultats obtenus par Danijela *et al.* (2009) sur les confitures de fraise sont aussi plus faibles que ceux enregistrés dans la présente étude (0,70-0,75 mg EQ/100 g).

Plusieurs facteurs tels que la lumière, le stockage, les phénomènes de brunissements enzymatique et non-enzymatique sont responsables de la dégradation des flavonoïdes (Del Caro *et al.*, 2004; Tsao *et al.*, 2006; Igual *et al.*, 2013), ainsi que le traitement des fruits qui conduit à une diminution de la concentration des flavonoïdes (Tsao *et al.*, 2006).

L'analyse statistique ($p < 0,05$) montre l'augmentation de la teneur en flavonoïdes des échantillons de confiture étudiée, durant le stockage à 4°C. Cependant, Pavlova *et al.* (2013) ont enregistré des pertes comprises entre 40 et 50% dans une confiture de framboise après 6 mois de conservation à 20°C. Plusieurs facteurs tels que la lumière, le stockage, les phénomènes de brunissements enzymatique et non-enzymatique sont responsables de la teneur des flavonoïdes (Del Caro *et al.*, 2004; Tsao *et al.*, 2006; Igual, 2013).

Dans le cas de confiture élaborée, la température influe différemment l'évolution de la teneur en flavonoïdes durant le stockage, L'analyse statistique ANOVA à deux facteurs

a révélé que l'interaction durée-température de conservation a un effet significatif sur l'évolution du taux des flavonoïdes au cours de la conservation.

IV.2.2.3. Vitamine C

L'acide ascorbique est largement utilisé dans les industries alimentaires comme ingrédient ou additif à propriétés antioxydantes. Il a plusieurs rôles: il inhibe le brunissement enzymatique par la réduction des o-quinones et protège certains composants oxydables comme le folates. En outre, il est connu par ses effets anti-radicalaire et réducteur des métaux de transition (Willcox *et al.*, 2003). L'acide ascorbique a des propriétés antioxydantes et métaboliques importantes aussi bien chez les végétaux que chez les animaux. C'est un excellent piègeur des radicaux libres et peut protéger divers substrats biologiques (protéines, acides gras, ADN) de l'oxydation par une neutralisation des espèces réactives de l'oxygène (Jacob *et al.*, 2000).

Les résultats du dosage de la vitamine C sont illustrés dans la Figure 16. La teneur en vitamine C de échantillon présente de différence significative ($p < 0,05$). Selon la teneur en vitamine C, la confiture analysée contient un taux de l'ordre de $923,00 \pm 7,91 \mu\text{g EAA}/100 \text{ g}$. Plusieurs études ont montré que la cuisson entraîne des pertes en vitamine C et le taux de destruction dépend considérablement du mode de cuisson et de la composition du produit (Arkoub-Djermoune *et al.*, 2016, Das *et al.*, 2011). Une teneur différente à celle des confitures analysées a été enregistrée par Djaoudene (2015) pour la confiture d'orange avec des valeurs comprises entre 29 et 31,4 mg/100 g.

De plus, le taux de vitamine C enregistré est largement inférieur à celle notée dans la confiture de pomme-abricot avec une valeur de 16,4 mg/100g (Hussain *et al.*, 2010) et la confiture de fraise avec une teneur de 5,3 mg/100 g analysée par Poiana et al. (2012). En outre, Jawaheer *et al.* (2003) a enregistré dans la confiture de goyave une teneur légèrement supérieur aux confitures élaborées avec une valeur de 14,6 mg/100 g.

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

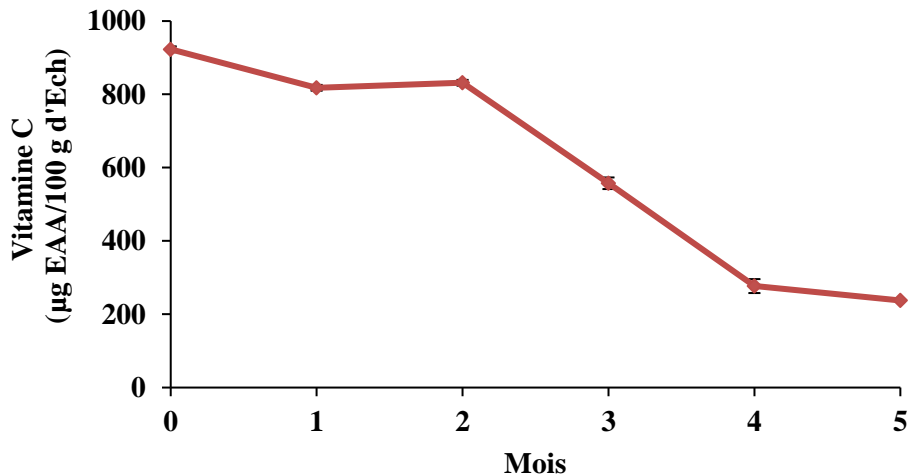


Figure 16 : Teneurs en vitamine C des extraits de confiture élaborée au cours du stockage.

L'analyse statistique montre une diminution significative ($p < 0,05$) de la teneur en acide ascorbique de la confiture de betterave conservée à 4°C. Plusieurs études ont démontré la diminution de la teneur en acide ascorbique au cours du stockage. Suutarinen, *et al.* (2002) ont enregistré une baisse de la teneur en acide ascorbique (65%) après 4 mois de stockage d'une confiture de fraise à 25°C. Dans une étude réalisée par Shakir *et al.* (2007), sur une confiture de pomme poire, une régression du taux de l'acide ascorbique (47%) est observée après 90 jours de conservation. De même, Patras *et al.* (2011) ont enregistré des pertes de 49,7 et 70% pour la confiture de fraise après 7 et 28 jours de conservation à 15°C, respectivement. Une diminution de 95,44% est constatée par Mazur *et al.* (2014) pour une confiture de fraise après 6 mois de stockage à 20°C. Cependant, Pavlova *et al.* (2013) ont signalé une stabilité du taux de la vitamine C après 90 jour de conservation des confitures de framboise et de pêche à température ambiante.

L'acide ascorbique est une substance très sensible à la chaleur. La dégradation de cet acide durant la conservation dépend de plusieurs facteur dont la température, le pH, la lumière, l'oxygène, l'activité de l'eau, la présence d'ions métalliques, la durée de stockage et le type d'emballage (Avasoo *et al.*, 2011; Duru *et al.*, 2011).

IV.2.2.4. Anthocyanines

Les anthocyanines sont des métabolites secondaires des plantes, appartenant à la famille des flavonoïdes. Ce sont des pigments hydrosolubles responsables des couleurs rouge, bleue, et pourpre de la pluparts des fleurs et fruits (Kosir *et al.*, 2004). Les propriétés anti-oxydantes des anthocyanines résultent de leur réactivité élevée comme

donateur d'hydrogène ou d'électron (Duan *et al.*, 2007) les anthocyanines sont majeure classe des composé phénolique de la betterave (Yi *et al.*, 2009).

Les teneurs en anthocyanines des confitures betterave analysées est significativement différentes ($p < 0,05$) (Figure 18). Le taux d'anthocyanines enregistré est de l'ordre de 10,26 $\mu\text{g}/100\text{g}$ d'Ech. Les teneurs en anthocyanines varient selon les variétés, les conditions de culture, le stade de maturité, les conditions de stockage et la méthode de dosage (Gil *et al.*, 2000; Çam *et al.*, 2009).

Nous constatons également une augmentation significative ($p < 0,05$) de la teneur en anthocyanine jusqu'au 4^{ème} mois de stockage suivi de diminution après 5 mois de stockage à une température de 4°C. Ces résultats concordent avec ceux rapportés par Dehouche (2010), lors de son étude de l'effet de la conservation à 4 °C sur la teneur en anthocyanines des figes. Cette forte diminution de la concentration en anthocyanines peut s'expliquer par la dégradation des anthocyanines durant le stockage.

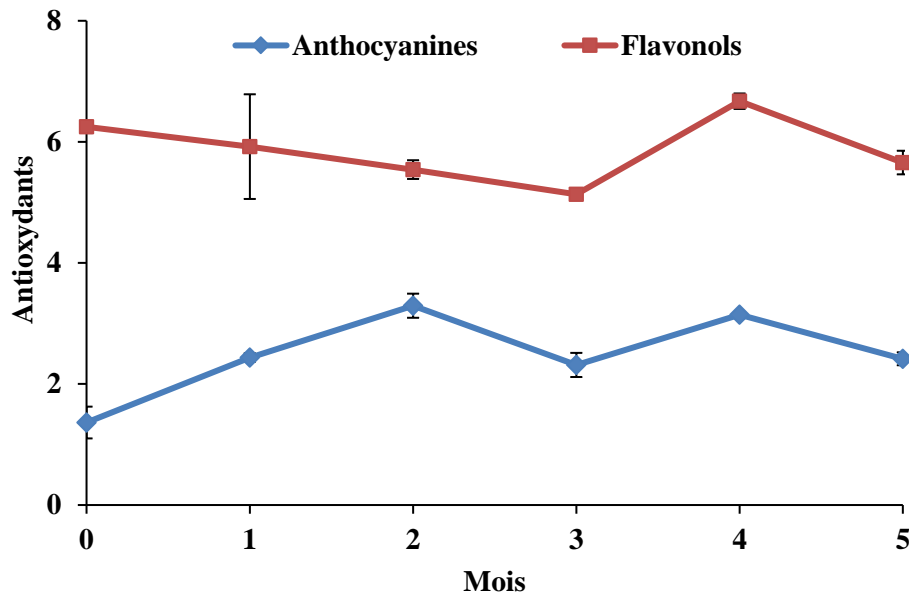


Figure 17 : Teneurs en anthocyanines et flavonols des extraits de confiture élaborée au cours du stockage.

Les teneurs en anthocyanines et flavonols sont exprimées en micro-gramme Equivalent Cyanidine 3-Glucoside par 100 g d'Echantillon ($\mu\text{g EC3G}/100\text{ g d'Ech}$).

IV.2.2.5. Flavonols

D'une façon similaire aux teneurs en anthocyanines, Les résultats illustrés dans la Figure 17, montrent que les teneurs en flavonols des confitures est de $6 \pm 0,10 \mu\text{g} /100 \text{ g}$ d'Ech. Ces résultats sont largement inférieurs à ceux enregistrés pour les confitures d'abricot (Sabri) et de fraise (Sabri) avec des valeurs de l'ordre de $2,36 \pm 0,17$ et $2,50 \pm 0,13 \text{ mg EQ}/100 \text{ g}$ (Hebbache *et al.*, 2013).

Ces différences enregistrées dans la teneur en flavonols peuvent être dues à la différence de la matière première utilisée (fruit) et/ ou aux différences dans les conditions de préparation, de stockage et de température.

De manière similaire aux anthocyanines, une augmentation significative la teneur en flavonol jusqu'au 4^{ème} mois de stockage suivi d'une diminution après 5 mois. Ces différences enregistrées dans les teneurs en flavonols peuvent être dues a la différence de la matière première utilisée (fruit) et /ou aux différences dans la condition de préparation, de stockage et de température. Cette diminution de la concentration en flavonols peut s'expliquer par la dégradation des flavonols durant le stockage.

IV.2.2.6. Tanins condensés (proanthocyanidines)

Les tannins condensés ou proanthocyanidines sont connus par leur activité antioxydante plus grande que celle des composés phénoliques simples (Hagerman *et al.*, 1999). Le taux de proanthocyanidine enregistré pour la confiture de betterave fraîche est de l'ordre de $249,71 \mu\text{g EC3G}/ 100\text{g}$ d'Ech. Une légère augmentation de la teneur en tanins condensés après cinq mois de stockage à 4°C (Figure 18). Aucun résultat n'a été rapporté sur l'effet de stockage sur la teneur en tanins condensés de confiture au cours du stockage.

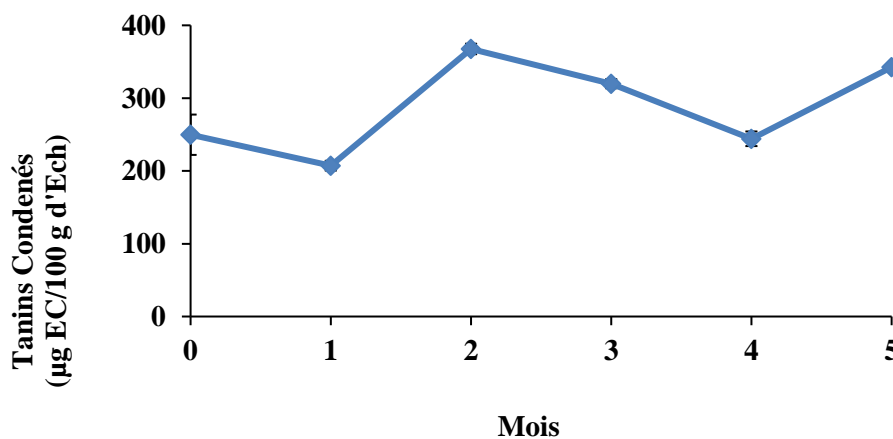


Figure 18 : Teneurs en tanins condensés des extraits de confiture élaborée au cours du stockage.

IV.2.3. Activité antioxydante

IV.2.3.1. Inhibition du radical ABTS^{•+}

Le radical ABTS^{•+} est formé par arrachement d'un électron à un atome d'azote de l'ABTS. En présence d'un antioxydant donneur de proton H⁺, l'atome d'azote concerné piège d'un proton (H⁺), conduisant à l'ABTS^{•+}, ce qui entraîne la décoloration de la solution (Lien *et al.*, 1999). Les pourcentages d'inhibition du radical ABTS^{•+} enregistré pour la confiture de betterave fraîche est égal à 43%. La Figure 20 montre une augmentation significative ($p < 0,05$) de l'activité antiradicalaire au cours du stockage. Cette augmentation est probablement attribuée à l'augmentation de la teneur en composés phénoliques au cours du stockage.

IV.2.3.2. Inhibition du radical DPPH[•]

Le DPPH[•] est un radical organique relativement stable qui a été largement utilisé dans la détermination de l'activité antioxydante des différents extraits de plantes (El Far *et al.*, 2009). Les antioxydants interagissent avec le DPPH[•] en lui transférant un électron ou un atome d'hydrogène ce qui entraîne sa neutralisation.

L'activité antiradicalaire de la confiture de betterave est de 49 % (Figure 19), nos résultats sont supérieurs à ceux rapporté par Rababah *et al.* (2011), qui ont enregistré des pourcentages d'inhibition de l'ordre de 17,3 %, 15,5 % et 27 % pour les confitures d'abricot, de figue et d'orange, respectivement.

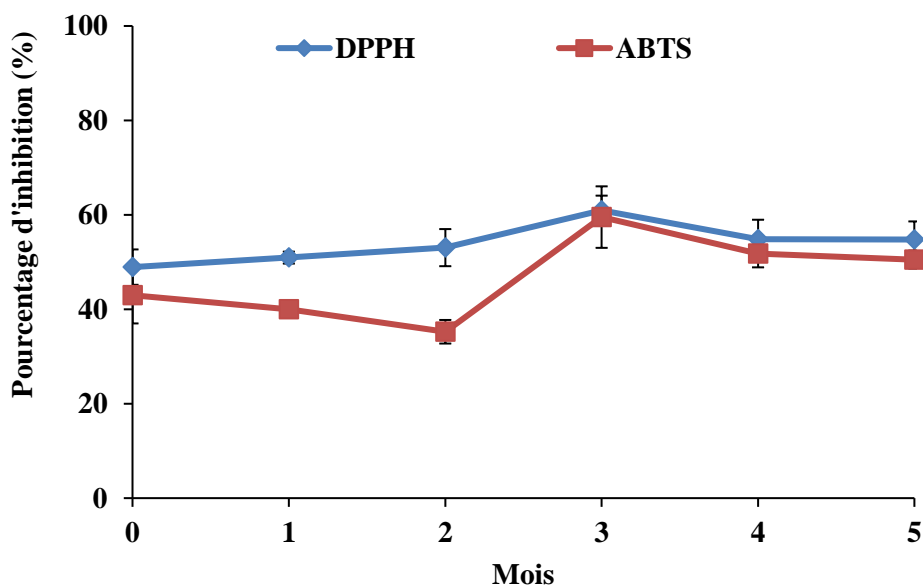


Figure 19 : Activité antiradicalaire des extraits de confiture élaborée au cours du stockage.

D'une façon similaire à l'activité antiradicalaire ABTS, une augmentation significative de l'activité antiradicalaire DPPH° au cours du stockage a été enregistrée (Figure 19). L'augmentation de l'activité anti-radicalaire peut être expliquée par la formation de nouveaux composés tels que mélanoidines, issue de la réaction de Maillard et qui sont capables de piéger les radicaux libres (Zulueta *et al.*, 2013).

IV.3. Analyse microbiologique

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

Tableau VI: Résultats des analyses microbiologiques.

Germes recherchés	Résultats
Coliformes totaux	Négatif
Coliforme fécaux	Négatif
<i>Staphylococcus aureus</i>	Négatif
Salmonelles	Négatif
Clostridium	Négatif
Levures et moisissures	Négatif

IV.4. Evaluation sensorielle

IV.4.1. Test de préférence

L'analyse sensorielle a pour but de décrire les caractéristiques organoleptiques des produits, de façon objective selon des critères bien définis; l'aspect, la texture, la couleur, le goût et le taux de sucre. Cette analyse a été réalisée à travers un test de dégustation de la confiture betterave par 175 individus. Les résultats de l'analyse sensorielle de la confiture de betterave fraîche et la confiture stockée cinq mois à 4°C ne présentent pas des différences significatives ($p < 0,05$) dans les scores des différentes caractéristiques étudiées. Il faut noter que selon les individus le goût varie des uns et des autres et d'un jour à un autre, ces résultats sont témoin de choix individuel.

La confiture élaborée a été appréciée avec une notion agréable et assez agréable par les dégustateurs avant le stockage avec un taux de 22%. De même, après cinq mois de

stockage, la confiture est appréciée agréablement avec un taux de 27%. Ces résultats mènent à conclure que les confitures élaborées ont été appréciées avant et après stockage (Figure 20).

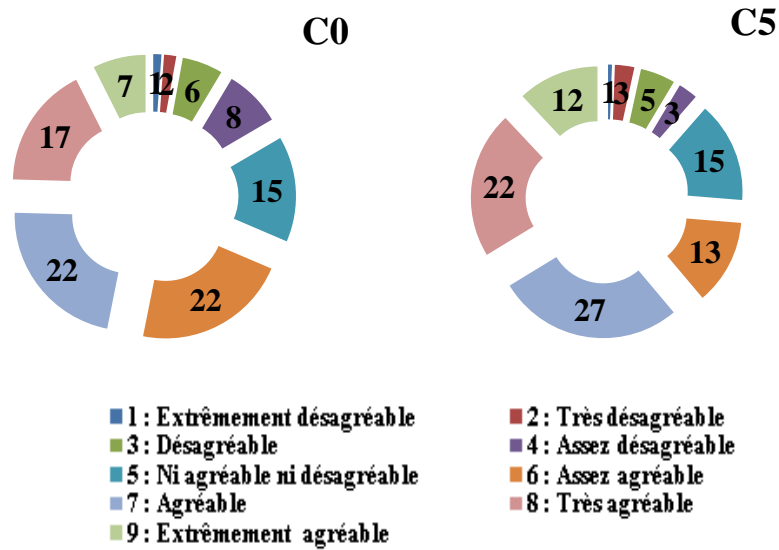


Figure 20 : Préférence globale de la confiture élaborée.

C0: Confiture fraîche avant stockage.

C5: Confiture stockée pendant 5 mois à 4°C.

IV.4.2. Caractéristiques de la confiture

Les résultats de l'analyse hédonique sont notés dans la Figure 21. La confiture élaborée présente des caractéristiques organoleptiques stables au cours du stockage.

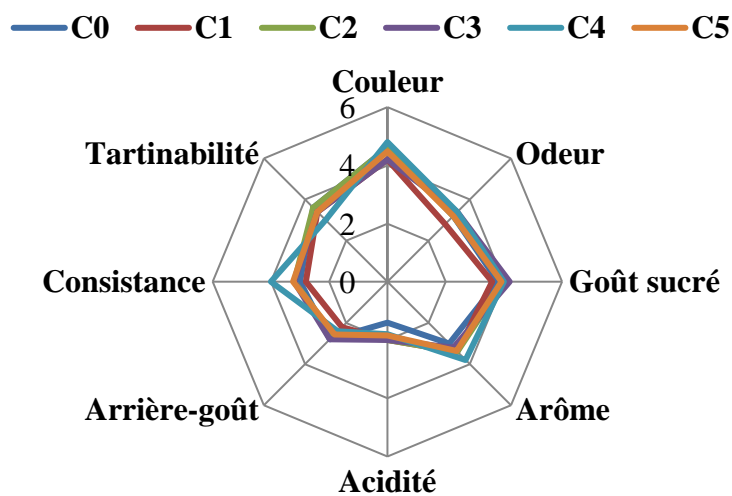


Figure 21 : Caractérisation de la confiture élaborée avant et après stockage.

Selon les résultats de l'analyse sensorielle on conclut que la confiture élaborée présente une couleur fortement intense rouge foncé, une odeur moyennement intense pour tous les échantillons, un goût sucré fortement intense, une sensation en bouche moyennement intense, une acidité faiblement intense car la betterave contient déjà un taux de sucre légèrement élevé, un arrière goût moyen, une consistance moyenne plus gélifiante pour C₄ et une moyenne Tartinabilité. Ces résultats permettent de conclure qu'il y a une stabilité de la qualité organoleptique de la confiture élaborée au cours du stockage.

Conclusion

Le principal objectif de ce travail est l'élaboration de la confiture de betterave et l'évaluation de sa qualité au cours du stockage. Les résultats obtenus montrent que le stockage à 4°C pendant 5 mois a provoqué une augmentation du pH, accompagnée d'une diminution de l'acidité titrable et de la conductivité. En outre, les teneurs en polyphénols, flavonoïdes et l'activité antiradicalaire augmentent significativement après cinq mois de stockage. Cependant, une diminution des teneurs en vitamine C, en anthocyanines et en flavonols sont enregistrées au cours du stockage de la confiture.

Les résultats montrent que la confiture élaborée présente une qualité microbiologique satisfaisante vue l'absence de germe de contamination ce qui permet de conclure que cette confiture est propre à la consommation humaine. De plus, l'évaluation sensorielle a confirmé l'acceptabilité de ce produit par les consommateurs.

Afin de compléter ce travail, il serait souhaitable :

- D'étudier de l'influence du stockage sur d'autres paramètres physico-chimique tel que la viscosité;
- D'évaluer la valeur nutritionnelle de cette confiture;
- De suivre l'évolution de sa qualité au cours de la conservation à différentes températures;
- D'Utiliser des méthodes beaucoup plus performantes et précises telles que l'HPLC et la RMN afin d'identifier leur composition en substances bioactives;
- De fabriquer une confiture 100% naturelle en substituant le sucre de table par du miel ou de la poudre et/ou sirop de dattes;
- D'étudier l'effet du type d'emballage sur les caractéristiques de la confiture au cours de la conservation.

*Références
bibliographiques*

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

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

Albagnac., G., Varoquaux, Patrick, Montigaud, Jean-Claude. (2002). Technologies de transformation des fruits: TecDoc/Lavoisier.

Alsavar C., A. F. M., Quantick P. C., Shahidi F. et Wiktorowicz R. (2005). Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to- eat shredded orange and purple carrots. Food Chemistry. 89: 69-76.

Alzamora, S. M., Cerruti, P., Guerrero, N. S., Nieto, A. B., et Vidales, S. (2004). Technologies combinées de conservation des fruits et légumes. Manuel de formation, FAO, Rome, . 18p.

André, P. (2012). Les confitures. Edition Artémis. p 27.

Anonyme 1. (2022). <https://www.fermedesaintemarthe.com/recherche/betterave>.

Anonyme 2 . La betterave (ADIB). Nutrition et santé.

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

Arvy, M.-P. e. G., F. (2007). Légumes d'hier et d'aujourd'hui. édition Belin. 608p.

Aslanova., D., Bakkalbasi E, et Artik N. (2010). Effect of storage on 5-hydroxymethylfurfural (HMF) formation and color change in jams. *International Journal of Food Properties*. 13: 901-912.

Avasoo., M. J. L. (2011). Evaluation of thermal processing technologies for strawberry jam. Thèse de Doctorat en Technologie Alimentaire, Nutrition et Ingénierie. Université du suède.

Aziz., M., Azam, I., Zafar, A., & Batool, R. (2021). Incorporation of antioxidant enriched almond skin in dried apricot jam. *EasyChair Preprint*, 5848.

Baião, D. d. S. (2017.). Nutritional, Bioactive and Physicochemical Characteristics of Different Beetroot Formulations. *IntechOpen*.

Bailey., S., Winyard P, Vanhatalo A, Blackwell JR, Dimenna FJ, Wilkerson DP et al. (2009). Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*, 107, 1144-1155.

Barry., H., Murcia., M Antonia., Chirico., Susanna., Aruoma., Okezie I. (1995). Free radicals and antioxidants in food and in vivo: what they do and how they work. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 35(1-2), 7-20.

Bauer, W. J., Badoud, Raphaël, Löliger, Jürg, Etauranud, A. (2010). *Science et technologie des aliments*. Ed. Presses polytechniques et universitaires. Italie. pp 1-754.: PPUR Presses polytechniques.

Beard., P., Brandt K, Fell D, Warner S, Ryan L. (2011). Effects of a beetroot juice with high neobetanin content on the early-phase insulin response in healthy volunteers. *Journal of Nutritional Science*, 3, 1-9.

Belitz., H.-D., Grosch, Werner, Schieberle, Peter. (2009). Springer-Verlag Berlin Heidelberg., *Food Chemistry*, 4, 1070.

Ben, H. K., H, Chaabouni, MM, Bouzouita, N. (2012). Caracterisation chimique des extraits aqueux des racines et des tiges de la betterave rouge et etude de leur activites antioxydantes. Paper presented at the International symposium on Medicinal and Aromatic Plants-SIPAM 2012 997.

Benachour, K. (2008). Diversité et activité pollinisatrice des abeilles (Hymenoptera:Apoidea) sur les plantes cultivées. Thèse de doctorat en sciences. Faculté des sciences de la nature et de la vie. Université Mentouri de Constantine .Pp151.

Benmeziane, F., Djermoune-Arkoub, L., Boudraa, A., & Bellaagoune, S. (2018). Physicochemical characteristics and phytochemical content of jam made from melon (Cucumis melo). International Food Research Journal, 25(1), 133-141.

Benzie., I. F. (2003). Evolution of dietary antioxidants. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 136(1), 113-126.

Bernard M. (2010). Les confitures de l'art aux techniques, Mémoire de l'académie nationale de Metz. . p177

Besbes, S., Drira, L., Blecker, C., Deroanne, C & Attia, H. (2009). Adding value to hard date (Phoenix dactylifera L.): Compositional, functional and sensory characteristics of date jam. Food Chemistry, 112, 406-411.

Biancardi., E., McGrath, J Mitchell, Panella, Leonard W, Lewellen, Robert T, Stevanato, Piergiorgio. (2010). Sugar beet Root and tuber crops (pp. 173-219): Springer.

Bouzonville., A. (2004). Projet de génie des procédés : La fabrication de confitures de fruit rouges. p 04 et 06.

Branger, A., Richer, M. Roustel S. . (2007). Alimentation et processus technologiques,56-200.

Brémaud, C., Claisse, J., Leulier, F., Thibault, J. et Ulrich, E. (2006). Alimentation santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rural. Ed. Sylvie Bourinet, pp 104-170.

Broutin , C., Ndiaye, A . Sokona K. (1998). Fabrication artisanale de boissons, sirops et confitures fiches pédagogiques illustrées. Enda Graf.

Buchecker, K. (2008). Sensorik. Ed. Behr's publishing hamburg. pp 1-41.

Çam, M., Hışıl, Y. & Durmaz, G. . (2009). Classification of eight pomegranate juices based on antioxidant capacity measured by four methods. Food chemistry. 112(3): 721-726.

Cascales., E. V., & García, J. M. R. . (2020). Characteristics of the raw fruit, industrial pulp, and commercial jam elaborated with Spanish quince (*Cydonia oblonga* Miller). Emirates Journal of Food and Agriculture, , 623-633.

Chouicha, A. Aitchabane R. (2014). Effet de stockage sur quelques paramètre physico-chimique et antioxydants de la confiture de figue, Diplôme d'ingénieur d'état en Biologie, Université Bejaia, Option :sciences alimentaire., P6.

Claire, D., fabrice, varoquaux. (2006). Histoire et amélioration des cinquante plantes cultivées: Quae, pp 116-121.

Clark, S., Costello, M., Drake, M., & Bodyfelt, F. (2009). The sensory evaluation of dairy products: Springer. New York. pp 1-530.

Codex Alimentarius. (2010). Norme générale codex pour les confitures et gelées ; CODEX STAN 79-1989.

Codex Alimentarius. (2017). Confitures, gelées et marmelades. Normes codex pour la confiture, gelées et marmelades. Ed. CODEX STAN 296, FAO, OMS, pp 1-11.

Da Silva Pinto M., L. F. M. G. M. I. (2007). Bioactive compounds and antioxidant capacity of strawberry jams. Plant Foods for Human Nutrition. 62, 127-131.

Danijela B., B. L. V. D. (2009). Free Radical Scavenging Activity and phenolic Content in Strawberry Fruit and Jam, *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 74 (3), 155-159.

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

Décret n° 85-872. (du 14 août 1985). portant application de la loi du 1er août 1905 sur les fraudes et falsifications en matière de produits ou de services en ce qui concerne les confitures, gelées et marmelades de fruits et autres produits similaires transposant la Directive n° 2001/113/CE du Conseil du 20 décembre 2001 relative aux confitures, gelées et marmelades de fruits, ainsi qu'à la crème de marrons destinées à l'alimentation humaine.

Dehouche., S. (2010). Etude de l'évolution de quelques antioxydants de quelques variétés de figes fraîches au cours du stockage à froid. Mémoire d'ingénieur. Université Tizi-Ouzou. pp 1-67.

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

Delacharlerie., S., de Biourge, Sandrine, Chèné, Christine, Sindic, Marianne, Deroanne, Claude. (2008). Les Méthodes d'Analyse. in "HACCP organoleptique: Guide pratique". Presses Agronomiques de Gembloux. pp 72-73.

Denis, L. F. (2010). La culture biologique des légumes .Edition Berger A.C .inc. pp525.

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

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

Desproges, P. (1976). Une brève histoire de la confiture (réimprimée ed.).

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

Diligent, M. B. (2010). Les confitures : de l'art aux techniques. Académie Nationale de Metz.

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

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

Duan., X., Jiang., Y., Su X., Zhang., Z. et Shi J. . (2007). Antioxidant properties of anthocyanins extracted from litchi fruit pericarp tissues in relation to their role in the pericarp browning. *Food Chemistry*. 101, 1365-1371.

Dupin, H. (1992). Alimentation et nutrition humaines: Ed. Esf Editeur. paris. pp 1-1533.

Duru., N., Karadeniz F., & Erge H. S. (2011). Changes in bioactive compounds, antioxidant activity and HMF formation in rosehip nectars during storage. *Food Bioprocess Technology*. 5: 2899–2907.

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

El Far., M. M., & Taie, H. A. (2009). Antioxidant activities, total anthocyanins, phenolics and flavonoids contents of some sweetpotato genotypes under stress of different

concentrations of sucrose and sorbitol. Australian Journal of Basic and Applied Sciences,, 3(4), 3609-3616.

Escribano, J., Pedreno M.A., (1998). Characterization of the antiradical activity of betalains from Beta vulgaris L. roots. Phytochem Anal. 1998;9:124-127.

Ferouani B. (1992). Essai d'élaboration de conserve de plats cuisinés industriels. Diplôme d'ingénieur en Biologie. Université Tlemcen, Option : contrôle qualité et analyse. . P4, 30 et 41.

Ferreira., I. M. P. L. V. O., Pestana N., Alves M. R., Mota F. J.M., Reu C., Cunha S., et Oliveira M. B. P.P. (2004). uince jam quality: microbiological, physicochemical and sensory evaluation. Food Control, 15, 291-295.

Ganjewala, D., Boba, S. & Raghavendra, A. S. (2008). Sodium nitroprusside affects the level of anthocyanin and flavonol glycosides in pea (Pisumsativum L. cv . Arkel) leaves. Acta Biologica Szegediensis, 52 (2), 301-305.

García-Martínez, E., Ruiz-Diaz G., Martínez-Monzo J., Camacho M.M., Martínez-Navarrete N., et Chiralt A. (2002). Jam manufacture with osmodehydrated fruit. Food Research International, 35, 301-306.

García-Viguera, C., Zafrilla P., Romero F., Abellán P., Artés F. et Tomás-Barberán F.A. (1999). (1999). Color stability of strawberry jam as affected by cultivar and storage temperature. Journal of Food Science, 64(2), 243-247.

Georges, M. (1982). Agriculture et dépendance alimentaire en algérie. Distribution électronique Cairn.info pour La Documentation française., 1980/4 N° 90 40-64.

Thomas, Pavlov, Atanas Ivanov. (2010). Antioxidant activity and phenolic content of betalain extracts from intact plants and hairy root cultures of the red beetroot Beta vulgaris cv. Detroit dark red. Plant foods for human nutrition, 65(2), 105-111.

Geubben., G. J. H. (2004). Légumes: PROTA. pp 122.

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

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

Gil, M., Tomas-Barberan, F. (2000). Antioxydant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 4581-4589.

Gilchrist., M., Winyard PG, Fulford J, Anning C, Shore AC, Benjamin N. (2014). Dietary nitrate supplementation improves reaction time in type 2 diabetes: Development and application of a novel nitrate-depleted beetroot juice placebo. *Nitric Oxide*, 40, 67-74.

Gret. (1999). Comment faire de la confiture. Fiche produit n°7, CTR Ouagadougou: pp 32.

Grubben, e. D. (2019). *Beta vulgaris L. PROTA4U*.

Gurel., E., Gurel, Songul, Lemaux, Peggy G. (2008). Biotechnology applications for sugar beet. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 27(2), 108-140.

Hagerman., S. M., Jones, Melanie D, Bradfield, Gary E, Sakakibara, Stacey M. (1999). Ectomycorrhizal colonization of *Picea engelmannii* × *Picea glauca* seedlings planted across cut blocks of different sizes. *Canadian Journal of Forest Research*, 29(12), 1856-1870.

Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. (2015). *Free radicals in biology and medicine: Oxford university press, USA*.

Halliwell., B. (1996). Antioxidants in human health and disease. *Annual review of nutrition*, 16(1), 33-50.

Hayma, J. (2004). Le stockage des produits agricoles tropicaux. *Fondation Agromisa, Wageningen .Les Pays-Bas. P 7*.

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

Hequet, e. C. (2019). Beta vulgaris L., 1753. Inventaire National du Patrimoine Naturel.

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

Hleibieh., K., Peltier, C, Klein, E, Schirmer, A, Schmidlin, L, Covelli, L, Ratti, Claudio, Legrève, Anne, Bragard, Claude, Gilmer, David. (2007). Étiologie de la rhizomanie de la betterave sucrière. Virologie, 11(6), 409-421.

Hui, Y. H., Barta, J., Pilarcano M., Gusek, T.W., Sidhu, J.S., Sinha, N.K. (2006). Handbook of Fruits ans Fruit Processing. Black well Puplishing, UAS, 29-289.

Hussain., I. S., R. I. (2010). Chemical and organoleptic characteristics of jam prepared from indigenous varieties of apricot and apple. World Journal of Dairy and Food Science, 5 (1), 73-78.

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

Inam., A. K. M. S., Hossain M.M., Siddiqui A.A., et Easdani M. (2012). Studies on the development of mixed fruit marmalade. Journal Environment Science and Natural Ressources., 5(2), 315-322.

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

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

Jajja., A., Sutyarjoko A, Lara J, Rennie K, Brandt K, Qadir O, et al. (2014). Beetroot supplementation lowers daily systolic blood pressure in older, overweight subjects. *Journal of Nutrition Research and Food Science*, 34(1-8).

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

Jellinek, G. (1985). *Sensory evaluation of food-Theory and practice*. Ed. Ellis Horwood Series in Food Science and Technology, Chichester (England).

Kadri, N., Kellou Hanane. (2014). Effet de température et durée de conservation sur la qualité, les teneurs en composés phénoliques et l'activité antioxydante de deux confitures traditionnelles de figue sèche et de jujube. Université de Bejaia, pp 1-58.

Kamal, C., Ezawa, Motohiko. (2015). Arsenene: Two-dimensional buckled and puckered honeycomb arsenic systems. *Physical Review B*, 91(8), 085423.

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

Kasse., M. (2014). Qualité microbiologique des tranches de Mangues (*Mangifera indica*.) vendues à Dakar (Sénégal), *International journal of biological and chemical science*.

Kemp, S. E. H., T.& Hort J. (2011). *Sensory Evaluation: a practical handbook: Sensory perceptions*, Ed. willy-blackwell pp 96.

Klimaczak, I., Malecka, M, Sclachta, M. et Gliszyńska-Świgło A., . (2006). Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and antioxydant activity of orange juices. *Journal of food Composition and analysis*. 20: 312-322.

Kosir., I. J., Lapornik B., Andrenšek S., GolcWondra A., Vrhovšek U. et Kidri J. (2004). Identification of anthocyanins in wines by liquid chromatography, liquid chromatography-

mass spectrometry and nuclear magnetic resonance. *Analytica Chimica Acta*. 513: 277-282.

Kujala TS, V. M. (2002). Betalain and phenolic compositions of four beetroot (*Beta vulgaris*) cultivars. *Eur Food Res Technol*, 214, 505-10.

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

Lien, E. J., Ren, S, Bui, H. H. & Wang R. . (1999). Quantitative structure-activity Relationship analysis of phenolic antioxidants. *Free Radical Biology and Medicine*., 26(3), 285-294.

Lobo., V. P., Avinash. Phatak, A. Chandra, Naresh. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy reviews*, 4(8), 118.

Lovaliana., I., Fanomezantsoa, Rakotovololona. (2011). etudes de conservation des fruits de saison d'abricot-litchis. université d'Anatananarivo, ecole superieure des sciences agronomiques, 50-60.

Machiels, D., et Istasse, L. (2002). La réaction de maillard: importance et application en chimie des aliments. *Université de liège*, 146, 347-352.

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

Marcel, G. (2007). *Rèussir son potager*.

Masih., D., Singh, Nidhi, Singh, Anu. (2019). Red beetroot: A source of natural colourant and antioxidants: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(4), 162-166.

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

Mazur, S. P., Nes., A., Wold A.B., Remberg S. F., Martinsen B. K. & Aaby K. (2014). Effects of ripeness and cultivar on chemical composition of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits and their suitability for jam production as a stable product at different storage temperatures. *Food Chemistry*. 146: 412-422.

Medkour, M., Gasmi K. (2017). Investigation autour d'une chaîne logistique agroalimentaire cas de la betterave. Université Abou-Bekr Belkaïd - Tlemcen, 50-52.

Meenaks, H., S., F., K. (2014). Processing seabuckthorn fruit for antioxidant rich jam development and shelf stability assessment. *Indian Journal Traditional Knowledge*, 13 (2).

Metzger, J. (1983). la réaction de maillard. *L'actualité chimique*, p 7.

Milardović, S., Iveković, D., Grbarić, B. S. (2006). A novel amperometric method for antioxidant activity determination using DPPH free radical. *Bioelectrochemistry*, 68(2), 175-180.

Miliauskas, G., Venskutonis, P.R., Van Beek, T.A. . (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extract. *Food Chemistry*, 85, 231- 237.

Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. sci. technol*, 26(2), 211-219.

Monrose, (2009). Standardisation d'une formulation de confiture de Chédaque et évaluation du paramètre physico-chimique, microbiologique et sensoriel. Diplôme d'ingénieur d'Agronome Université d'état d'Haïti. p 10, 18 et 24.

Mouton, S. (2007). la betterave potagère. *Chambre d'agriculture du Loiret*.

Moyls, A. W., Strachan, C.C. et Atkinson, F.E. (2012). Fabrication commerciale des confitures. Agriculture et Agroalimentaire Canada, 6-7.

Muhammad., A., Durrani, Y., Zeb, A., Ayub, M., & Ullah, J. (2008). Development of diet jam from apple grown in swat (NWFP). Sarhad Journal of Agriculture, 24(3), 461-467.

Neha., D., Singh, Archana, Jaiswal, Mamta, Agrahari, Kiran. (2017). Standardization and development of beetroot-based product. Int. J. Home Sci, 3, 26-30.

Nickavar, B., Alinaghi, A. & Kamalinejad, M. (2008). Evaluation of the antioxidant properties of five Mentha species. Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 7(3), 203-209.

NOEL, F. (2008). les aliment : l'histoire de la confiture.

Nursten, H. (2005). The Maillard Reaction Chemistry, Biochemistry and Implications, The University of Reading, Reading, UK, 2-103.

Odoh., U., Okoro EC. (2013). Quantitative phytochemical, proximate/nutritive composition analysis of Beta vulgaris Linnaeus (Chenopodiaceae). International Journal of Current Research, 5 (12), 3723-3728.

Oksuz, T., Surek, Ece, Tacer-Caba, Zeynep, Nilufer-Erdil, Dilara. (2015). Phenolic contents and antioxidant activities of persimmon and red beet jams produced by sucrose impregnation. Food Science and Technology, 3(1), 1-8.

Oyen, L. P. A. (2004). Beta vulgaris L. Internet Fiche de Protabase. Grubben, G.J.H. & Denton, O.A. (Editeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa/Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays Bas.

Pandita., D., Pandita, Anu, Pamuru, Ramachandra Reddy, Nayik, Gulzar Ahmad. (2020). Beetroot Antioxidants in Vegetables and Nuts-Properties and Health Benefits (pp. 45-74): Springer.

Patras., A., Brunton., N. P., Tiwari., B. K. & Butler F. (2011). Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage. *Food Bioprocess Technology*. 4, 1245-1252.

Pavlov, A., Kovatcheva, P., Tuneva, D., Ilieva, M., Bley, T. (2005). L'activité de piégeage des radicaux et la stabilité de bêtaïnes de *Beta vulgaris* culture de racines chevelues dans des conditions simulées de l'appareil gastro - intestinal humain *Plant Foods Hum Nutr*. 60, 43-47.

Pavlova., V., Karakashova., L., Stamatovska., V., Delchev N., Necinova L. et al. (2013). Storage impact on the quality of raspberry and peach jams. *Journal of Hygienic Engineering and Design*. 664, 25-27.

Pereira, P., Cebola, M. et Gabriela, M. (2012). Comparison of Antioxidant Activity in Extracts of *Myrtus communis* L. Obtained by SFE vs. Solvent Extraction. *Journal of Environmental Science and Engineering*. 1, 115-120.

Pham-Huy, L. A., He, Hua, Pham-Huy, Chuong. (2008). Free radicals, antioxidants in disease and health. *International journal of biomedical science: IJBS*, 4(2), 89.

Pnns. (2007). Rapport du groupe de travail Pnns sur les glucides, partie 1, mars p. (www.agriculture.gouv.fr/rapport_glucides.pdf).

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

Rababah., T. M., Al-Mahasneh, M.A., Kilani, I., Yang, W., Alhamad, M.N., Ereifeja K., Al-u'datt, M. (2011). Effect of Jam Processing and Storage on Total Anthocyanins of Different Fruits. *Journal of Sciences Agriculture*, 91, 1096-1102.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237.

Reddy, M. K., Alexander-Lindo, Ruby L, Nair, Muraleedharan G. (2005). Relative inhibition of lipid peroxidation, cyclooxygenase enzymes, and human tumor cell proliferation by natural food colors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(23), 9268-9273.

Ribaya-Mercado, J., Blumberg, J. B (2004). Lutein and zeaxanthin and their potential roles in disease prevention. *J Am Coll Nutr.*567S-87S.

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

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

Sakho, M., et Crouzet, J. . (2009). Transformation, conservation et qualité des aliments.

Schwartz, S., von Elbe, JH. (1980). The quantitative determination of individual betacyanine pigments by high-performance chromatography. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 28, 540-543.

Shakir., I., Durrani., Y., Hussainm I, Qazi I. M. & Zeb A (2007). Physicochemical Analysis of Apple and Pear Mixed Fruit Jam Prepared from Varieties Grown in Azad Jammu and Kashir. *Internet Journal of Food Safety*. 9: 22-24.

Sophie., D. (2002). Confiture et compote de Sophie. p 09.

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

Stintzing, F. C. (2004). Functional properties on anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. *Trends in Food Science &Technology*, 15:19-38.

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

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

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

Tesoriere, L., Butera, D, D'arpa, D, Di Gaudio, F, Allegra, M, Gentile, C, Livrea, MA. (2003). Increased resistance to oxidation of betalain-enriched human low density lipoproteins. *Free radical research*, 37(6), 689-696.

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

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

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

Vanhatalo., A., Bailey SJ, Blackwell JR, Menna FJ, Pavey TG, Wilkerson DP, et al. (2010). Acute and chronic effects of dietary nitrate supplementation on blood pressure and the physiological responses to moderate-intensity and incremental exercise. *Amirate Journal of Physiology*, 299, 1121-1131.

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

Vermerris., W., Nicholson, Ralph. . (2008). Families of phenolic compounds and means of classification Phenolic compound biochemistry. Ed. Springer, pp. 1-34.

Vidhya., R., et Narain A. (2010). Formulation and evaluation of preserved products utilizing under exploited fruit, wood apple (*Limonia acidissima*). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 10, 112-118.

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

Webb., A., Patel N, Loukogeorgakis S, Okorie M, Aboud Z, Misra S et al. (2008). Acute blood pressure lowering, vasoprotective, and antiplatelet properties of dietary nitrate via bioconversion to nitrite. *Journal of Hypertension*, 51, 784-790.

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

Winkler, C., Wirleitner, B., Schroecksnadel, K., Schennach, H., Fuchs, D. (2005). In vitro effects of beetroot juice on stimulated and unstimulated peripheral blood mononuclear cells. *Am J BiochemBiotechnol* 1: 180-185.

Yi., L., Bao-juan S., Guang-Wen S., Hou-cheng L., Zhi-liang L. et Ri-yuan C. . (2009). AFLP and SCAR Markers associated with peel color in eggplant (*Solanum melongena*). *Agricultural Sciences in China*. 8 (12): 1466-1474.

Zhang., Q., Pan, Jing, Wang, Yian, Lubet, Ronald, You, Ming. (2013). Beetroot red (betanin) inhibits vinyl carbamate-and benzo (a) pyrene-induced lung tumorigenesis through apoptosis. *Molecular carcinogenesis*, 52(9), 686-691.

Zicari, S., Zhang, R., & Kaffka, S. (2019). Sugar Beet. *Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products*, 331-351.

Zulueta., A., Barba F.J., Esteve M.J. et Frígola A. (2013). Changes in Quality and Nutritional Parameters During Refrigerated Storage of an Orange Juice–Milk Beverage

Treated by Equivalent Thermal and Non-thermal Processes for Mild Pasteurization. Food Bioprocess Technol, 6, 2018-2030.

Annexes

Annexe I: Courbes d'étalonnage

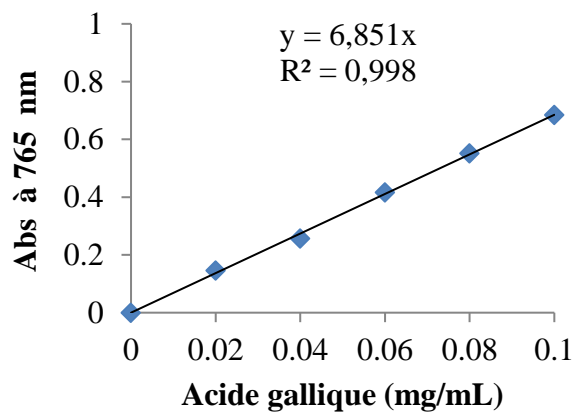


Figure 1: Courbe étalon pour le dosage des polyphénols

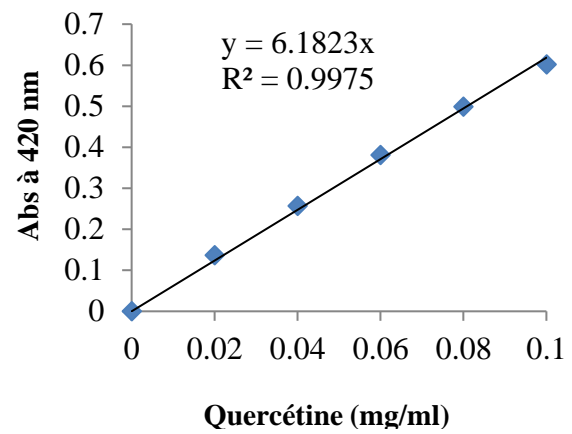


Figure 2: Courbe étalon pour le dosage des flavonoïdes.

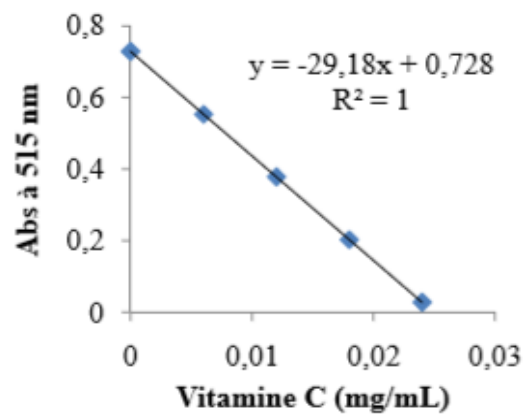


Figure 3: Courbe étalon pour le dosage de la vitamine C

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

Sexe : F ou M

Date

.....

Age :.....

Dans l'optique de réaliser une caractérisation sensorielle de la confiture, six échantillons numérotés 1, 2, 3, 4, 5, 6, vous sont présentés. Il vous est demandé de les goûter successivement et d'évaluer les caractéristiques suivantes : la Couleur, l'odeur, la sensation en bouche (gout sucré, arôme, acidité, arrière-gout) et la texture (consistance).

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

Couleur :

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

1 : Très faiblement intense

2 : Faiblement intense

3 : Moyennement intense

4 : Fortement intense

5 : Très fortement intense

Echantillon	1	2	3	4	5	6
Note						

Odeur :

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

1 : Très faiblement intense

2 : Faiblement intense

3 : Moyennement intense

4 : Fortement intense

5 : Très fortement intense

Echantillon	1	2	3	4	5	6
Note						

Sensation en bouche :

- **Gout sucré**

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

1 : Très faiblement intense

2 : Faiblement intense

3 : Moyennement intense

4 : Fortement intense

5 : Très fortement intense

Echantillon	1	2	3	4	5	6
Note						

- **Arôme (Sensation en bouche):**

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

1 : Très faiblement intense

2 : Faiblement intense

3 : Moyennement intense

4 : Fortement intense

5 : Très fortement intense

Echantillon	1	2	3	4	5	6
Note						

- **Acidité :**

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

1 : Très faiblement intense

2 : Faiblement intense

3 : Moyennement intense

4 : Fortement intense

5 : Très fortement intense

Echantillon	1	2	3	4	5	6
Note						

- **Arrière-gout :**

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

1 : Absent

2 : Faible

3 : Moyen

4 : Fort

5 : Très fort

Echantillon	1	2	3	4	5	6
Note						

- **Consistance :**

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

1 : Trop molle

2 : Molle

3 : Moyenne

4 : Gélifiante

5 : Très gélifiante

Echantillon	1	2	3	4	5	6
Note						

- **Tartinabilité :**

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

1 : Très difficile

2 : Difficile

3 : Moyenne

4 : Facile à tartiner

5 : Très facile à tartiner

Echantillon	1	2	3	4	5	6
Note						

1. Préférence générale :

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

❖ **1:** Extrêmement désagréable, **2:** Très désagréable, **3:** Désagréable, **4:** assez désagréable, **5 :** Ni agréable ni désagréable, **6 :** faiblement agréable ,**7 :** Agréable, **8 :** Très agréable, **9 :** Extrêmement agréable.

Echantillon	1	2	3	4	5	6
Note						

2. paramètre ayant motivé la préférence générale :

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

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

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

Avis personnel

.....

.....

.....

Merci pour votre coopération

2								
3								
4								
5								
6								

<i>Paramètre</i>	<u>Odeur :</u>		<u>Sucre :</u>		<u>Fruit :</u>	
	-Agréable.		-Teneur normale.		-Teneur normale	
	-Fraiche,		-Manque.		-Manque.	
	-Sans odeur		-Excès		-Excès.	
	-Légèrement acide.					
	-Désagréable					
<i>Pots</i>	Critère	Note	Critère	Note	Critère	Note
	représentatif	1-9	représentatif	1-9	représentatif	1-9
1						
2						
3						
4						
5						
6						

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

Appréciation générale:

Echantillon	1	2	3	4	5	6
Note						

1- Paramètre ayant motivé la préférence générale :

- Quel sont les caractéristiques organoleptiques qui ont motivé votre préférence :

Le goût L'acidité L'arôme

Sucré

La couleur L'arrière-gout L'odeur

La consistance

Il s'agit de la confiture de quel fruit ou légume selon vous ?

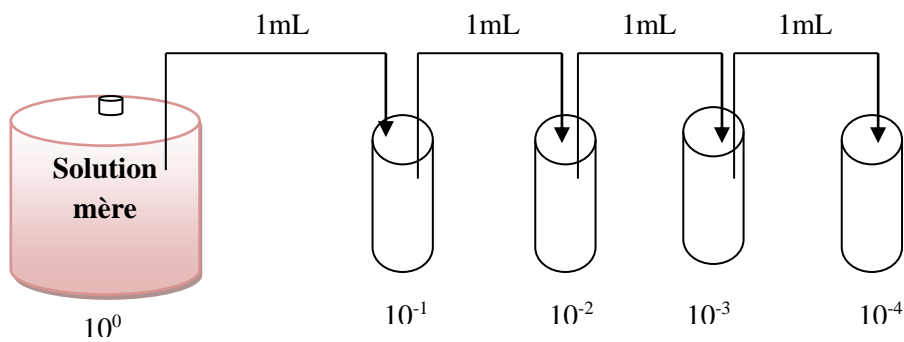
Avis personnel

.....

Merci pour votre coopération.

Annexe III: Diagrammes des analyses microbiologiques.1-Préparation des différentes dilutions (10^0 , 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4})

- **Préparation de la solution mère (10^0) :** 10g de confiture dans 90 ml de l'eau physiologique stérile ou 25 g de confiture dans 225 ml d'eau physiologique stérile ou TSE.
- **Préparation des dilutions (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4}) :** transférez 1mL de solution mère vers le tube de la dilution 10^{-1} contenant 9 ml d'eau physiologique stérile. Après vous transférez également 1mL de la 10^{-1} vers 10^{-2} et vous continuez avec le même principe pour les différentes dilutions.

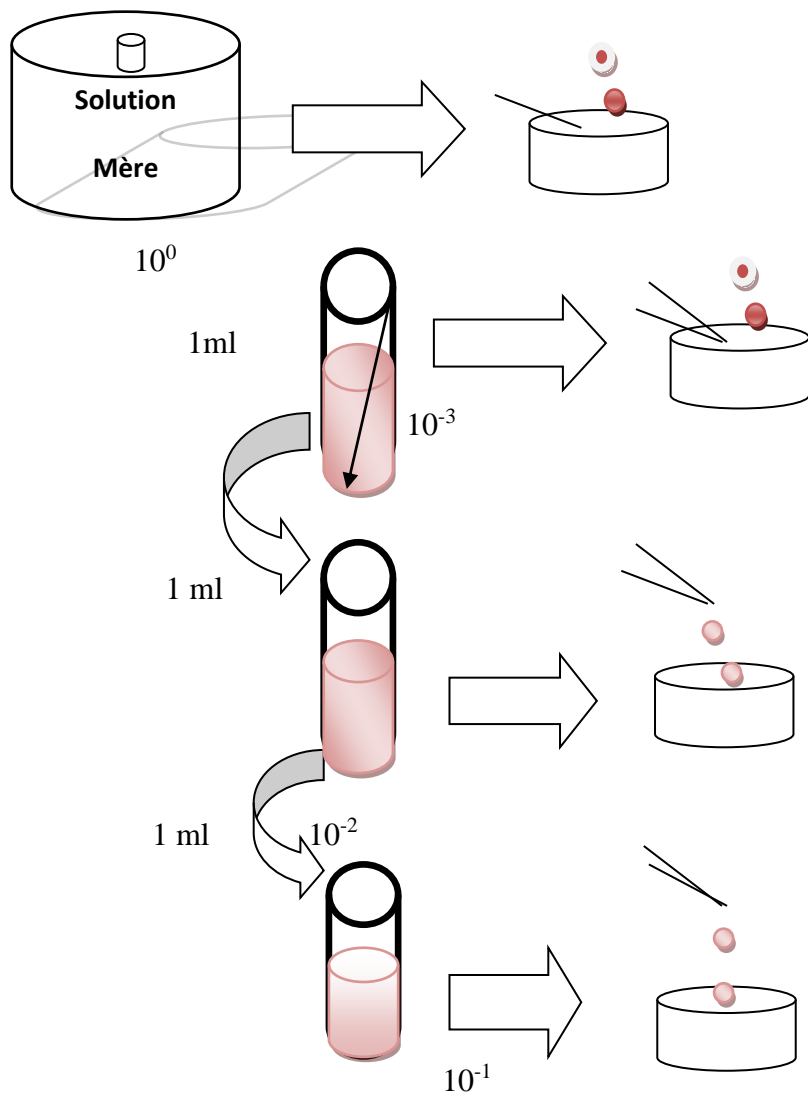


25 g + 225 ml TSE ou EP

10 g + 90 ml TSE ou EP

Préparation des dilutions

Annexe III (suite): Diagrammes des analyses microbiologiques.

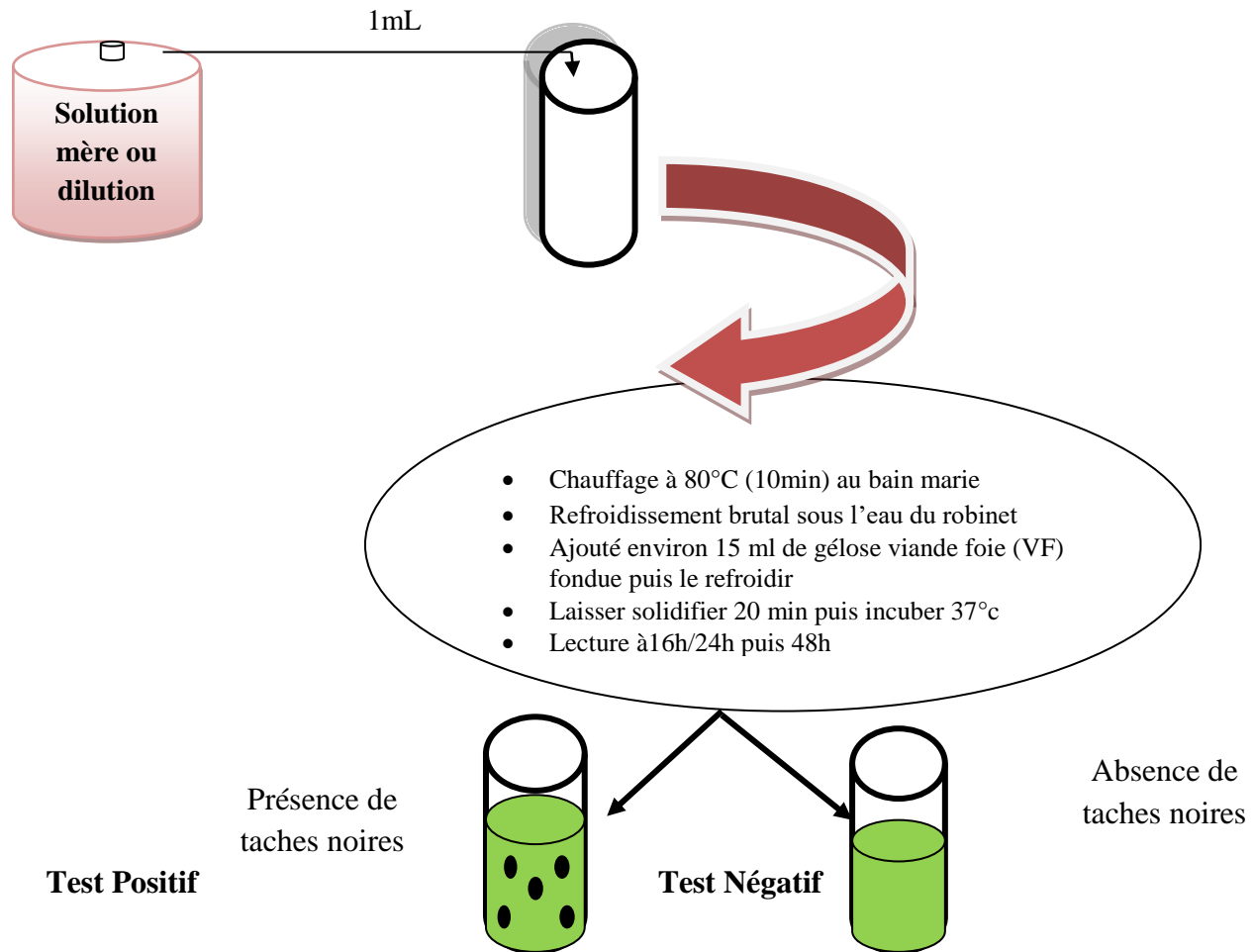


Milieu d'ensemencement VRBL

Incubation à 44°C (24 h)

Dénombrement des coliformes fécaux

Annexe III (suite): Diagrammes des analyses microbiologiques.

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

Annexe III (suite): Diagrammes des analyses microbiologiques.

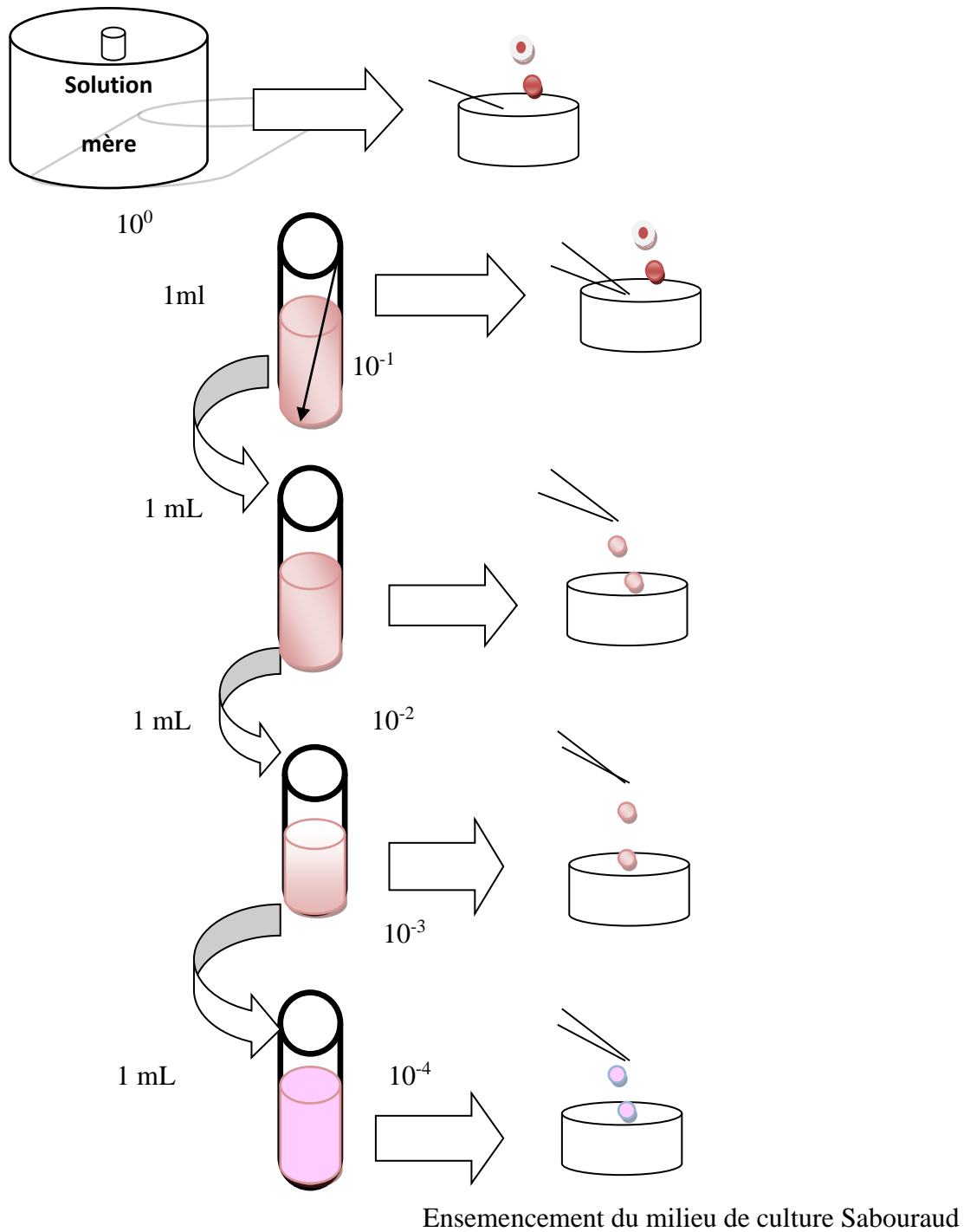
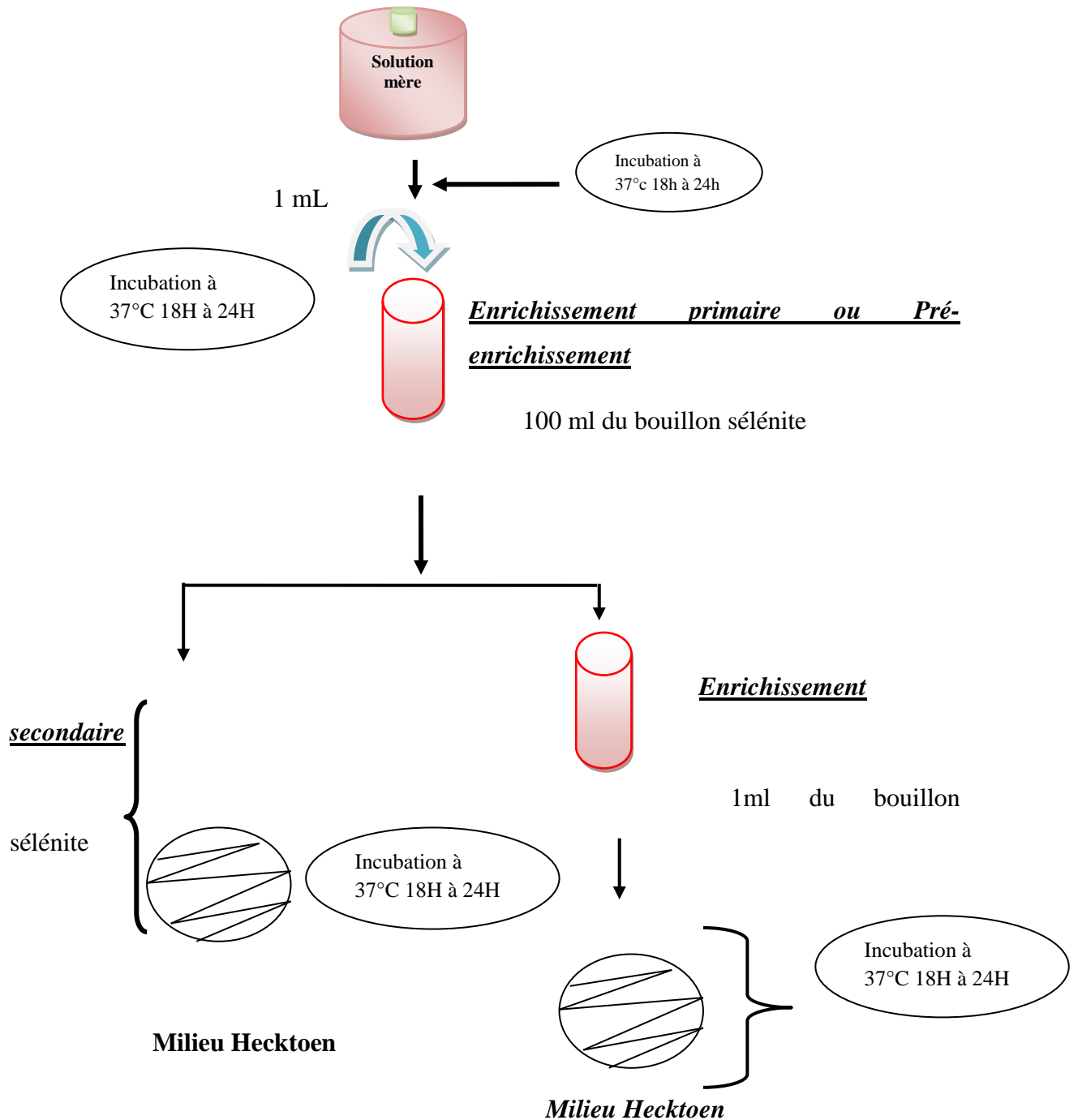


Figure 3: Dénombrement des levures et moisissures.

Annexe III (suite): Diagrammes des analyses microbiologiques.



Ensemencement du milieu de culture

Figure 4: Recherche des salmonelles.

Annexe III (suite): Diagrammes des analyses microbiologiques.

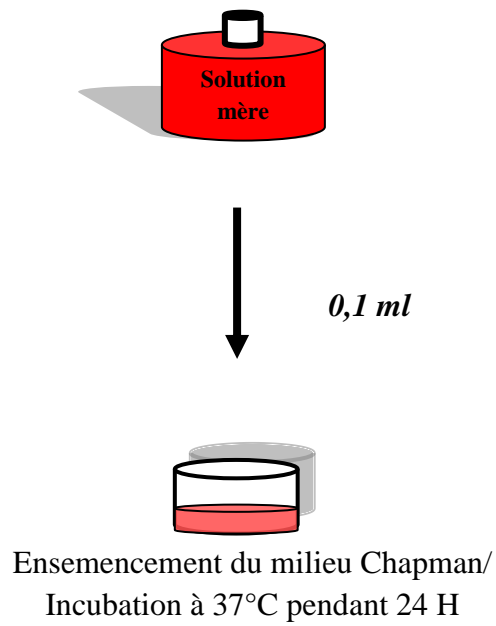
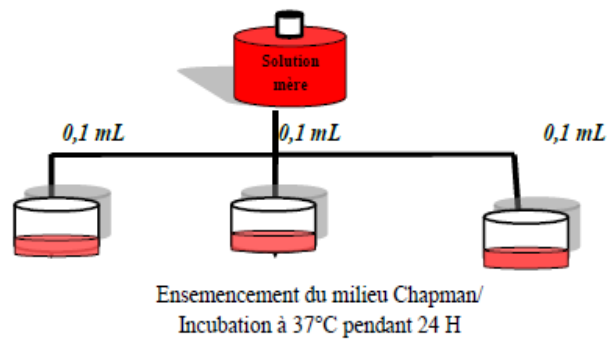


Figure 5: Dénombrement de *Staphylococcus aureus*.

Résumé

L'objectif du principal présent travail est d'élaborer une confiture de betterave sans ajout de conservateurs qui peut être une bonne source d'éléments nutritifs et évaluation de sa qualité au cours du stockage à une température de 4°C pendant cinq mois. Le suivi des paramètres physico-chimiques, des teneurs en antioxydants et de l'activité antioxydante ont été effectuées après chaque mois. Une augmentation progressive et significative ($p < 0,05$) des teneurs en polyphénols, flavonoïdes, anthocyanines, flavonols et tanins condensés a été observée au cours de la conservation. De même, les résultats enregistrés ont montré que la conservation à 4°C pendant cinq mois est accompagnée d'une augmentation du pH et de l'activité antiradicalaire (DPPH° et ABTS°-). Cependant, une diminution significative a été noté dans le taux d'acidité, la conductivité, l'IBNE et la teneur en vitamine C. En outre, L'analyse microbiologique a révélé que la confiture élaborée présente une qualité microbiologique satisfaisante sans aucun risque sanitaire pour les consommateurs vue l'absence de germes pathogènes. L'analyse sensorielle a également révélé l'appréciation de cette confiture par les dégustateurs. En conclusion, l'élaboration de la confiture à base de betterave est possible et la confiture élaborée présente une bonne qualité physico-chimique, microbiologique et sensorielle ce qui permet d'élargir sa transformation en confiture à l'échelle industrielle afin d'assurer sa disponibilité tout au long de l'année.

Mots clés : Confiture; Betterave; antioxydants; Activité antioxydante; Qualité, Stockage.

Abstract

The main objective of this work is to develop a beet jam without the addition of preservatives which can be a good source of nutrients and evaluation of its quality during storage at a temperature of 4°C for five months. Physicochemical parameters, antioxidant levels and antioxidant activity were monitored after each month. A progressive and significant increase ($p < 0.05$) in the contents of polyphenols, flavonoids, anthocyanins, flavonols and condensed tannins was observed during storage. Similarly, the results recorded showed that storage at 4°C for five months is accompanied by an increase in pH and antiradical activity (DPPH° and ABTS°-). However, a significant decrease was noted in the acidity rate, conductivity, IBNE and vitamin C content. In addition, the microbiological analysis revealed that the jam produced has a satisfactory microbiological quality without any health risk for consumers given the absence of pathogenic germs. The sensory analysis also revealed the appreciation of this jam by the tasters. In conclusion, the production of beet-based jam is possible and the jam produced has good physico-chemical, microbiological and sensory quality, which makes it possible to extend its transformation into jam on an industrial scale in order to ensure its availability throughout the year.

Keywords: Jam; Beet; antioxidants; Antioxidant activity; Quality, Storage.