

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Sciences Alimentaires  
Filière : Sciences Alimentaires  
Spécialité : Contrôle de qualité et analyse des aliments



Réf:.....

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

**MASTER**

*Thème*

**Elaboration d'une confiture innovante à base  
de fruits rouges intégrant les propriétés gélifiantes  
des graines de chia**

**Présenté par :**

**BELAID Celina & BELLIL Ouardia**

Soutenu le : 04/07/2024

Devant le jury composé de :

Mme. OUCHEMOUKH N.

Pr

Président

Mme. HAMRI S.

Pr

Encadrant

Mme. BRAHMI N.

MCA

Examineur

**Année Universitaire : 2023-2024**

# Remerciements

*Avant tout nous tenons à remercier le Seigneur "le bon DIEU", source de toute sagesse et de toute connaissance, qui nous a accordé santé et courage pour mener ce travail jusqu'au bout.*

*Au premier lieu, on tient à exprimer notre profonde gratitude au Professeur HAMRI S., qui a accepté de diriger notre mémoire de fin de cycle. Ses précieux conseils, son expertise avisée, ses encouragements, son accompagnement et ses judicieuses orientations ont été déterminants dans la construction de cette étude.*

*On la remercie sincèrement pour sa disponibilité, sa rigueur et sa bienveillance, qui ont été des atouts inestimables dans la réalisation de ce projet de recherche.*

*Nous souhaitons également adresser nos plus vifs remerciements à Madame OUCHEMOUKH N., la présidente du jury, ainsi qu'à Madame BRAHMI N. l'examinatrice, pour le fait qu'elles ont accepté d'évaluer notre modeste travail et pour leurs remarques constructives qui ont permis d'en améliorer la qualité.*

*Nos remerciements s'adressent également à Madame DJAOUD K. pour sa présence, son implication et sa gentillesse qui ne sont pas passées inaperçues et à Madame SMAIL L. pour son soutien et son aide précieux.*

*Leur contribution dans ce processus été d'une grande valeur et a grandement facilité l'aboutissement de cette étude.*

*En dernier, Nous souhaitons à remercier chaleureusement l'ensemble de l'équipe qualité et de recherche et développement de l'unité AGRANA. Leur engagement et leur expertise précieuse ont été des atouts majeurs tout au long de cette collaboration.*



*B.Celina & B.Ouardia -*

# *Dédicaces*

*Pour que ma réussite soit complète, je la partage du fond du cœur avec toutes les personnes que j'apprécie et qui étaient là pour moi tout au long de mon parcours.*

*Je dédie ce modeste travail à*

*A ma tendre maman, "la prunelle de mes yeux"*

*« A mon refuge le plus sûr. Rien ne pourra égaler la douceur de tes étreintes, la chaleur de tes mots réconfortants et la tendresse de ton regard. Merci d'être la maman poule et le jardin secret à qui je peux me confier »*

*A mon cher papa, "le super héros"*

*« Lumière qui éclaire ma route et me pousse toujours à viser l'excellence, l'homme qui m'a insufflé la force et la détermination pour gravir les montagnes de la connaissance. Merci pour tes précieux encouragements et tes conseils avisés tout au long de mon parcours »*

*A mes chers grands frères "Omar" et "M. Saïd"*

*« Mes piliers inébranlables qui ont soutenu mon édifice personnel et intellectuel, les gardiens de mes rêves et les phases qui ont illuminé ma route. Je suis reconnaissante grâce à Dieu, d'avoir des frères aussi exceptionnels que vous »*

*A ma belle-sœur adorée "Nouara"*

*« Merci d'avoir été un soutien indéfectible. Ton écoute, tes encouragements et ta présence bienveillante ont été d'un réconfort inestimable. Tu as su me remonter le moral dans les moments les plus difficiles et partager ma joie à chaque étape franchie. »*

*A mes chères amies "Ilhame", "kenza ", "Ahlam" et "lyna"*

*« Merci d'avoir été à mes côtés, vos encouragements, vos rires et nos moments de complicité a été un véritable carburant pour moi »*

*A la meilleure des binômes*

*Ma précieuse, " Ouardia"*

*« Travailler à tes cotés a été un véritable plaisir. Je suis fière de pouvoir partager cette victoire avec toi. Les défis et les obstacles rencontrés n'ont fait que renforcer notre complicité et notre détermination à atteindre nos objectifs ensemble. Merci d'avoir été une collaboratrice exceptionnelle ».*

 - B.Celina -

# *Dédicaces*

*Alors que s'achève ce chapitre important de ma vie, je souhaite  
dédier ce mémoire à ceux qui m'ont accompagné et soutenu  
tout au long de ce parcours*

*À la personne qui m'a donné la vie, qui m'a guidé avec amour  
et sagesse, ton cœur bienveillant et ton dévouement sans faille  
ont fait de moi la personne que je suis aujourd'hui, merci pour  
tes sacrifices*

*Maman, tu seras à jamais dans mon cœur.*

*À celui qui a illuminé mon chemin, qui m'a appris l'importance  
de la persévérance et du travail acharné, mon inspiration,  
mon exemple de bonté, Je suis béni d'avoir un père comme toi*

*Mon père, je t'aime plus que les mots ne peuvent le dire.*

*Ces mots ne suffiront jamais pour exprimer l'immense  
gratitude et l'amour que j'ai pour vous, vous êtes mes  
confidents et mes piliers de soutien. Merci pour tout ce que  
vous avez fait et vous continuer de faire pour moi*

*Mes frères adorés, Amine, Moussa, Abederrahim et Abdeljalil.*

*Aux trésors les plus précieux que j'ai reçus du destin, les  
témoins de mes joies et de mes peines, que la vie continue de  
tisser des liens d'amour et de complicité entre nous, je vous  
remercie pour votre présence inestimable*

*Mes sœurs extraordinaires, Ibtissam, Mélissa et Amina.*

*Dès ton arrivée dans ce monde, tu as apporté une vague de  
bonheur dans notre famille. Tes rires cristallins et tes petites  
joues toutes roses ont instantanément conquis mon cœur*

*Ma douce nièce, Nadine.*

*Bien que tu as quitté ce monde physique, ton âme bienveillante continue de m'accompagner chaque instant, tu ne quitteras jamais mes pensées, tu étais bien plus qu'une tante, tu étais une véritable mère, une confidente et une source d'inspiration*

*Que ton âme repose en paix ma chère tante.*

*Au fil des années, nos chemins ont parfois divergé, mais l'amour qui nous lie reste intact. Je suis reconnaissante pour votre présence inconditionnelle, votre amitié indéfectible, je suis chanceuse de vous avoir dans ma vie*

*Mes sœurs de cœur, Sara et Katia.*

*Vous avec qui j'ai partagé tant de rires et de moments de complicité. Aujourd'hui, alors que nos chemins se séparent, je sais que le lien qui nous unit restera toujours gravé dans mon cœur, je chéris chaque instant que nous avons passé ensemble*

*Mes belles, Kenza et Lina*

*A mon pilier de force dans les moments de doute, tu es une intellectuelle brillante, une femme au grand cœur que j'admire profondément, grâce à toi j'ai appris à relever les défis avec courage et détermination, tu es bien plus qu'un binôme pour moi tu es une amie sincère*

*Ma merveilleuse Celina*



*B.Ouardia -*

# *Table des matières*

## *Table des matières*

---

### **Remerciements**

### **Dédicaces**

### **Table des matières**

Liste d'abréviation

Liste des tableaux

Liste des figures

**Introduction ..... 1**

## **Chapitre I**

### **Synthèse bibliographique**

**I. La fraise ..... 5**

1. Description de la fraise ..... 5

2. Classification taxonomique ..... 5

3. La fraise comme un aliment fonctionnel ..... 6

4. Utilisation de la fraise ..... 9

**II. Les mûres ..... 9**

1. Description de la mûre ..... 9

2. Classification botanique ..... 10

3. Les mûres comme aliments fonctionnels ..... 10

4. Utilisation des mûres ..... 12

**III. Graines de chia ..... 12**

1. Description des graines de chia ..... 12

2. Classification taxonomique ..... 13

3. Composition nutritionnelle ..... 14

4. Chia comme aliment fonctionnel ..... 15

5. Utilisation et application des graines de chia ..... 15

6. Le mucilage de la graine de chia ..... 16

**IV. Confiture ..... 16**

1. Description de la confiture ..... 16

2. Matière première de la confiture ..... 16

2.1. Les fruits et légumes ..... 16

2.2. Le sucre ..... 17

3. Traitement des matières premières ..... 17

4. Les additifs autorisés ..... 17

4.1. Les gélifiants : Pectine (E440) ..... 17

## *Table des matières*

---

4.2. Les acidifiants.....	18
4.3. Les conservateurs .....	18
4.4.4. Les colorants.....	18
4.1. Les antimoussants.....	19
4.2. Les aromatisants .....	19
5. Les types de confitures .....	19
5.1. Confiture.....	19
5.2. Gelées .....	19
5.3. Marmelade d'agrumes .....	19
5.4. Marmelade préparée à base de fruits autres que les agrumes.....	19
5.5. Marmelade en gelée.....	20
6. Altération des confitures.....	20
6.1. Altération microbiologique .....	20
6.2. Altération chimique .....	20
7. Gélification de la confiture .....	20
8. Les principales étapes de fabrication.....	21
8.1. Triage, parage et lavage.....	21
8.2. Décongélation.....	21
8.3. Blanchiment éventuel .....	22
8.4. Cuisson .....	22
8.5. Conditionnement .....	22
8.6. Appertisation .....	22
8.7. Refroidissement .....	22

### **Chapitre II**

#### **Matériels et méthodes**

<b>I. Matériels utilisé .....</b>	<b>24</b>
<b>II. La matière première.....</b>	<b>24</b>
<b>III. Formulation de la confiture .....</b>	<b>25</b>
1. Plan de mélanges .....	25
2. Formulation de la confiture avec des graines de chia (pour 100g).....	26
3. Préparation de la confiture avec pectine (pour 100g).....	27
<b>IV. Analyses physicochimiques .....</b>	<b>27</b>
1. Détermination du taux des solides solubles.....	27
2. Détermination du pH .....	28

## *Table des matières*

---

3. Détermination de l'acidité .....	28
4. Mesure de la viscosité .....	29
5. Détermination de la teneur en eau et de matière sèche.....	29
<b>V. Analyses microbiologiques.....</b>	<b>29</b>
1. Recherche des levures et moisissures.....	30
2. Recherche des coliformes totaux.....	30
2.1. Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale .....	31
<b>VI. Analyse phytochimiques .....</b>	<b>31</b>
1. Préparation de l'extrait .....	31
2. Dosage des polyphénols totaux .....	32
3. Evaluation de l'activité antioxydante .....	32
<b>VII. Evaluation sensorielle.....</b>	<b>33</b>
1. Analyse hédonique .....	34
2. Analyse sensorielle .....	34
<b>VIII. Analyse statistique .....</b>	<b>35</b>

### **Chapitre III**

#### **Résultats et discussions**

<b>I. Formulation de la confiture .....</b>	<b>37</b>
1. Optimisation de la formulation de la confiture en utilisant le plan de mélanges .....	37
2. Analyse statistique des modèles .....	38
3. Interprétation graphique des modèles de surface de réponse (3D).....	39
<b>II. Analyses physico-chimiques .....</b>	<b>41</b>
1. Teneur en sucre.....	41
2. pH .....	42
3. Acidité .....	43
4. Teneur en matières sèches .....	43
5. Teneur en eau .....	43
6. Viscosité .....	44
<b>III. Analyse microbiologique .....</b>	<b>44</b>
<b>IV. Analyse phytochimique.....</b>	<b>45</b>
1. Dosage des polyphénols .....	45
2. Evaluation de l'activité anti-radicalaire contre le DPPH.....	46
<b>V. Analyse sensorielle .....</b>	<b>47</b>
1. Caractérisations des produits .....	47

## *Table des matières*

---

1.1. Pouvoir discriminant par descripteur.....	47
1.2. Coefficient des modèles.....	48
1.3. Moyennes ajustées par produit .....	49
2. Analyse en composantes principales (ACP).....	50
3. Classification ascendante hiérarchique.....	51
3.1. Carte des préférences (PREFMAP).....	52
<b>Conclusion .....</b>	<b>53</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexes</b>	

**Liste d'abréviation**

- ° **Brix** : Degré brix
- AA** : Activité antioxydante
- AC** : Acide citrique
- ACP** : Analyse en composantes principales
- AG** : Acides gras
- ANOVA** : Analyse de la variance
- CAH** : Classification ascendante hiérarchique
- cP** : Centipoise
- DPPH** : 2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyle
- FMAT** : flore mésophile aérobie totale
- GC** : Graines de chia
- ISO** : Organisation internationale de normalisation
- JMP** : Projet de John's Macintosh
- JORA** : Journal officiel de la république algérienne
- LM** : Faible degré de méthylation
- MS** : Matière sèche
- MSS** : Matière sèche soluble
- Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>** : Carbonate de sodium
- NaOH** : Hydroxyde de sodium
- NF** : Norme française
- Pa.s** : Pascal seconde
- PCA** : Plate Count Agar

## *Liste d'abréviation*

---

**pH** : Potentiel d'hydrogène

**PREFMAP** : Carte des préférences

**PPT** : Polyphénols totaux

**UFC** : Unités formant colonies

**VRBL** : Gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre

**YGC** : Gélose glucose chloramphénicol

## *Liste des tableaux*

---

### **Liste des tableaux**

<b>Tableau I :</b> Les teneurs moyennes et les macronutriments présents dans la fraise .....	6
<b>Tableau II :</b> Les teneurs moyennes des minéraux et des oligo-éléments présents dans 100g de fraise .....	7
<b>Tableau III :</b> Les teneurs moyennes et les valeurs nutritionnelles de références des vitamines présents dans 100g de fraise.....	8
<b>Tableau IV :</b> Teneurs des différentes familles de polyphénols chez la fraise.....	8
<b>Tableau V :</b> La composition chimique des mûres d'après la base de donnée de département américain des nutriments agricoles.....	11
<b>Tableau VI :</b> Les teneurs moyennes et les valeurs nutritionnelles de références des minéraux et des oligo-éléments présents dans 100g de mûres .....	12
<b>Tableau VII :</b> Composition nutritionnelle des graines de chia. ....	14
<b>Tableau VIII :</b> Les paramètres physicochimiques des fruits rouges utilisés. ....	25
<b>Tableau IX :</b> Les huit formulations générées par le JMP pour 100g de confiture. ....	26
<b>Tableau X :</b> Réponses observées pour huit essais expérimentaux du plan de mélanges. ..	37
<b>Tableau XI :</b> Analyse de la variance (ANOVA) pour le modèle de régression.....	38
<b>Tableau XII :</b> Formulation optimale de la confiture générée par le plan de mélanges.....	41
<b>Tableau XIII :</b> Les résultats des analyses physicochimiques. ....	42
<b>Tableau XIV :</b> Les résultats des analyses microbiologiques.....	45
<b>Tableau XV :</b> Moyennes ajustées par produit. ....	49

## *Liste des figures*

---

### **Liste des figures**

<b>Figure 1</b> : Graines de chia ( <b>A</b> : vue microscopique et <b>B</b> : vue macroscopique).....	13
<b>Figure 2</b> : Photographie de fraises et mûres surgelées avec une découpe de 10mm×10mm. .....	24
<b>Figure 3</b> : Photographie des graines de chia prétraitées. ....	26
<b>Figure 4</b> : Photographie de la confiture conditionnée dans des pots en verre stérilisés. ....	27
<b>Figure 5</b> : Photographie de la paillasse préparée pour l'analyse hédonique.....	34
<b>Figure 6</b> : Photographie de la paillasse préparée pour l'évaluation sensorielle panel expert. .....	35
<b>Figure 7</b> : Profileurs isoréponses illustrant l'effet des variables ( $X_1$ , $X_2$ et $X_3$ ) le pH, le Brix et la viscosité des différentes formulations de confiture. ....	41
<b>Figure 8</b> : La teneur en polyphénols totaux des deux confitures.....	46
<b>Figure 9</b> : L'activité antioxydante des deux confitures. ....	47
<b>Figure 10</b> : Pouvoir discriminant par descripteur. ....	48
<b>Figure 11</b> : Coefficients des modèles pour chaque confiture. ....	49
<b>Figure 12</b> : Corrélations entre les variables et les facteurs (Biplot). ....	50
<b>Figure 13</b> : Profil des préférences des classes créées. ....	51
<b>Figure 14</b> : Carte des préférences des confitures analysées. ....	52

# *Introduction*

## *Introduction*

---

L'alimentation et la nutrition sont des exigences fondamentales pour la promotion et la protection de la santé, permettant la pleine affirmation du potentiel de croissance et de développement humain, **(Guiné, 2018)**.

Les tendances alimentaires actuelles révèlent une nette augmentation de l'intérêt des consommateurs pour des aliments ayant une valeur nutritionnelle importante et bénéfique pour les fonctions physiologiques de l'organisme **(Valdivia-López et Tecante, 2015)**.

Les aliments fonctionnels présentent un avantage supplémentaire pour la santé en plus de leur valeur nutritionnelle. Leur développement est un défi, car il doit répondre aux attentes des consommateurs en termes de qualité du produit, de sécurité, d'efficacité, de préférences diététiques et de coût **(Guiné, 2018)**.

De nombreuses études épidémiologiques ont montré qu'une alimentation riche en fruits et légumes est souvent associée à une incidence plus faible de plusieurs pathologies chroniques, dont l'obésité, maladies cardiovasculaires et neurologiques, et le cancer **(Giampieri et al, 2012)**. Parmi ces fruits, on trouve les baies, qui sont largement acceptées en raison de leur apparence et de leur saveur attrayante. Outre leurs caractéristiques organoleptiques, ils sont notamment riches en composés phytochimiques qui, s'ils sont présents dans le régime alimentaire, peuvent avoir des effets bénéfiques sur la santé. Les baies, y compris les fraises et les mûres sont consommées à la fois en tant que fruits frais et sous leurs formes transformées, telles que les pâtes à tartiner, les confitures, les sirops, les vins, les thés, etc **(Kopjar et al., 2009)**.

La transformation en confiture est considérée comme l'une des méthodes de conservation les plus courantes pour les fruits **(Rababah et al, 2015)**. La confiture est l'un des produits alimentaires les plus consommés, car elle fait partie des repas quotidiens depuis de nombreuses années. Elle se compose essentiellement de fruits auxquels on ajoute du sucre et des agents épaississants. Elle est préparée en mélangeant des fruits coupés en tranches avec les composants susmentionnés et en les faisant cuire jusqu'à l'obtention de la texture souhaitée.

L'ajout de nouveaux ingrédients dans les produits alimentaires peut influencer l'acceptabilité par les consommateurs. En particulier, l'inclusion des graines de chia dans les confitures qui a fait l'objet d'une attention très récente, bien que peu de gens en soient familiers. Toutefois, on s'attend à ce que certains effets indésirables des graines de chia peuvent être acceptés en

## *Introduction*

---

raison de leur valeur nutritionnelle, offrant des possibilités de développer dans l'industrie alimentaire des produits fonctionnels et nutraceutiques (Seleem et al, 2024).

Des études précédentes ont démontré que l'incorporation de graines de chia enrichit non seulement la confiture sur le plan nutritionnel, mais lui confère également une texture unique grâce à ses propriétés gélifiantes remarquables (Adarsh Krishna, 2024).

Une confiture de bonne qualité a généralement une couleur vive, une saveur aigre-douce typique et une consistance agréable, ni trop liquide ni trop rigide (Rababah et al, 2015) dont la pectine est utilisée pour augmenter ses propriétés texturales, stabilisantes et épaississantes (Adarsh Krishna, 2024). Cependant, il a été bien confirmé que la pectine joue un rôle dans la dégradation de la couleur des confitures, un paramètre crucial pour les consommateurs (Adarsh Krishna et al, 2024).

Il est donc primordial d'explorer des alternatives naturelles, telles que les graines de chia, afin de maintenir les propriétés physico-chimiques, texturale et organoleptiques désirées du produit fini.

Cette étude vise à développer une confiture innovante aux fraises et mûres en utilisant les propriétés gélifiantes des graines de chia, et à évaluer le potentiel de leurs mucilages comme substitut naturel à la pectine industrielle, tout en exploitant leurs qualités nutritionnelles pour répondre aux attentes des consommateurs en matière de qualité, de durabilité et de bénéfices pour la santé.

Notre projet de fin d'études a pour objectif :

- L'optimisation de la formulation d'une confiture à base de fruits rouges incorporant les graines de chia comme agent gélifiant par le plan d'expérience de type « plan de mélanges » ;
- La préparation optimale de la confiture à base de fruits rouges et graines de chia ;
- La réalisation des analyses microbiologiques, physicochimiques, phytochimiques et sensorielles sur les confitures élaborées, incluant un échantillon témoin avec pectine et un autre utilisant les graines de chia en substitution de la pectine.

Ce travail est subdivisé en deux parties :

- La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique incluant les généralités sur trois matrices végétales à savoir, les fraises, les mûres et les graines de chia et quelques notions générales sur la technologie de la confiture.

## *Introduction*

---

– La deuxième partie de ce travail consiste en une étude expérimentale, répartie en deux chapitres dont le premier décrit l'ensemble du matériel et méthodes utilisés pour la préparation de notre produit et le deuxième pour présenter les résultats obtenus ainsi que leur discussion.

*Chapitre I*  
*Synthèse bibliographique*

## I. La fraise

### 1. Description de la fraise

Le genre *Fragaria* appartient à la famille des Rosaceae. C'est un membre de la sous-famille des Rosoideae et se compose d'environ 20 espèces qui comprennent de nombreuses espèces diploïdes sauvages telles que *Fragaria nubicola*, *Lacaita* et *Fragariavesca* L., ainsi que la fraise cultivée, *F<sub>x</sub>ananassa* Duchesne ( $2n=8x=56$ ) (Gündüz, 2016). Le fraisier actuellement cultivé (*Fragaria X ananassa* Duch.), résulte d'un croisement entre un fraisier nord-américain (*Fragariavirginiana*Duch.) et un fraisier sud-américain (*Fragariachiloensis* (L) Duch.), décrit en premier par Antoine Duchesne. Le fraisier est une plante pérenne herbacée chez laquelle les différents organes sont très proches les uns des autres y compris entre partie aérienne et partie souterraine, contrairement aux arbres (Putti, 2005).

*Fragaria ananassa* Duch. est l'une des baies les plus précieuses au monde en raison de son goût agréable et son aspect attrayant (Dzhanfezova et al., 2020). Elles s'inscrivent dans une tendance croissante qui met en avant les antioxydants d'origine végétale pour leurs bienfaits avérés sur la santé (Newerli-Guz et al., 2023). Sa coloration rouge résulte de la présence d'anthocyanes, elle fait partie de l'alimentation humaine depuis des siècles et constitue l'une des principales sources alimentaires de composés bioactifs (Dzhanfezova et al., 2020).

### 2. Classification taxonomique

- **Domine** : Eukarya
- **Règne** : Plantae
- **Sous-règne** : Trachebionta
- **Division** : Magnoliophyta
- **Classe** : Magnoliopsida
- **Sous-classe** : Rosidae
- **Ordre** : Rosales
- **Famille** : Rosaceae
- **Genre** : *Fragaria*
- **Espèce** : *Fragaria × ananassa*

### 3. La fraise comme un aliment fonctionnel

La fraise (*Fragaria x ananassa*) est parmi les fruits rouges les plus populaires et les plus appréciées. Elle est considérée comme un aliment fonctionnel en raison de ses remarquables activités biologiques et de ses bienfaits potentiels pour la santé (**Chaves et al., 2017**). Les fraises présentent une combinaison unique de plusieurs nutriments, substances phytochimiques et fibres, qui jouent un rôle synergique dans leur caractérisation en tant qu'aliment fonctionnel. Le **Tableau I** montre que ce fruit dispose également de fibres qui participent à la régulation du taux de sucre dans le sang et présentent un effet de satiété (plus de 3g de fibres pour 100g) (**Florian, 2016**).

Les propriétés de santé du fruit de la fraise sont dues à sa riche composition en substances bioactives. Grâce à leur teneur élevée en eau (plus de 90 %) (**Tableau I**) et à la faible valeur calorifique de 32 kcal/100 g, les fraises sont recommandées dans les régimes amaigrissants et dans la lutte contre l'obésité (**Newerli-Guz et al., 2023**). Les sucres majeurs présents dans les fraises à tous les stades de la maturation sont le glucose, le fructose et le saccharose où ils se trouvent à des concentrations presque égales, et ils augmentent continuellement au cours du développement du fruit (**Hummer et Hancock., 2009**).

**Tableau I** : Les teneurs moyennes et les macronutriments présents dans la fraise (**Aperifel.fr**).

Constituants	Teneurs moyennes (g)
<b>Eau</b>	90.30
<b>Fibres</b>	3.80
<b>Glucides</b>	6.03
<b>dont sucres</b>	5.60
<b>Lipides</b>	< 0.50
<b>dont acides gras saturés</b>	<0.01
<b>Protéines</b>	0.63

Les fraises sont également une excellente source de manganèse, de sorte qu'une portion peut fournir plus de 20% de l'apport quotidien adéquat (AI : adequate intake) de ce minéral. La même quantité de fraises est capable de fournir environ 5% de l'IA pour le potassium, et a

été qualifiée comme une bonne source d'iode, de magnésium, de cuivre, de fer et le phosphore (Tableau II) (Giampieri et al., 2012).

Constituants	Teneur moyenne
Calcium (mg)	18
Chlorure(mg)	< 20
Cuivre(mg)	0.02
Fer (mg)	0.19
Iode (µg)	< 20
Magnésium(mg)	12
Manganèse (mg)	0.26
Phosphore (mg)	23
Potassium (mg)	140
Sélénium (µg)	<20
Sodium (mg)	<
Zinc (mg)	0.11

**Tableau II** : Les teneurs moyennes des minéraux et des oligo-éléments présents dans 100g de fraise (Aperifel.fr).

La fraise est riche en vitamine C, soit 54 mg pour 100g ; et en vitamine B9 soit 98.90 µg pour 100g (Tableau III). D'ailleurs, Les données de la table Ciqual 2020 indiquent que la fraise est le fruit le plus riche en vitamine B9, suivi par le fruit de la passion (Aperifel.fr).

La vitamine C joue un rôle important dans de nombreuses fonctions métaboliques et protège le système immunitaire, réduit la gravité des réactions allergiques et aide à lutter contre les infections (Newerli-Guz et al., 2023).

**Tableau III :** Les teneurs moyennes et les valeurs nutritionnelles de références des vitamines présents dans 100g de fraise (**Aperifel.fr**).

Constituants	Teneur moyenne
Provitamine A Béta carotène(µg)	<5
Equivalent Vitamine A (mg)	<0.83
Vitamine B1 (mg)	<0.015
Vitamine B2 (mg)	<0.01
Vitamine B5 (mg)	0.13
Vitamine B6 (mg)	0.04
Vitamine B9 (µg)	98.9
Vitamine C (mg)	54
Vitamine E (mg)	0.30
Vitamine K1 (µg)	0.80

Les fraises ont été incluses parmi les 100 sources les plus riches en polyphénols alimentaires, et ont été classées dans la liste des 89 aliments et boissons qui fournissent plus de 1 mg de polyphénols totaux (**Basu et al., 2016**). Les polyphénols, relativement présents, sont majoritairement représentés par les flavonoïdes et les acides phénoliques (**Tableau IV**). Ces composés présentent une activité antioxydante mais également différents rôles bénéfiques pour l'organisme humain (**Florian, 2016**).

**Tableau IV :** Teneurs des différentes familles de polyphénols chez la fraise (**Aprifel.fr**)

Polyphénols	Quantité (pour 100g)
Flavonoïdes	84.47 mg
Acides phénoliques	12.74 mg
Stilbénes	0.35 mg
Polyphénols totaux	97.56 mg

Les flavonoïdes présents dans les fraises comprennent les flavonols, les flavanols et les anthocyanes. Grâce à leur présence, les fraises réduisent le degré d'oxydation du cholestérol. Toutefois, le groupe de flavonoïdes le plus important dans les fraises est celui des anthocyanes

(Newerli-Guz et al., 2023) qui sont des métabolites secondaires végétaux solubles dans l'eau, responsables de la couleur profonde des baies, telles que les myrtilles, les mûres, les fraises et les framboises (Basu et al., 2016).

Les fraises sont une source riche d'autres composés bioactifs tels que les acides hydroxycinamiques et les acides hydroxybenzoïques (Dzhanfezova et al., 2020).

Le principal acide organique présent dans la fraise est l'acide citrique, qui représente 88% des acides totaux. Elle contient également des niveaux importants d'acide ellagique, qui serait anticancérigène (Hummer et Hancock, 2009).

#### 4. Utilisation de la fraise

Les fraises sont économiquement et commercialement importantes et largement consommées à l'état frais ou sous des formes transformées tels que le jus, le nectar, la purée, la confiture, les gelées. C'est pourquoi elles font partie des baies les plus étudiées du point de vue agronomique et commercial (Giampieri et al., 2012).

## II. Les mûres

### 1. Description de la mûre

Les mûres (*Rubus fruticosus* L.) appartiennent à la famille des Rosacées (Sangiovanni et al., 2017). Ce sont des fruits juteux, qui sont sous la forme d'un groupe de petites baies poussant dans les buissons ou les vignes grimpantes (Butu et Rodino, 2019).

La première année, une nouvelle tige appelée primocane pousse vigoureusement, atteignant une longueur de 3 à 6 mètres, en traînant sur le sol. Elle porte de grandes feuilles composées palmées avec cinq ou sept folioles, mais ne produit pas de fleurs. La deuxième année, cette tige devient une floricane : elle cesse de s'allonger et les bourgeons latéraux se développent en pousses latérales fleuries. Les tiges des deux premières années ont généralement beaucoup de petits piquants courbés très pointus, souvent confondus à tort avec des épines qui rendent la plante difficile à traverser. Les plantes non entretenues forment un enchevêtrement dense de tiges arquées, avec des branches s'enracinant à partir des nœuds lorsque celles-ci touchent le sol. Les fleurs apparaissent à la fin du printemps et au début de l'été sur de courtes grappes à l'extrémité des pousses latérales fleuries. (Verma, 2014).

## 2. Classification botanique

- Règne : Plantae
- Sous-règne : Trachéo-bronchi
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Sous-classe : Rosidae
- Ordre : Rosales
- Famille : Rosaceae
- Genre : *Rubus*
- Espèce : *Fruticosus*
- Nom français : Ronce commune
- Nom latin : *Rubus fruticosus*

## 3. Les mûres comme aliments fonctionnels

Les fruits *Rubus* comme les mûres ont une teneur élevée en vitamines (C, A, E, B1, B2, B3, B6 et K), en acides organiques (citrique, malique), en acides phénoliques, en polyphénols, en composés aromatiques, en pectines, minéraux, sucres et fibres alimentaires (**Krzepilko et al., 2021**). La composition chimique des mûres se diffère selon la variété, les conditions de croissance, le stade de maturité, les conditions de récolte et de stockage. Elles contiennent des glucides et plusieurs vitamines essentielles et minéraux (**tableau V**) et possèdent principalement du glucose, du fructose et du saccharose (**Kaume et al., 2011**).

Les mûres ont des quantités importantes de nutriments et de substances protectrices telles que les fibres, la vitamine C, la vitamine K et l'acide folique, étant également riches en composés phytochimiques potentiellement bénéfiques.

**Tableau V** : La composition chimique des mûres d'après la base de donnée de département américain des nutriments agricoles (Kaume *et al.*, 2011)

Macronutriments Vitamines Les minéraux		
L'eau (g) <b>88.2</b>	<b>Acide ascorbique (mg)</b> 21	<b>Calcium (mg)</b> 29
Energie (Kcal) <b>43</b>	<b>Thiamine (mg)</b> 0.02	<b>Fer (mg)</b> 0.62
Protéine (g) <b>1.39</b>	<b>Riboflavine (mg)</b> 0.03	<b>Magnésium (mg)</b> 20
Lipide (g) <b>0.49</b>	<b>Niacine (mg)</b> 0.65	<b>Phosphore (mg)</b> 22
Cendre (g) <b>0.37</b>	<b>Acide pantothénique (mg)</b> 0.28	<b>Potassium (mg)</b> 162
Glucides(g) <b>9.61</b>	<b>Vitamine B6 (mg)</b> 0.03	<b>Sodium (mg)</b> 1
Fibre (g) <b>5.3</b>	<b>Acide folique (µg)</b> 25	<b>Zinc (mg)</b> 0.53
Sucres totaux(g) <b>4.88</b>	<b>Vitamine B12 (µg)</b> ND	<b>Cuivre (mg)</b> 0.17
Saccharose (g) <b>0.07</b>	<b>Vitamine A</b> 214	<b>Manganèse (mg)</b> 0.65
Glucose (g) <b>2.31</b>	<b>α-tocophérol (mg)</b> 1.17	<b>Sélénium (mg)</b> 0.4
Fructose(g) <b>2.4</b>	<b>β-tocophérol (mg)</b> 0.04	
Maltose (g) <b>0.07</b>	<b>γ-tocophérol (mg)</b> 1.34	
Galactose(g) <b>0.03</b>	<b>Δ-tocophérol (mg)</b> 0.9	
	<b>Vitamine K (µg)</b> 19.8	

Les composés phytochimiques présentes dans les mûres comprennent les flavonoïdes avec une teneur moyenne de 199.23 mg/100 g comme c'est montré dans le **tableau VI**, à savoir les anthocyanines et les tanins principalement les ellagitanins qui contribuent à leur activité antioxydante, qui à son tour peut contribuer à la protection contre le vieillissement cellulaire et la réduction du risque de cancer, des maladies cardiovasculaires et autres pathologies (Pinto *et al.*, 2018).

La consommation alimentaire de mûres a été associée à plusieurs avantages pour la santé, tels que la prévention et le traitement du syndrome métabolique, le soutien des systèmes digestif et immunitaire, la prévention des maladies inflammatoires et cardiovasculaires, et offrant des effets protecteurs contre les cancers gastro-intestinaux (Albert *et al.*, 2022).

**Tableau VI :** Les teneurs moyennes et les valeurs nutritionnelles de références des minéraux et des oligo-éléments présents dans 100g de mûres (**Aperifel.fr**).

Constituants (mg)	Teneur moyenne
<b>Flavonoïdes</b>	199.23
<b>dont flavonols</b>	12.77
<b>dont flavanols</b>	13.87
<b>dont anthocyanes</b>	172.59
<b>dont acides phénoliques</b>	57.44
<b>dont Acides hydroxybenzoïques</b>	50.17
<b>dont Acides hydroxycinnamiques</b>	7.27
<b>Polyphénols totaux</b>	256.67

#### 4. Utilisation des mûres

Les mûres sont généralement achetées pour être consommées fraîches, congelées individuellement, ou comme produit de transformation ultérieure en les incorporant dans des confitures, des sirops, des vins, des thés, des jus, des concentrés et des purées (Lee, 2017). Elles sont aussi utilisées comme garniture pour la crème glacée, le yaourt et les desserts (Butu et Rodino, 2019).

Les mûres sont utilisées comme matières premières conventionnelles pour obtenir de la confiture, de la compote, ainsi que des boissons non fermentées et fermentées, mais elles peuvent remplacer les additifs synthétiques des denrées alimentaires telles que les colorants, les stabilisants, etc. Les anthocyanines de mûres peuvent être appliquées dans les systèmes d'emballage alimentaire et comme colorants alimentaires, car les colorants naturels sont rarement toxiques ainsi que facile à préparer et sans pollution (Albert et al., 2022).

### III. Graines de chia

#### 1. Description des graines de chia

Le chia (*Salvia hispanica* L.) est une plante herbacée annuelle estivale (Timilsena et al., 2016). Elle mesure environ un mètre de haut, avec des feuilles opposées, pétiolées et dentelées, de 4 à 8 cm de long et de 3 à 5 cm de large. Les fleurs sont hermaphrodites et poussent en nombreuses grappes dans un épi protégé par de petites bractées aux pointes longues et pointues. (Hernández, 2012). Elle est originaire du Mexique de la famille des

lamiaceae qui pousse dans les climats arides (Tamayo et al., 2015) et se développe correctement dans des sols sablonneux et argileux avec de bonnes conditions (Kulczyński et al., 2019). Cette plante est semi-tolérante aux sols acides et à la sécheresse (Hernández, 2012). Les graines de chia sont petites, environ quelques millimètres de long, et ont une forme ovale et légèrement aplatie (Valdivia-López et Tecante, 2015). La surface des graines est lisse, brillante, d'une couleur allant du blanc au brun en passant par le gris avec des taches noires irrégulièrement disposées comme le montre la Figure 1. (Kulczyński et al., 2019).

Le chia est composé de trois parties principales : l'enveloppe, l'embryon et l'endosperme. La testa sert de couche protectrice de l'embryon et contient le mucilage, qui gonfle au contact de l'eau et forme une capsule collante et gélatineuse autour de la graine et y adhère fortement (Valdivia-López et Tecante, 2015).



**Figure 1 :** Graines de chia (A : vue microscopique et B : vue macroscopique)

## 2. Classification taxonomique

- **Règne :** Plante
- **Sous-règne :** Trachéo-bionta
- **Division :** Magnoliophyta
- **Classe :** Magnoliopsida
- **Sous-classe :** Asteredae
- **Ordre :** Lamiales
- **Famille :** Lamiacées (Labiatae)
- **Genre :** *Salvia*
- **Espèce :** *Salvia hispanica*

### 3. Composition nutritionnelle

La composition des graines de chia varie légèrement en fonction des génotypes, de la situation géographique et des conditions de croissance (Timilsena *et al.*, 2016). Les graines de chia sont une bonne source de vitamines, de minéraux, d'antioxydants et de fibres solubles et insolubles et constituent également une bonne source de protéines comme c'est montré dans le (Tableau VII).

**Tableau VII :** Composition nutritionnelle des graines de chia.

Composition nutritionnelle		Références
<b>Lipides</b> (30 à 35%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les graines de chia sont caractérisées par des concentrations élevées en acides gras essentiels polyinsaturés : acides linoléiques (oméga-6) et <math>\alpha</math>-linoléiques (oméga-3). Ce dernier représente environ 60% de tous les acides gras présents dans l'huile totale.</li> </ul>	(Bohicchio <i>et al.</i> , 2015), (Houati et Khedim, 2022)
<b>Protéines</b> (20-22%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>La protéine de la graine de chia contient quatre fractions différentes parmi lesquelles les globulines sont les principaux composants (52% des fractions protéiques totales) et les albumines, les glutélines et les prolamines sont présentes dans une proportion presque égale.</li> </ul>	(Valdivia-López et Tecante, 2015).
<b>Fibres et glucides</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les glucides représentent 26 à 41% du poids des graines comme elles contiennent des niveaux élevés des fibres qui varient entre 34g à 40g dans 100g de chia dont 85 à 90% sont des fibres insolubles et 7 à 15% sont des fibres solubles.</li> </ul>	(Nyingi et Mburu, 2021) (Bustmante <i>et al.</i> , 2020).
<b>Antioxydants</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les antioxydants présents dans le chia sont de nature phénolique.</li> <li>Les composés phénoliques les plus importants sont les acides chlorogénique et caféique, ainsi que les flavanols, la myricétine et la quercétine et le kaempférol</li> </ul>	(Valdivia-López et Tecante, 2015).
<b>Minéraux</b> (90-93%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les graines de chia ont une teneur élevée (335-860 mg/100 g) en calcium, phosphore, potassium et</li> </ul>	(Hernández, 2012).

	magnésium dans une moindre mesure, en sodium, fer et zinc (4,58-16 mg/100 g).	
<b>Vitamines</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• les graines de chia sont une bonne source et de vitamines A et C.</li> <li>• Des études ont également confirmé la présence de la vitamine B1 (0,6 mg/100 g), la vitamine B2 (0,2 mg/100 g) et la niacine (8,8 mg/100 g)</li> </ul>	<p><b>(Hernández, 2012).</b></p> <p><b>(Caruso et al., 2018).</b></p>

#### 4. Chia comme aliment fonctionnel

Le chia peut être considéré comme un "aliment fonctionnel" car, en plus de contribuer à la nutrition humaine, il aide à augmenter l'indice de satiété, à prévenir les maladies cardiovasculaires, les troubles inflammatoires et du système nerveux et le diabète, entre autres (**Timilsena et al., 2016**). Le chia figure parmi les principales graines oléagineuses non conventionnelles dont les effets bénéfiques et les nombreux avantages pour la lutte contre diverses maladies non transmissibles ont été démontrés (**Rabail et al., 2022**). Elles contiennent 28 à 32% d'huile et sont parmi les sources les plus riches en acides gras oméga-3 (61-70%) (**González et al., 2016**).

#### 5. Utilisation et application des graines de chia

En raison des propriétés hydrophiles des graines de chia, elles sont utilisées pour remplacer les œufs et les graisses. Les graines de chia peuvent absorber de l'eau dans des quantités jusqu'à 12 fois supérieures à leur propre masse comme elles peuvent conférer aux aliments une consistance caractéristique (gel) (**Kulczyński et al., 2019 ; Bailey et al., 2022**). Plusieurs chercheurs ont montré que le gel de graines de chia peut améliorer les attributs sensoriels tels que la couleur, le goût, la texture et l'acceptation globale (**Kulczyński et al., 2019, Bailey et al., 2022**). Les graines de chia peuvent également être utilisées pour produire des pâtes en remplaçant la farine de blé, augmentant ainsi la valeur nutritive des pâtes. L'ajout de graines de chia et de mucilage à la farine de riz permet de produire des pâtes fraîches sans gluten (**Naumova et al., 2017; Kulczyński et al., 2019**).

En examinant les propriétés de transformation des graines de chia dans les produits de charcuterie, les chercheurs ont constaté qu'une concentration de 1,0% diminuait l'oxydation des lipides et des protéines, améliorant les propriétés physicochimiques et sensorielles, et

ajoutant une valeur nutritionnelle aux produits carnés à faible teneur en matières grasses (Kulczyński et al., 2019).

## 6. Le mucilage de la graine de chia

Les graines de *Salvia hispanica* et leur mucilage ont des propriétés intéressantes pour la science alimentaire, notamment comme épaississant (Valdivia-López et Tecante, 2015). Bien que les recherches aient principalement ciblé les acides gras oméga-3, le mucilage, formant une masse gélatineuse en milieu aqueux et représentant 5% à 6% du poids sec des graines, est peu étudié (Hernández, 2012; Timilsena et al., 2016 ; Saran da Silva et al., 2020). Ce mucilage est stable à haute température et peut être utilisé comme épaississant, stabilisateur de mousse, émulsifiant et surfactant, tout en facilitant la digestion et étant une source nutritive (Hernández, 2012).

## IV. Confiture

### 1. Description de la confiture

La confiture est le produit préparé à partir de fruits sains, mûrs, frais, déshydratés, congelés ou préalablement emballés, y compris des jus de fruits, des pulpes de fruits, des concentrés de jus de fruits ou des fruits secs, en faisant bouillir leurs morceaux ou pulpe avec des édulcorants nutritifs, à savoir le sucre, le dextrose, le sucre inverti ou le glucose liquide, jusqu'à l'obtention d'une consistance appropriée (Awulachew, 2021).

### 2. Matière première de la confiture

Les ingrédients utilisés comme matière première dans la confiture sont définis dans le journal officiel de la république algérienne (JORA, 2021).

#### 2.1. Les fruits et légumes

Soit frais, surgelés, en conserve, séchés, concentrés ou autrement traités ou conservés. Ces fruits et légumes doivent être sains, en bon état et propres, d'un degré de maturité approprié, exempts de toute détérioration et dont aucun de leurs principaux constituants n'a été enlevé, excepté ce qui a été retiré par le parage, le triage et autre traitement de manière à éliminer les taches, meurtrissures, queues, trognons, noyaux (pépins), et pouvant avoir été pelés ou non. La quantité de l'ingrédient fruit utilisé exprimée en pourcentage de produit fini ne doit pas être inférieure à 35% (JORA, 2021).

## **2.2. Le sucre**

Le sucre joue un rôle important dans la fabrication des confitures et il est responsable de la saveur sucrée et agit comme conservateur en plus de la formation de gel. Il doit être de haute qualité et d'un blanc brillant (Awulachew, 2021). Les effets positifs du sucre pourraient être attribués à son interférence stérique avec les produits de la réaction de condensation (polymérisation anthocyanique-phénolique), il peut constituer une barrière partielle à l'oxygène, et lors de l'ajout de sucre, en raison de l'élimination de l'eau, un déplacement de l'équilibre d'hydratation/déshydratation vers l'espèce colorée peut se produire (vukoja et *al.*, 2019). La façon dont il est ajouté et son traitement pendant le processus d'ébullition sont des facteurs importants qui affectent la qualité du produit fini (Awulachew, 2021).

Selon la directive 2001 /111/CE les sucres autorisés sont :

- 1) Le sucre blanc
- 2) Le sirop de fructose ;
- 3) Les sucres extraits des fruits ;
- 4) Le sucre roux/brun.

La teneur en matière sèche soluble déterminée par réfractométrie doit être égale ou supérieure à 60%, excepté pour les produits pour lesquels les sucres ont été remplacés partiellement ou totalement par les édulcorants (**la directive 2001 /111/CE**).

## **3. Traitement des matières premières**

Selon la directive 2001 /111/CE la matière première peut subir les traitements suivants :

- Traitement par la chaleur ou le froid,
- Lyophilisation,
- Concentration.

## **4. Les additifs autorisés**

Les additifs autorisés sont cités dans la directive 2001 /111/CE qui sont :

### **4.1. Les gélifiants : Pectine (E440)**

La pectine est un groupe de substances dérivées de certains fruits qui forment une solution colloïdale dans l'eau et de la protopectine au cours du processus de maturation du fruit. C'est

un polysaccharide que l'on trouve à un degré plus ou moins élevé dans les parois cellulaires de tous les fruits et légumes (**Awulachew, 2021**).

La pectine est un ingrédient important dans la fabrication des confitures en raison de sa propriété de gélification en formant un gel lorsque les conditions appropriées sont disponibles, outre sa propriété de gélification, la pectine contribue à réduire le temps d'ébullition, ce qui contribue à son tour à préserver les substances volatiles et empêcher l'inversion excessive du sucre (**Awulachew, 2021**).

Selon **Awulachew (2021)**, la quantité de pectine nécessaire à la fabrication de confitures dépend des éléments suivants :

- La qualité et la quantité de pectine naturelle dans les matières premières ;
- La teneur en matières solides solubles du produit fini ;
- Le type de pectine utilisé et de la nature de la recette.

#### **4.2. Les acidifiants**

L'acide citrique est l'acide le plus utilisé dans la fabrication des confitures. Il est ajouté lorsque le mélange atteint 64% de solides solubles totaux (**Awulachew, 2021**) pour avoir un pH généralement compris entre 2.8 et 3.4 (**Featherstone, 2016**).

L'acide est ajouté à la confiture pour :

- Réduire le pH à la valeur recommandée pour la formation du gel ;
- Augmenter l'acidité totale afin d'améliorer la saveur et le goût ;
- Améliorer la conservation du produit.

#### **4.3. Les conservateurs**

Ce sont des substances qui ont pour but la protection des denrées alimentaires de l'altération par les microorganismes donc il prolonge la durée de conservation de ces denrées. Le conservateur autorisé par la commission de codex alimentaire est le sorbate, ce dernier est le plus utilisé dans les industries de production de la confiture (**CODEX ALIMENTARIUS, 2009**).

#### **4.4.4. Les colorants**

Ils ont pour but la compensation des pertes de couleur causé par différents traitements appliqués sur la confiture (**Featherstone, 2016**).

#### **4.1. Les antimoussants**

Ce sont des substances qui empêchent ou limitent la formation de mousse. Le codex alimentaire a autorisé l'utilisation de polydiméthylsiloxane comme agent antimoussant en exigeant une quantité qui ne dépasse pas 10 mg/kg.

#### **4.2. Les aromatisants**

Ce sont des substances aromatiques naturelles extraites des fruits comme l'arôme naturel de menthe, l'arôme naturel de cannelle, la vanilline, la vanille et les extraits de vanille (**la directive 2001 /111/CE**).

### **5. Les types de confitures**

#### **5.1. Confiture**

Le produit élaboré à partir de fruits entiers ou en morceaux, de pulpe et/ou de purée concentrées ou non concentrées, de différents types de fruits, combinés avec des ingrédients alimentaires sucrés avec ou sans ajout d'eau, jusqu'à obtenir une texture appropriée (**CODEX ALIMENTARIUS, 2009**).

#### **5.2. Gelées**

Les produits préparés à partir de jus et/ou d'extraits aqueux d'un ou de plusieurs fruits mélangés avec des denrées alimentaires conférant une saveur sucrée, avec ou sans adjonction d'eau, jusqu'à l'obtention d'une consistance gélifiée semi-solide appropriée (**CODEX ALIMENTARIUS, 2009**).

#### **5.3. Marmelade d'agrumes**

Le produit obtenu à partir d'un ou de plusieurs agrumes et porté à une consistance adéquate. Il peut être élaboré à partir d'un ou de plusieurs des ingrédients suivants: fruits entiers ou morceaux de fruits pelés entièrement ou en partie, pulpe, purée ou jus, extraits aqueux et zeste, mélangés avec des denrées alimentaires conférant une saveur sucrée, avec ou sans adjonction d'eau appropriée (**CODEX ALIMENTARIUS, 2009**).

#### **5.4. Marmelade préparée à base de fruits autres que les agrumes**

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, 2009**).

## 5.5. Marmelade en gelée

Le produit décrit sous la désignation de marmelade d'agrumes et dont la totalité des matières sèches insolubles a été extraite mais qui peut contenir ou non une petite quantité de pelure finement tranchée. (CODEX ALIMENTARIUS, 2009).

## 6. Altération des confitures

La qualité des confitures, incluant la couleur, la texture, les composés phénoliques totaux, l'activité antioxydante et les anthocyanes, est influencée par les conditions de traitement et de stockage. Des facteurs comme la température, le pH, la lumière, l'oxygène, le sucre, les enzymes, l'acide ascorbique, les sels de sulfite, les ions métalliques et les copigments affectent la stabilité des phénols et des anthocyanes (Vukoja et al., 2019).

### 6.1. Altération microbiologique

Les germes gazeux et anaérobies peuvent produire des gaz et des odeurs désagréables. Les germes protéolytiques, comme *Clostridium sporogenes*, dégradent la qualité organoleptique. Les pathogènes comme *Salmonella* et *Clostridium botulinum* sont dangereux car ils sont indétectables par le consommateur. Les bactéries non sporulées comme *Streptococcus thermophilus* causent des contaminations post-traitement thermique. Les coliformes peuvent entrer par l'eau de refroidissement (Douiri, 2012).

### 6.2. Altération chimique

La qualité des confitures peut être altérée par deux phénomènes biochimiques appelés brunissement enzymatique et brunissement non enzymatique.

- **Brunissement enzymatique** : ce phénomène transforme les composés phénoliques en polymères colorés par une réaction d'oxydation catalysée par une enzyme : la polyphénol-oxydase (Naoui, 2019).
- **Brunissement non enzymatique** : c'est l'ensemble des réactions qui cause le brunissement des produits sans intervention d'enzyme (Korbel, 2014). Ce phénomène a lieu lors de stockage et le traitement thermique des aliments où les sucres réducteurs interagissent avec les acides aminés (réaction de Maillard) (Degmara et al., 2019).

## 7. Gélification de la confiture

La gélification nécessite de la pectine, du sucre, d'acide et de l'eau en proportions définies. Les fruits doivent être mûrs mais pas en trop pour conserver les propriétés gélifiantes. La

pectine, en fonction de sa teneur en méthoxyle, forme des gels en relation avec le sucre et le pH. Un pH de 2,8-3,2 est optimal pour la gélification et la conservation (**Featherstone, 2016**).

La pectine, soluble dans l'eau à faible teneur en solides (moins de 25 %), précipite à mesure que la teneur en sucre augmente, facilitée par la réduction du pH. Pour une bonne gélification des pectines à forte teneur en méthoxyle, un pH de 2,8-3,2 est optimal, influençant la consistance, la saveur et la conservation des confitures.

- pH < 2,4 : pas de gel
- pH > 3,6 : pas de gel
- pH 2,4-3,6 : gélification dépend du °Brix et autres facteurs

Une teneur en sucre inférieure à 55% donne un gel faible, tandis qu'une teneur trop élevée provoque la cristallisation. Il est crucial de ne pas perturber le gel pendant sa formation pour préserver la texture (**Featherstone, 2016**).

## **8. Les principales étapes de fabrication**

La fabrication industrielle d'une confiture aux fruits comporte de nombreuses étapes dans lesquelles le fruit est altéré, ces étapes allant de la préparation des fruits jusqu'au conditionnement du produit fini.

### **8.1. Triage, parage et lavage**

D'une part, cette étape a pour but l'élimination des fruits immatures, abimés et pourris. D'autre part, les fruits bruts nécessitent un pelage, un écorçage, un épépinage, un dénoyautage, etc.

Ces opérations sont effectuées par des machines spécifiques (des peleuses, des dénoyauteuses, des tamiseurs centrifuges...). Avant la mise en œuvre les fruits sont lavés puis égouttés pour débarrasser les fractions indésirables résiduelles (**Boutonnier, 2022**).

### **8.2. Décongélation**

Les fruits qui sont cueillis, traités en saison et surgelés, sont décongelés et utilisés directement ce qui facilite leur mise en œuvre et apporte de la souplesse dans la gestion des fabrications et souvent un coût des matières premières plus élevés (**Boutonnier, 2022**).

### 8.3. Blanchiment éventuel

Cette opération peut détruire les enzymes susceptibles de provoquer des altérations de la couleur et de l'arôme des fruits frais (**Boutonnier, 2022**). C'est un traitement thermique qui peut se faire par immersion du fruit dans l'eau chaude ou par passage dans une atmosphère de vapeur pendant quelques minutes à 95-100°C (**Fredot, 2012**).

### 8.4. Cuisson

#### ➤ Cuisson évaporation atmosphérique

Cette approche se déroule à la pression atmosphérique à une température élevée qui est voisine de 104/105°C pendant 15 à 20 min ou la durée d'ébullition est comprise entre 10 à 15 min. Cette cuisson évaporation a pour principal inconvénient de s'effectuer à une température élevée ce qui peut provoquer la perte d'arôme, l'apparition de note caramel et le brunissement des fruits.

#### ➤ Cuisson évaporation sous vide partielle

C'est la voie la plus utilisée par les industriels, il consiste à abaisser la pression afin de diminuer la température d'ébullition. On préserve ainsi la valeur nutritionnelle et la qualité sensorielle des fruits mis en œuvre (**Boutonnier, 2022**).

### 8.5. Conditionnement

Il intervient directement après cuisson. Il consiste à remplir dans des récipients métalliques ou en verre à chaud pour assurer une auto pasteurisation donc la protection contre la contamination par les levures et moisissures (**Albanag et al., 2002**).

### 8.6. Appertisation

C'est une stérilisation par la chaleur à température de 115 à 140°C des produits susceptibles à l'altération dans des récipients hermétiques clos (**Frédot, 2012**).

### 8.7. Refroidissement

Le refroidissement ne doit pas être effectué rapidement après appertisation pour éviter la décoloration causée par la caramélisation du sucre (**Hui et al., 2006**).

*Chapitre II*  
*Matériels et méthodes*

Notre étude a été effectuée au niveau des deux laboratoires de recherche et développement et de contrôle qualité du complexe AGRANA (Akbou, Bejaia) (**Annexe I**) pour une période de deux mois, ainsi qu'au laboratoire d'analyse sensorielle et d'analyse instrumentale de l'université de Bejaia.

### **I. Matériels utilisé**

L'Annexe II regroupe l'ensemble des matériels et réactifs utilisés dans cette présente étude.

### **II. La matière première**

Les fraises et les mûres, cultivées à Jijel, ont été achetées fraîches, le 14 mars 2024 et transportées directement au laboratoire de contrôle de qualité pour le traitement. Les graines de chia utilisées ont été fournies par l'industrie AGRANA. Elle sont originaires du Mexique.

- Les fruits rouges (fraises, mûres) fraîches et mûres ont été sélectionnées et lavées soigneusement avec de l'eau froide, découpées en 10mm×10mm puis surgelées à -18°C (**Figure 2**).
- Pour les graines de chia, un triage a été effectué pour éliminer les agents endogènes puis stockés dans des pots en plastiques à température ambiante.



**Figure 2** : Photographie de fraises et mûres surgelées avec une découpe de 10mm×10mm.

Tableau VIII : Les paramètres physicochimiques des fruits rouges utilisés.

Paramètres physicochimiques	Fraises	Mûres
Ph	3.3-3.8	2.8-3.6
° Brix	5-10 %	8-15 %

### III. Formulation de la confiture

#### 1. Plan de mélanges

En général un plan d'expérience pour mélanges, réalisé par le JMP 10, SAS, est un type particulier de plan dont les facteurs, expliquant certaines propriétés du mélange, sont les ingrédients qui le composent. On suppose que la réponse à modéliser dépend uniquement des proportions des composants (Hanen, H et Tinsson, W., 2009). Un mélange classique de q composants, avec  $x_i$  la proportion du composant i, est défini par le point  $(x_1, x_2, \dots, x_q)$  de  $R_q$  satisfaisant les contraintes suivantes :

$$x_1 + x_2 + \dots + x_q = 1 \text{ et } \forall i = 1, \dots, q, x_i \geq 0$$

Afin d'optimiser la confiture aux fruits rouges avec des graines de chia remplaçant la pectine, un plan de mélanges a été développé pour étudier l'effet des trois variables indépendantes à savoir X1- fraises, X2- mûres et X3- graines de chia, sur les caractéristiques physicochimiques de la confiture, Y<sub>1</sub>-pH, Y<sub>2</sub>-°Brix (%) et Y<sub>3</sub>- viscosité (pa.s). Le logiciel JMP (10.0.0. version SAS Institute, USA) a généré huit formulations en utilisant une fourchette de 14-26%, 14-26%, 2-3% pour les fraises, mûres et gélifiant, respectivement (Tableau IX).

La teneur en eau, en acide citrique et en sucre ont été maintenues constantes dans toutes les préparations par une étude préliminaire pour conserver la plage de pH et la teneur en matières sèches solubles souhaitées dans la formulation des confitures.

**Tableau IX** : Les huit formulations générées par le JMP pour 100g de confiture.

N°	X1-Fraises (g)	X2-Mures (g)	X3-Graines de chia (g)
1	14	26	2
2	14	25,5	2,5
3	26	14	2
4	14	25	3
5	25	14	3
6	20	20	2
7	25,5	14	2,5
8	19,5	19,5	3

## 2. Formulation de la confiture avec des graines de chia (pour 100g)

Dans un thermomix, la quantité de graines de chia définie a été ajoutée à un mélange d'eau (7.7 g) et une partie de sucre (10 g) puis a subi un prétraitement à 95°C pendant 10 min (**Figure 3**). Ensuite, le mélange a été refroidi à 45°C. Après l'ajout des fruits surgelés (fraises, mûres) spécifiés, le reste de la quantité du sucre (40 g) et 0,3 g d'acide citrique ont été rajoutées au mélange précédent, une pasteurisation a été effectuée à 95 °C pendant 10 minutes.

**Figure 3** : Photographie des graines de chia prétraitées.

### 3. Préparation de la confiture avec pectine (pour 100g)

A partir de la formulation optimale générée par le plan de mélanges, on a préparé notre témoin avec pectine en suivant ces étapes :

- Activation de la pectine : 0,6 g de pectine a été dissoute dans de l'eau chaude et 10 g de sucre à 90°C pendant 10min ;
- Refroidissement : le mélange a été refroidi à 45°C ;
- Pasteurisation : les fruits surgelés et le reste de la quantité de sucre avec 0.3 g d'acide citrique ont été rajoutés au mélange refroidi puis pasteurisé à 95°C pendant 10min.

Un remplissage à chaud dans des pots en verre stérilisés à 85°C pendant 20 min a été effectué dans une hotte dont la température des deux confitures été maintenue à 70°C (**Figure 4**).



**Figure 4** : Photographie de la confiture conditionnée dans des pots en verre stérilisés.

## IV. Analyses physicochimiques

### 1. Détermination du taux des solides solubles

#### ➤ Principe

Le taux de solides solubles ou Brix représente le pourcentage en masse de solides solubles totaux d'une solution aqueuse pure de saccharose. Il peut être mesuré à l'aide d'un hydromètre à échelle Brix ou d'un réfractomètre et exprimé en « degrés Brix » (°Brix), ce qui équivaut à un pourcentage (**Magwazaa et Opara, 2015**).

#### ➤ Mode opératoire

Pour commencer, nettoyer soigneusement la surface du puits de mesure pour éliminer toute trace de résidus précédents. Assurez-vous que l'échantillon à mesurer est à une température stable de 20°C. Remplissez ensuite le puits de mesure avec l'échantillon préparé. Une fois en place, appuyez sur la touche READ pour afficher les mesures dans l'unité sélectionnée.

➤ **Expression des résultats**

**1°Brix = 1g de saccharose dans 100g de solution.**

## 2. Détermination du pH

➤ **Principe**

Mesurage de l'activité des ions hydrogène dans une solution, dans le but de la détermination de l'acidité ou l'alcalinité d'une réaction (**ISO 10523 :2008(Fr)**).

➤ **Mode opératoire**

Après avoir effectué un étalonnage (pH=4, p=7) l'électrode du pH-mètre est plongée dans l'échantillon. La lecture se fait directement sur l'appareil.

## 3. Détermination de l'acidité

➤ **Principe**

L'acidité titrable (également appelée acidité totale) mesure la concentration totale d'acide dans un aliment. Cette quantité est déterminée par titrage exhaustif des acides intrinsèques avec une base standard (**Tyl et Sadler, 2017**).

➤ **Mode opératoire**

Peser précisément une prise d'essai de 2 g dans un bécher. Diluez cette prise d'essai avec 20 ml d'eau distillée et homogénéisez soigneusement le mélange à l'aide d'une baguette en verre. Ensuite, ajoutez 10 gouttes de phénolphtaléine 1% pour faciliter la visualisation du virage coloré. Titrer lentement la solution avec une solution sodique NaOH à 0.1 N tout en agitant continuellement jusqu'à ce que le mélange passe du rose pâle au virage orange-rouge caractéristique, indiquant la fin du titrage.

➤ **Expression des résultats**

L'acidité est exprimée en% d'acide citrique

Soit 1ml de NaOH 0.1N correspond à  $64 \cdot 10^4$  g d'acide citrique

$$\text{AC (\%)} = 64 \cdot 10^{-3} \cdot V / E \cdot 100$$

**V<sub>1</sub>** : Le volume de la chute de burette

**E** : La masse de prise d'essai

#### 4. Mesure de la viscosité

##### ➤ Principe

Le principe de fonctionnement du viscosimètre consiste à appliquer une force de mouvement exercé sur un axe central qui est un mobile de taille fixe à vitesse constante. La plage de mesure est déterminée par la vitesse de rotation du mobile, la taille et la forme du mobile, couple torsion du ressort calibré. La résistance au mouvement de rotation du mobile est enregistrée à l'aide d'un ressort spirale interne puis convertis en unité viscosimétrique centipoise ou (pascal seconde) (Ayouz et Benmamas, 2017).

##### ➤ Mode opératoire

La viscosité des échantillons de la confiture préparée été mesurée à l'aide d'un viscosimètre digital (SNB-1). Le résultat est lu directement sur l'afficheur de l'instrument après l'introduction de la sonde directement dans un récipient contenant la confiture à température de 21°C, jusqu'à ce qu'elle puisse tourner dans le récipient et donner une valeur en centipoise (cP) ou en pascal seconde (Pa.s).

#### 5. Détermination de la teneur en eau et de matière sèche

##### ➤ Principe

La teneur en eau a été déterminée par la méthode de séchage à l'étuve. Cette méthode consiste à éliminer toute l'eau libre de l'échantillon en le séchant dans une étuve à 103°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant (Razafindratovo et al., 2022).

##### ➤ Mode opératoire

Cinq grammes de l'échantillon ont été introduits dans une capsule, préalablement tarée, et séchés à  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 24 h dans une étuve. Une pesée précédée d'un refroidissement a été effectuée à intervalles réguliers jusqu'à ce que le poids soit constant, la quantité d'humidité a été calculée à partir de la perte de poids résultante.

##### ➤ Détermination de la matière sèche

**MS = 1 - la teneur en eau**

#### V. Analyses microbiologiques

Dans le but d'analyser la qualité microbiologique de notre produit nous avons réalisé une analyse microbiologique sans enrichissement. La solution mère est préparée par le mélange de 90 ml d'eau peptonée avec 10 g de confiture.

## **1. Recherche des levures et moisissures**

Le groupe important et diversifié des levures et moisissures microscopiques d'origine alimentaire comprend plusieurs centaines d'espèces. Bien que la majorité des levures et des moisissures soient des aérobies obligatoires, leurs exigences en matière d'acidité et d'alcalinité sont assez larges, allant d'un pH de 2 à plus de 9. Leur plage de températures (10-35°C) est également large, avec quelques espèces capables de se développer en dessous ou au-dessus de cette plage. Les besoins en humidité des moisissures d'origine alimentaire sont relativement faibles ; la plupart des espèces peuvent se développer à une activité de l'eau (aw) de 0,85 ou moins, bien que les levures aient généralement besoin d'une activité de l'eau plus élevée (**Tournas et al., 2001**).

### **➤ Mode opératoire**

Le milieu utilisé pour la recherche des levures et moisissures est le milieu YGC (Yeast Extract Glucose Chloramphenicol). Un ml de la solution mère estensemencé en masse puis incubé à 25°C pendant 05 jours. Une autre boîte a été également préparée contenant uniquement le milieu YGC utilisé comme témoin (**ISO 21527-1, 2008**).

### **➤ Expression des résultats**

Les colonies des levures sont brillantes rondes et pigmentées, arrondies et régulières vers l'extérieure ou plates et souvent opaques. Alors que les colonies des moisissures sont épaisses, filamenteuses, pigmentées ou avec un aspect velouté.

## **2. Recherche des coliformes totaux**

Ce sont des bactéries en forme de bâtonnets, non sporulées, Gram négatives, oxydases négatives, aérobies ou anaérobies facultatives, capables de se développer en présence de sels biliaries ou d'autres agents de surface de remplacement ayant un effet analogue d'inhibition de la croissance et qui fermentent le lactose avec production de gaz et d'acide (ou d'aldéhyde) dans un délai de 48 h à 37 ±1 °C (**Pal, 2014**).

### **➤ Mode opératoire**

Le milieu utilisé pour la recherche des coliformes est le milieu VRBL (Gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre).

Déposer 1 ml de la solution mère dans chaque boîte de Pétri, en réalisant deux boîtes par dilution. Ensuite, versez délicatement le milieu VRBL dans chaque boîte et agitez doucement en effectuant des mouvements en forme de huit pour assurer une répartition

uniforme. Une fois que le milieu s'est solidifié, ajoutez une deuxième couche de gélose pour prévenir la diffusion des cellules. Ensuite, placez les boîtes dans une incubatrice réglée à 30°C et laissez-les incuber pendant 2 jours. Assurez-vous également de préparer une boîte témoin contenant uniquement du milieu VRBL.

➤ **Expression des résultats**

Le développement des coliformes sur milieu VRBL s'exprime par l'apparition des colonies rouges rondes et lenticulaire.

## 2.1. Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale

Le dénombrement de germes totaux dans un produit alimentaire permet de juger la qualité sanitaire de ce produit (indicateur d'hygiène : témoin d'un défaut de production ou de conservation).

➤ **Mode opératoire**

Le milieu utilisé pour la recherche des germes totaux est le milieu PCA (Plate Count Agar).

Déposez 1 ml de la solution mère dans chaque boîte de Pétri (deux boîtes par dilution et une boîte témoin contenant uniquement de la gélose PCA). Ensuite, versez le milieu PCA dans chaque boîte et mélangez délicatement en effectuant des mouvements en forme de huit. Une fois le milieu solidifié, ajoutez une deuxième couche de gélose pour prévenir la diffusion des cellules. Retournez les boîtes et incubez-les à 30°C pendant 72 heures. Après l'incubation, comptez les colonies présentes dans chaque boîte de Pétri et calculez le nombre estimé d'unités formant colonies (UFC) par millilitre d'échantillon.

## VI. Analyse phytochimiques

### 1. Préparation de l'extrait

La méthode utilisée pour l'extraction est celle de **Rababah et al. (2014)** comme c'est montré dans la **Figure 6**.

➤ **Mode opératoire**

Mélanger 2 g de confiture dans 50 ml de méthanol à 50%. Agitez vigoureusement le mélange pendant 60 minutes à une température de 60°C. Ensuite, filtrez le mélange à l'aide d'un papier filtre pour récupérer l'extrait. Conservez cet extrait à l'abri de la lumière pour éviter toute dégradation.

## 2. Dosage des polyphénols totaux

### ➤ Principe

Ces polyphénols sont des métabolites secondaires synthétisés par les végétaux pour se défendre contre les agressions environnementales. Il s'agit des dérivés non azotés connus par une grande variété structurale dont environ 8000 composés ont été identifiés (Wafa, 2017).

Le dosage des polyphénols totaux (PTT) est réalisé à l'aide du réactif de « Folin-Ciocalteu » en présence de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Il s'agit d'une solution d'acide phosphotungstique ( $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$ ) dont la réduction par l'action des polyphénols donne un mélange de complexes de sels de tungstène ( $\text{W}_8\text{O}_{23}$ ) et de molybdène ( $\text{Mo}_8\text{O}_{23}$ ) de couleur bleue. Ainsi, le dosage des PPT se fait par comparaison de l'absorbance de la solution étudiée par rapport à celle obtenue par un étalon qui est l'acide gallique. Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (EAG/g du produit) (Wafa, 2017).

La courbe d'étalonnage de l'acide gallique représente l'absorbance en fonction de la concentration en acide gallique (Annexe III).

### ➤ Mode opératoire

Pour déterminer la teneur en PPT de l'échantillon, prélever 0.5 mL de l'extrait à analyser et le mélanger avec 0.5 mL de solution de Folin-Ciocalteu. Après une période de 3 minutes, ajouter 1.5 mL de carbonate de sodium à 6%. Agiter vigoureusement le mélange et laisser incuber pendant 30 minutes à température ambiante. Ensuite, mesurer l'absorbance de la solution à une longueur d'onde de 760 nm à l'aide d'un spectrophotomètre. (Haddadi-Guemghar et al., 2014).

### ➤ Lecture des résultats

Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (EAG/g du produit). La courbe d'étalonnage de l'acide gallique représente l'absorbance en fonction de la concentration en acide gallique. (Annexe III).

## 3. Evaluation de l'activité antioxydante

### ➤ Principe

Le test DPPH (2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyle) consiste en la réduction d'une solution alcoolique de l'espèce radicalaire DPPH en présence d'un antioxydant donneur d'hydrogène

(AH), qui aboutit à la formation d'une forme non radicalaire DPPH-H. En effet, la présence des radicaux DPPH donne une coloration pourpre foncée à la solution. Au cours de la réaction, la colorimétrie de la solution change sous l'effet d'un agent antioxydant qui entraîne la décoloration de la solution (Wafa, 2017).

➤ **Mode opératoire**

La méthode utilisée pour déterminer l'activité des confitures est basée sur l'extinction d'absorption du radical DPPH utilisé par (Rodrigues et al., 2017). Il consiste à mélanger 0.1 ml d'extrait avec 3.5 ml de solution de DPPH. Laisser le mélange incuber à température ambiante pendant 2 heures. Ensuite, mesurer l'absorbance de la solution à une longueur d'onde de 515 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

➤ **Lecture des résultats**

L'activité de piégeage de radicale est exprimée en pourcentage d'inhibition calculé selon l'équation suivante :

$$\% d'inhibition = \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{extrait}}}{A_{\text{control}}} \times 100$$

$$\% d'inhibition = A_{\text{control}} - A_{\text{extrait}} / A_{\text{control}} * 100$$

$A_{\text{control}}$  : l'absorbance du control mesuré par spectrophotomètre.

$A_{\text{extrait}}$  : l'absorbance du mélange (extrait+DPPH) mesuré par spectrophotomètre.

## VII. Evaluation sensorielle

L'évaluation sensorielle est une discipline scientifique utilisée pour évoquer, mesurer, analyser et interpréter les réactions aux caractéristiques de la matière alimentaire telles qu'elles sont perçues par les sens de la vue, de l'odorat, du goût, du toucher et de l'ouïe. Elle a pour but la détermination des critères de qualité permettant de classer les matières premières et les produits finis. (Jain et Gupta, 2005).

Pour une évaluation sensorielle complète des aliments, deux types de tests : les tests sensoriels analytiques et les tests affectifs sont effectués. Les analyses ont eu lieu dans le laboratoire d'analyse sensorielle à l'université de Bejaia dans des cabines séparées éclairées par une lumière blanche. Les échantillons ont été servis au hasard et les panélistes ont reçu l'instruction d'évaluer chaque attribut séparément.

## 1. Analyse hédonique

Cent vingt (120) testeurs non formés, âgés de 20 à 50 ans, 56% de femmes et 44% d'hommes, ont été recrutés parmi le personnel et les étudiants de l'université de Bejaia. L'échelle hédonique en 9 points a été utilisée, allant de 1 correspondant à « extrêmement désagréable » à 9 correspondants à « extrêmement agréable » pour un attribut de l'acceptabilité globale (**Questionnaire en Annexe IV**). Les deux confitures préparées et réfrigérées à 8±2 °C dans des pots en verre de 500g, ont été servies dans des cuillères de 5g avec deux tranches de pain de mie et codés avec un code aléatoire à 3 chiffres : **137** pour la confiture avec les graines de chia et **264** pour celle avec pectine.



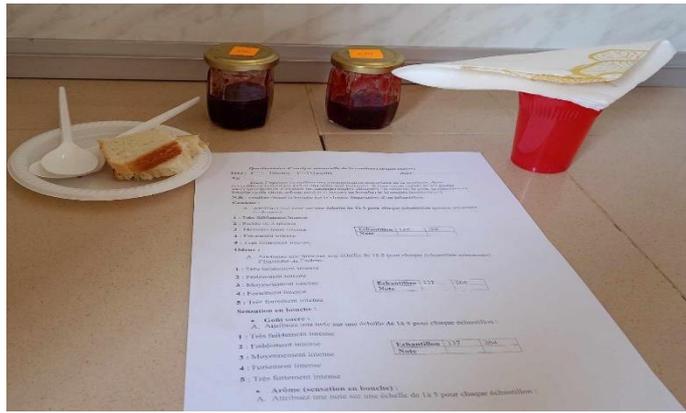
**Figure 5 :** Photographie de la préparation de la confiture pour l'analyse hédonique.

## 2. Analyse sensorielle

Un groupe d'experts hautement qualifié (10 personnes), formé à l'Université de Bejaia a été chargé de réaliser un profil sensoriel détaillé de notre produit en testant l'aspect, l'odeur, la texture en bouche, la consistance, la tartinabilité et les saveurs.

Deux échantillons ont été présentés dans des pots en verre de 100g. La quantité de confiture pour chaque échantillon était suffisante pour faire toutes les analyses et répondre aux caractéristiques mentionnées dans le questionnaire d'évaluation (**Annexe V**).

Chaque participant a reçu environ 20 ml d'eau dans un gobelet en plastique transparent à température ambiante pour se rincer la bouche entre les évaluations des échantillons pour chaque analyse.



**Figure 6 :** Photographie de la paillasse préparée pour l'évaluation sensorielle panel expert.

### VIII. Analyse statistique

Les résultats obtenus des expériences réalisées sur les formulations générées durant ce travail ont été évalués statistiquement par analyse de variance (**ANOVA**) en utilisant le logiciel statistique **JMP** (version 10.0.0, SAS Institute, États-Unis). Les résultats de l'analyse sensorielle sont traités par le logiciel **XL-STAT**...

*Chapitre III*  
*Résultats et discussions*

## I. Formulation de la confiture

### 1. Optimisation de la formulation de la confiture en utilisant le plan de mélanges

Pour parvenir à la formulation optimale de la confiture, un plan d'expériences pour mélanges a été mis en place. Les réponses maximisées ont été fixées sur le pH ( $Y_1$ ), la teneur en matière sèche soluble ( $Y_2$ ) et la viscosité ( $Y_3$ ) (**Tableau X**).

**Tableau X** : Réponses observées pour huit essais expérimentaux du plan de mélanges.

N°	Variables			Réponses					
	X <sub>1</sub> - Fraises	X <sub>2</sub> - Mûres	X <sub>3</sub> - Graines de chia	Y <sub>1</sub> -pH		Y <sub>2</sub> -°Brix (%)		Y <sub>3</sub> -Viscosité (Pa.s)	
				Valeurs réels	Valeurs prédites	Valeurs réels	Valeurs prédites	Valeurs réels	Valeurs prédites
1	14	26	2	3.36	3,35	65.7	66,39	19.06	19,18
2	14	25.5	2.5	3.37	3,39	68.1	67,44	19.12	18,62
3	26	14	2	3.25	3,26	65.8	65,75	18.36	18,13
4	14	25	3	3.46	3,45	68	68,04	19.73	20,31
5	25	14	3	3.34	3,35	66.5	65,77	17.02	16,89
6	20	20	2	3.26	3,26	65	64,66	19.85	19,96
7	25.5	14	2.5	3.30	3,28	65.3	65,96	15.8	16,33
8	19.5	19.5	3	3.37	3,37	65	65,69	19.86	19,73

Un ensemble de huit formulations (F1–F8) a été développé avec la combinaison des trois variables indépendantes, à savoir : X<sub>1</sub> : Fraises, X<sub>2</sub> : Mûres et X<sub>3</sub> : graines de chia. Les mesures expérimentales réalisées sur les différentes formulations ont révélé que la valeur de pH, la teneur en matière sèche soluble et la viscosité variaient de 3.25 à 3.46, de 65 à 68.1% et de 16,33 à 20,31 Pa.s, respectivement (**Tableau X**).

## 2. Analyse statistique des modèles

Afin d'attester la bonne qualité de l'ajustement, il est nécessaire de réaliser une analyse de la variance à l'aide du test F. Les résultats de l'ANOVA pour les modèles ajustés sont résumés dans le (Tableau XI).

**Tableau XI** : Analyse de la variance (ANOVA) pour le modèle de régression.

Terme	Estimation	Erreur standard	Degrés de liberté	Somme des carrés	Rapport F	Pro*b. > F
<b>Y<sub>1</sub>-Ph</b>						
<b>Modèle</b>			5	0,0319727	17,8915	0,0438
<b>X<sub>1</sub>-Fraises</b>	3,2557985	0,017439	1	12,457516	34855,32	<,0001
<b>X<sub>2</sub>-Mures</b>	3,3512295	0,017439	1	13,198505	36928,56	<,0001
<b>X<sub>3</sub>- GC</b>	18,519297	12,81963	1	0,000746	2,0869	0,2854
<b>X<sub>1</sub> × X<sub>2</sub></b>	-0,162168	0,069984	1	0,001919	5,3696	0,1464
<b>X<sub>1</sub> × X<sub>3</sub></b>	-14,93422	13,76823	1	0,000421	1,1765	0,3914
<b>X<sub>2</sub> × X<sub>3</sub></b>	-14,69278	13,76823	1	0,000407	1,1388	0,3977
<b>R carré</b>	0,978132					
<b>R carré ajusté</b>	0,923462					
<b>Erreur</b>	0,018905		2	0,0007148		
<b>RMSE</b>	0,0189					
<b>Y<sub>2</sub>-°Brix (%)</b>						
<b>Modèle</b>	5			8,0478921	3,1534	0,0258
<b>X<sub>1</sub>-Fraises</b>	65,748058	0,659036	1	5080,217	9952,838	0,0001
<b>X<sub>2</sub>-Mures</b>	66,388452	0,659036	1	5179,6628	10147,67	<,0001
<b>X<sub>3</sub>- GC</b>	-88,50618	484,4643	1	0,017	0,0334	0,8719
<b>X<sub>1</sub> × X<sub>2</sub></b>	-5,619059	2,644736	1	2,3041	4,514	0,1676
<b>X<sub>1</sub> × X<sub>3</sub></b>	166,01267	520,313	1	0,052	0,1018	0,7799
<b>X<sub>2</sub> × X<sub>3</sub></b>	192,12707	520,313	1	0,0696	0,1363	0,7474
<b>R carré</b>	0,887431					
<b>R carré ajusté</b>	0,606009					
<b>Erreur</b>	0,714443		2	1,0208579		
<b>RMSE</b>	0,7144					
<b>Y<sub>3</sub>-Viscosité (Pa.s)</b>						
<b>Modèle</b>			5	14,65076	13,2694	0,0716
<b>X<sub>1</sub>-Fraises</b>	18,129151	0,433472	1	386,25252	1749,176	0,0006
<b>X<sub>2</sub>-Mures</b>	19,181363	0,433472	1	432,38969	1958,111	0,0005
<b>X<sub>3</sub>- GC</b>	921,64246	318,6494	1	1,8473	8,3656	0,0016
<b>X<sub>1</sub> × X<sub>2</sub></b>	5,2169181	1,739537	1	1,98609	8,9942	0,0955
<b>X<sub>1</sub> × X<sub>3</sub></b>	-989,6765	342,2283	1	1,84668	8,3629	0,1017

$X_2 \times X_3$	-951,6967	342,2283	1	1,70767	7,7333	0,1086
<b>R carré</b>	0,970738					
<b>R carré ajusté</b>	0,897582					
<b>Erreur</b>	0,469915		2	0,44164		
<b>RMSE</b>	0,4699					

La validité des modèles développés a été vérifiée au moyen de plusieurs critères statistiques à travers le **Tableau XI** qui évalue la significativité globale du modèle de régression.

Tout d'abord, les faibles valeurs du p associés à la statistique F sont inférieurs au seuil classique de 5% ( $p < 0,05$ ) indiquent que ceux-ci sont significatifs. Enfin, la qualité d'ajustement est élevée pour les trois modèles avec des coefficients de détermination  $R^2$  et  $R^2$  ajusté, proches de 1, qui révèlent l'efficacité et la pertinence du modèle dans l'explication des données observés. Les erreurs standards sont également faibles ce qui indique la bonne précision de prédictions.

L'ensemble de ces critères statistiques favorables montre que les modèles de surface de réponse développés sont valides et aptes à prédire de façon satisfaisante les réponses, dans ce cas la valeur du pH, le degré Brix et la viscosité des formulations de confitures.

Le traitement des données expérimentales a conduit au développement de modèles mathématiques linéaires, décrivant efficacement la relation entre les trois variables indépendantes étudiées et les variables dépendantes,  $Y_1$  : pH, et  $Y_2$  : Teneur en matières sèches solubles et  $Y_3$  : Viscosité. Les modèles postulés ont été donnés par les équations (1), (2) et (3) suivantes :

$$Y_{\text{pH}} = 3,26X_1 + 3,35X_2 \quad (1)$$

$$Y_{\text{Brix}} = 65,75X_1 + 66,39X_2 \quad (2)$$

$$Y_{\text{Viscosité}} = 18,13X_1 + 19,18X_2 - 12,37X_3 \quad (3)$$

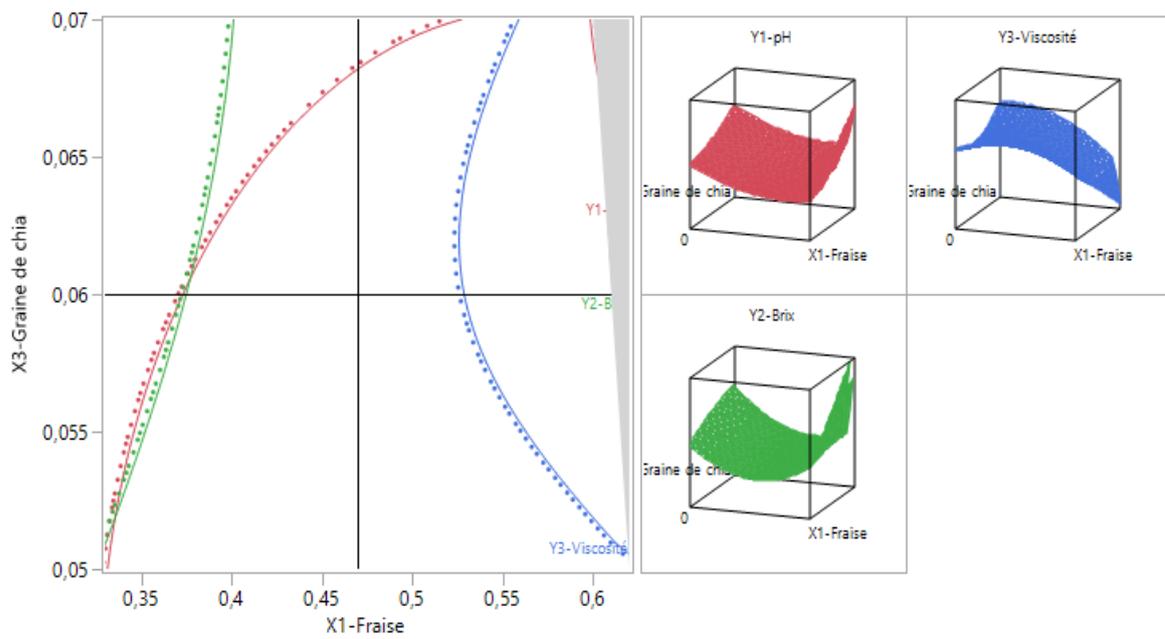
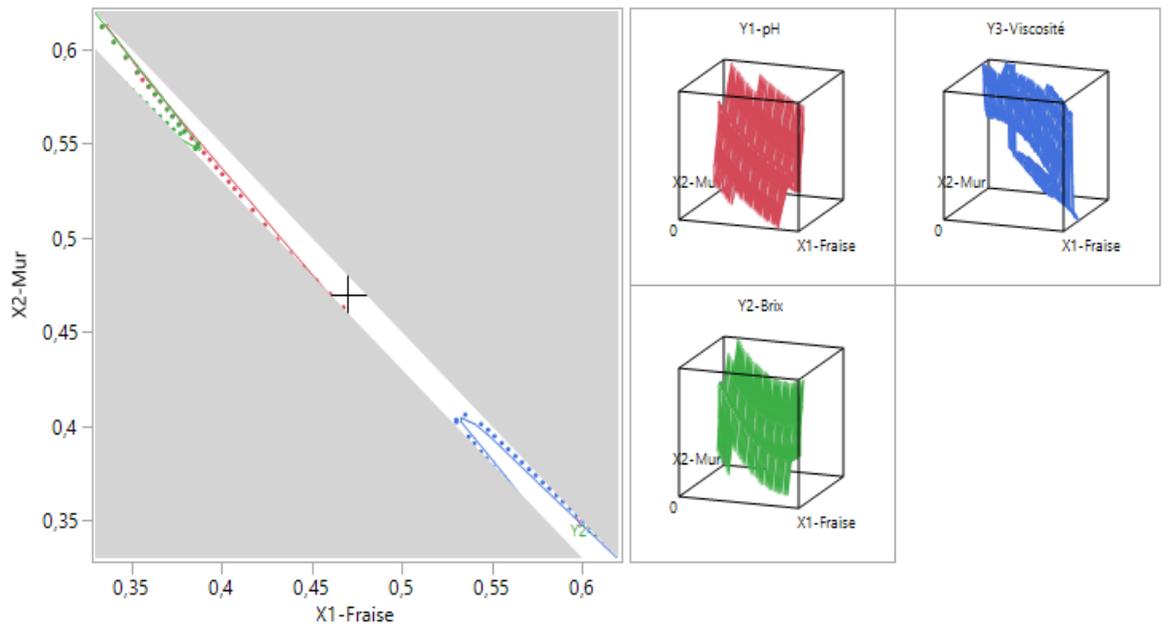
### 3. Interprétation graphique des modèles de surface de réponse (3D)

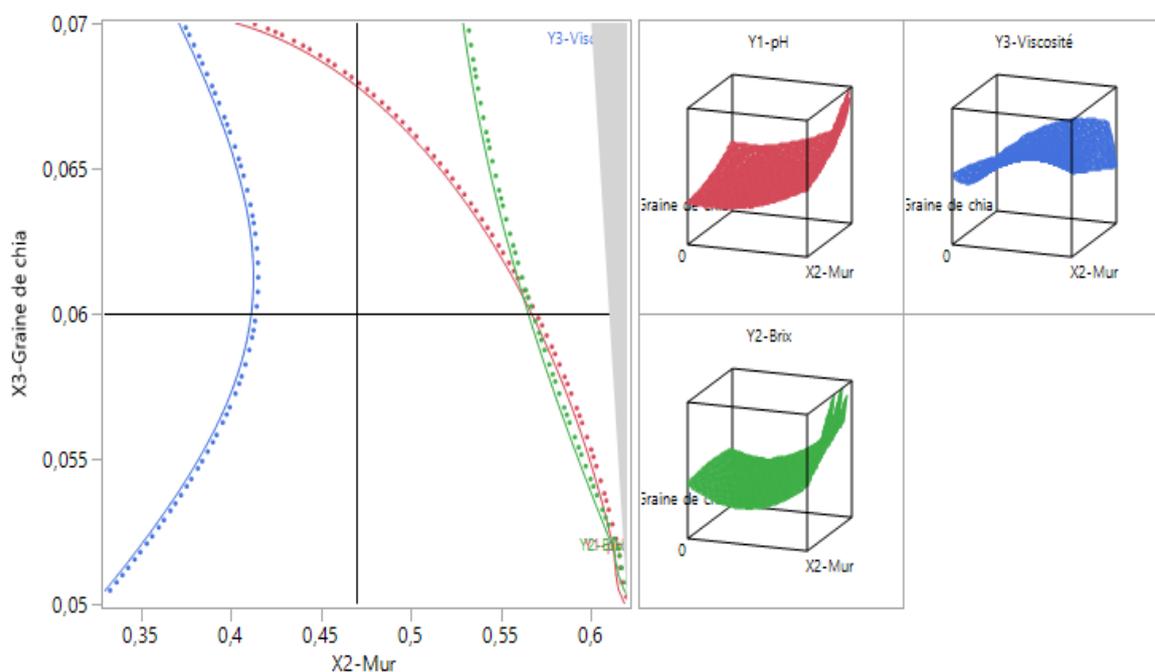
Les surfaces de réponse tridimensionnelle 3D représentés sur la **Figure 7** obtenues pour les trois réponses étudiées, nous permet d'observer qu'il y a une augmentation prononcée de la valeur du pH et de la teneur en matières sèches solubles lorsque les proportions des fraises et des mûres augmentent dans le mélange.

L'accroissement de la proportion des graines de chia avec les fruits (fraises et mûres) a décelé un effet positif marqué sur la viscosité avec l'augmentation de la proportion des

graines de chia comme en témoignent les pentes négatives des surfaces de cette région. Cependant son impact sur  $Y_1$  (pH) et  $Y_2$  ( $^{\circ}$ Brix) n'est pas clairement visible.

L'analyse des surfaces de réponse 3D met en lumière les effets individuels et combinés des trois ingrédients sur les propriétés physicochimiques des mélanges, offrant ainsi des indications précieuses pour la formulation d'une confiture innovante à base de fruits rouges impliquant les propriétés épaississantes des GC.





**Figure 7 :** Profileurs isoréponses illustrant l’effet des variables ( $X_1$ ,  $X_2$  et  $X_3$ ) le pH, le Brix et la viscosité des différentes formulations de confiture.

Le logiciel JMP a permis de générer une formulation optimale de notre confiture, assurant un bon équilibre entre les variables dépendantes, conduisant à déterminer les proportions optimales du mélange basées sur les caractéristiques physicochimiques et garantissant ainsi un produit de haute qualité qui répondra aux attentes des consommateurs.

**Tableau XII :** Formulation optimale de la confiture générée par le plan de mélanges.

	Valeurs codées	Valeurs réelles (g)
Fraise	0,33	13,86
Mures	0,6	25,2
Graines de chia	0,07	2,94

## II. Analyses physico-chimiques

### 1. Teneur en sucre

Le sucre dans la confiture, comprenant celui des fruits et le sucre ajouté, est crucial pour la conservation du produit, il est mesuré en °Brix (Nduko et al., 2018). D’après les résultats obtenus (Tableau XIII). Les taux de Brix sont de 64.2 pour la confiture à base de pectine et 63.7 pour celle à base de graines de chia. Nos résultats sont proches de la valeur de 65 °Brix

pour des confitures de fraise à base de graines de chia et citrouille à base de graine de chia (Saleem *et al.*, 2022) et une valeur de 65.12 °Brix pour la confiture d'abricot (Kainnou et Youcef, 2022).

**Tableau XIII** : Les résultats des analyses physicochimiques.

Critères physicochimiques	Confiture à base de pectine	Confiture à base de graine de chia
°Brix	64.2	63.7
pH	3.22	3.28
Acidité titrable %	0.63%	0.72%
Teneur en eau %	33.57%	22.32
Matière sèche %	66.43%	77.68%
Viscosité Ps	13.58 Ps	18.34 Ps

D'après les résultats obtenus lors de cette étude, l'ajout de graines de chia n'a pas eu d'impact significatif sur le degré Brix de la confiture. Cette observation a été confirmée par les analyses menées par (Kosiorowska *et al.*, 2022) et (Nduko *et al.*, 2018). Cela pourrait s'expliquer par le fait que la majorité des glucides (83 %) contenus dans les graines de chia sont des fibres (Nduko *et al.*, 2018).

## 2. pH

Le pH est un autre paramètre déterminant la capacité à la conservation des aliments. Il permet d'obtenir des conditions optimales de gélification. L'ajout de l'acide citrique lors de la préparation de la confiture nous a permis d'avoir des valeurs de pH des échantillons se situant entre 3.22 et 3.28 respectivement pour la confiture fabriquée à base de la pectine et la confiture à base de graines de chia.

Ces résultats sont proches de la valeur de 3,35 obtenue pour la confiture à base de clémentine (Azzouzi *et al.*, 2022) et sont conformes aux normes du **CODEX ALIMENTARIUS (2009)**, qui exigent des valeurs de pH comprises entre 2,8 et 3,5 ou plus pour les confitures. Cette plage de pH est critique pour favoriser la formation du gel et inhiber la croissance des micro-organismes indésirables, assurant ainsi une meilleure conservation des produits.

### 3. Acidité

En plus de l'acidité des fruits, l'acidité de la confiture finale est liée à la quantité d'acide citrique ajoutée pendant la préparation. Nous avons enregistré une valeur d'acidité de 0.63% pour la confiture fabriqué à base de pectine et de 0.72% pour la confiture fabriqué à base de graine de chia.

Plusieurs études antérieures ont rapporté des valeurs d'acidité similaires à celles observées dans la présente recherche. **Safdar et al., (2012)** ont mesuré une acidité de 0,71% dans la confiture de mangue. Dans la confiture industrielle (orange/abricot), **Touati et al., (2014)** ont enregistré une valeur de 0,70%. **Shakir et al., (2007)** ont obtenu une acidité de 0,63% pour différents mélanges de fruits (pomme et poire). Tandis que **Kanwal et al., (2016)** ont rapporté une acidité de 0,65 dans la confiture de goyave.

En revanche des acidités de 0,44% ; 0,5% et 0,22% ont été enregistrées par **Aslanova et al., (2010)** pour les confitures d'abricot, de cerise et de fraise, respectivement, qui sont inférieures à nos résultats. L'ajout des graines de chia dans les confitures formulées n'a pas entraîné de changements majeurs de leur pH et de leur acidité par rapport à la confiture témoin. Cela implique que la composition des confitures est restée relativement stable malgré l'incorporation de ces graines. Les travaux récents de **Kosiorowska et al., (2022)** ainsi que ceux de **Saleem et al., (2024)** corroborent cette constatation.

### 4. Teneur en matières sèches

Les deux échantillons analysés présentent des teneurs en matière sèche de 66,43% pour la confiture à base de pectine et de 77,68% pour celle à base de graines de chia. Ces résultats sont conformes aux normes, qui exigent des teneurs en matière sèche comprises entre 60% et 65% ou plus pour les confitures (**CODEX ALIMENTARIUS, 2009**). Une teneur élevée en matière sèche dans les confitures contribue à une meilleure fermeté et stabilité du produit, ce qui est crucial pour l'acceptabilité par les consommateurs. L'ajout de graines de chia, en raison de leur richesse en fibres et en mucilages, augmente la matière sèche, ce qui influence positivement la consistance et la texture des confitures (**Kosiorowska et al., 2022 ; Saleem et al., 2024**).

### 5. Teneur en eau

Après analyse, il ressort que les deux échantillons analysés ont une teneur en eau qui varient entre 33.57% pour la confiture fabriqué à base de la pectine et 22.32% pour la confiture

fabriqué à base de graine de chia. La confiture additionnée de gaines de chia a montré une diminution de la teneur en eau (**Tableau XIII**), par rapport à la confiture de contrôle. Ceci peut être dû aux propriétés d'absorption d'eau des fibres alimentaires contenues dans les graines de chia (**Kosiorowska et al., 2022**).

## 6. Viscosité

La texture de la confiture est l'une des caractéristiques les plus importantes pouvant avoir un impact sur l'acceptation sensorielle, et elle dépend de l'équilibre entre les teneurs en pectine, en sucre et en acide organique présentes dans les fruits (**Kosiorowska et al., 2022**). Dans notre étude, nous avons constaté que la viscosité de la confiture est liée au mucilage formé par les graines de chia, avec une valeur de 18,34 Pa.s obtenue (**Tableau XIII**). Ce résultat est supérieur à ceux rapportés par **Kainnou et Youcef, (2022)**, qui ont mesuré des valeurs de  $14,67 \pm 0,05$  Ps pour la confiture de figue,  $13,09 \pm 0,05$  Pa.s pour la confiture d'abricot et  $13,9 \pm 0,05$  Pa.s pour la confiture d'orange et qui concorde avec le résultat obtenu pour notre témoin 13.58 Ps. Nos données indiquent donc que l'ajout de graines de chia permet d'obtenir une confiture avec une viscosité plus élevée que celle obtenue avec d'autres épaississant. La viscosité de la confiture, propriété rhéologique primordiale, est tributaire des matières premières sélectionnées ainsi que des procédés de transformation mis en œuvre (**Kainnou et Youcef, 2022**). Néanmoins, l'enjeu demeure l'obtention d'une texture optimale, gage d'une tartinabilité médiane. Cette assertion a été corroborée par les résultats probants de l'analyse sensorielle menée, au cours de laquelle la majorité des dégustateurs avertis ont jugé la consistance et la tartinabilité du produit comme étant acceptables.

## III. Analyse microbiologique

Les résultats microbiologiques des échantillons de confiture à base de pectine et de graines de chia sont conformes aux normes établies (**Tableau XIV**). Pour la flore mésophile aérobie total, aucun des échantillons ne présente une quantité supérieure à  $10^5$  UFC par gramme (**JORA, 2017**), ce qui indique un niveau acceptable de contamination bactérienne. De même, les coliformes totaux sont absents dans tous les échantillons testés, répondant ainsi aux critères d'absence établis (**JORA, 2017**). Enfin, la quantité de levures et moisissures est également en dessous de la norme de  $10^3$  UFC par gramme (**NF ISO 7954/88**), garantissant la qualité microbiologique des produits. Les résultats obtenus sont cohérents avec ceux rapportés par **Benmeziane et al., (2018)**, démontrant une absence détectable de levures et

de moisissures après quatre semaines de stockage, ainsi qu'une faible quantité de bactéries viables dans la confiture de melon.

Les analyses microbiologiques des échantillons (**Tableau XIV**) de confiture montrent que le produit élaboré est de qualité hygiénique satisfaisante, sans la présence de germes pouvant compromettre sa qualité ou présenter un risque pour le consommateur. Ainsi, le produit est considéré propre à la consommation.

**Tableau XIV** : Les résultats des analyses microbiologiques.

Critère microbiologique	Confiture à base de pectine	Confiture à base de graine de chia	Norme
<b>FMAT</b>	Absence	Absence	$< 10^5$ (JORA, 2017)
<b>Coliforme totaux</b>	Absence	Absence	Absence (JORA, 2017)
<b>Levures et moisissures</b>	Absence	Absence	$< 10^3$ (NF ISO 7954/88)

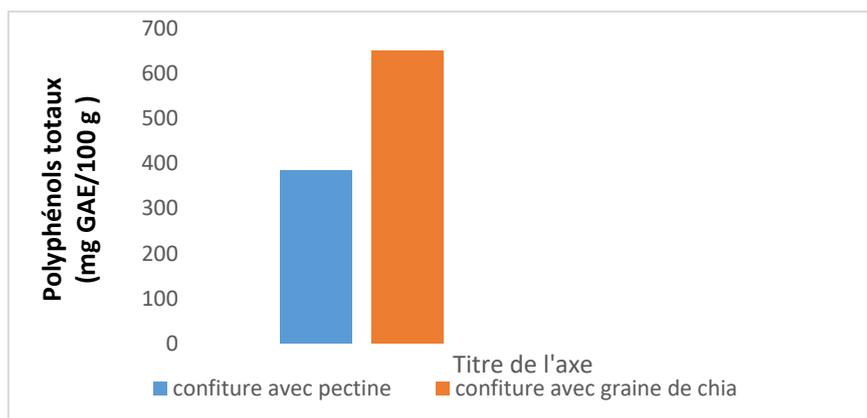
#### IV. Analyse phytochimique

##### 1. Dosage des polyphénols

Les polyphénols totaux ont été déterminés par la méthode spectrophotométrique de Folin Ciocalteu. Les résultats obtenus sont exprimés en mg équivalent acide gallique par 100 grammes de confiture en utilisant l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Les teneurs en polyphénols totaux des échantillons analysés (**Figure 8**) sont comprises entre 385 mg EAG/100g de confiture fabriqué à base de la pectine et 650 mg EAG/100g de confiture fabriqué à base de graines de chia. Ces résultats sont proches à ceux de la confiture de clémentine avec des teneurs en polyphénols totaux de 560,10 mg EAG /100 g et 579,66 mg EAG/100 g (**Azzouzi et al., 2022**). En revanche, les résultats obtenus par **Hebbache et Sebkh** (**2013**) sont inférieurs à ceux trouvés dans notre étude où ils ont enregistré des valeurs équivalentes à 193,59 mg EAG /100 g pour la confiture de fraise (Sabri), 124,78 mg EAG/100 g pour la confiture de mûres (Eva), 107,90 mg EAG /100 g pour la confiture d'abricot (Sabri).

La substitution de la pectine par les graines de chia a induit une augmentation significative des polyphénols totaux. La quantité de ces composés dans la confiture de fraises et mûres contenant du chia était plus élevée, de 265 mg EAG /100 g, par rapport à la confiture témoin (40.8% de plus. Les résultats obtenus par **Kosiorowska et al., (2022)** sont concordants avec nos propres observations, montrant une augmentation de 40% des polyphénols totaux après l'incorporation de graines de chia dans la confiture de canneberge.

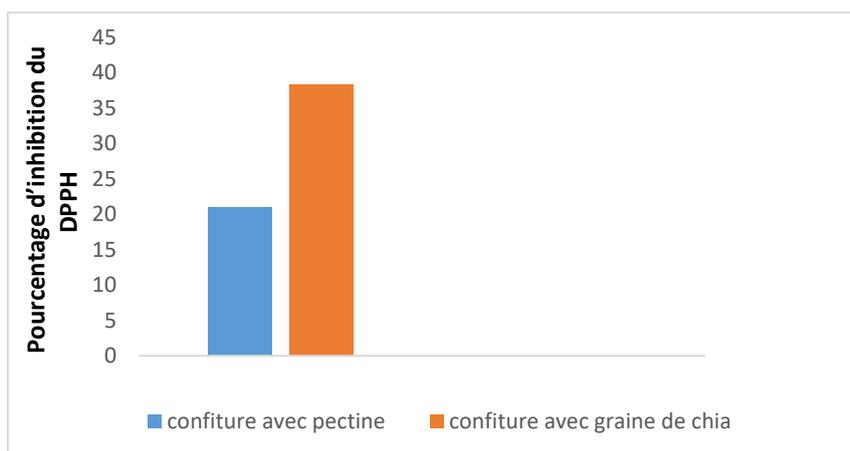


**Figure 8 :** La teneur en polyphénols totaux des deux confitures.

## 2. Evaluation de l'activité anti-radicalaire contre le DPPH

L'activité anti-radicalaire, basée sur la réduction du radical DPPH, estime le taux de neutralisation du radical par les constituants des confitures. Les résultats obtenus sont exprimés en pourcentage d'inhibition du DPPH rapportés dans (**la Figure 9**).

Ces résultats montrent que les deux formules représentent un pourcentage d'inhibition de 16.95% pour la confiture à base de pectine et un pourcentage de 38.27% pour la confiture fabriquée par les graines de chia. Selon les travaux de **Kosiorowska et al., (2022)**, l'incorporation des graines de chia dans la confiture de canneberge a significativement augmenté l'activité antioxydante, les mêmes résultats ont été démontrés par **Saleem et al., (2024)** pour la confiture de la citrouille. Ces résultats concordent avec ceux de notre étude.



**Figure 9** : L'activité antioxydante des deux confitures.

Les études réalisées par **Kosiorowska et al., (2022)** ont montré que les graines de chia sont une riche source de polyphénols de faible poids moléculaire, tels que les acides phénoliques. Les graines riches en acides phénoliques de faible poids moléculaire ont une capacité antioxydante plus élevée et une plus grande aptitude à réduire à la fois le réactif de Folin et les radicaux libres, ce qui s'est traduit par des valeurs plus élevées de polyphénols totaux et d'activité antioxydante dans le cas des confitures contenant des graines de chia entières.

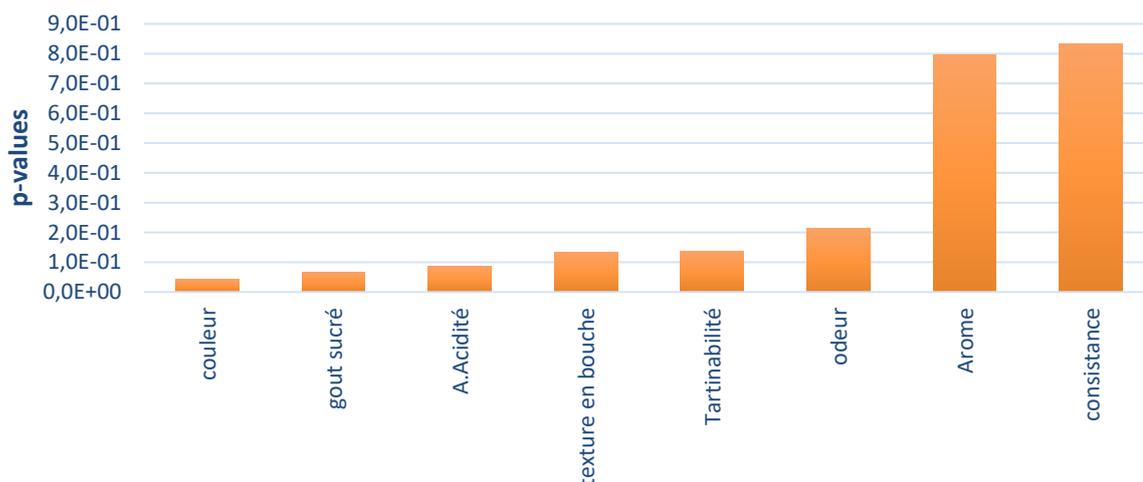
## V. Analyse sensorielle

### 1. Caractérisations des produits

#### 1.1. Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test permet de présenter l'enchaînement des caractéristiques du produit sélectionné dans un ordre de discrimination décroissant (de celui qui a le plus fort pouvoir discriminant sur les produits à celui qui en a le plus faible) et d'identifier les descripteurs qui diffèrent le plus entre les deux confitures.

Dans cette étude, nous avons évalué le pouvoir discriminant de huit descripteurs (**Figure 10**) à savoir, la couleur, le goût sucre, l'acidité, la texture en bouche, la tartinabilité, l'odeur, l'arôme et consistance pour deux échantillons de confiture, dont **264** : correspond à l'échantillon Témoin (avec pectine) et **137**: correspond à l'échantillon de confiture avec les graines de chia remplaçant la pectine.



**Figure 10** : Pouvoir discriminant par descripteur.

L'histogramme de la **Figure 10** permet de visualiser que la couleur, le goût sucré et l'acidité sont les descripteurs les plus discriminants. Cela indique que les experts ont constaté des divergences de ces caractéristiques pour les deux échantillons préparés, suivi de la texture en bouche, la tartinabilité et l'odeur avec un pouvoir discriminant moins fort qui veut dire qu'une petite différence a été remarquée dans ces paramètres. Par contre les descripteurs, arôme et consistance n'ont pas été discriminants, ce qui explique que ces caractéristiques ne diffèrent pas pour les deux échantillons de confiture.

## 1.2. Coefficient des modèles

Les résultats des coefficients des modèles pour nos échantillons sont présentés dans la (**Figure 11**) ci-dessous où deux histogrammes ont été obtenus et chaque histogramme correspond au profil sensoriel d'une confiture. Les caractéristiques avec un coefficient significativement positif (notes supérieures à la moyennedes juges) sont indiquées en bleu et en rouge celles dont les coefficient sont significativement négatifs (notes inférieures à la moyenne des juges). En blanc, nous voyons les caractéristiques dont les coefficients ne sont pas significatifs (notes proches de la moyenne).

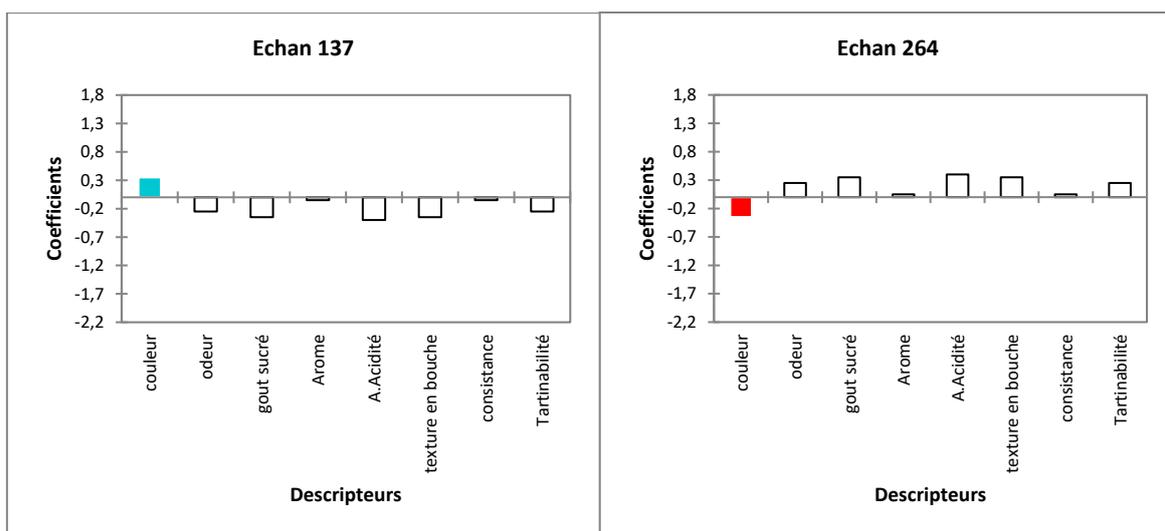


Figure 11 : Coefficients des modèles pour chaque confiture.

La figure 11 illustre que l'échantillon 264 (le contrôle) est caractérisé par sa couleur d'une intensité faible et par une odeur, un goût sucré, un arôme, une acidité, une texture en bouche, une consistance et une tartinabilité avec des intensités moyennes. En revanche l'échantillon 137 qui correspond à notre échantillon (avec les graines de chia) est caractérisé par une couleur intense, les autres descripteurs ont des intensités moyennes également.

### 1.3. Moyennes ajustées par produit

Ce test permet d'obtenir les moyennes ajustées issues du modèle pour chaque association de descripteur et de produit, comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau XV : Moyennes ajustées par produit.

	Gout sucré	Arôme	Acidité	Texture en bouche	Consistance	Tartinabilité	Odeur	Couleur
<b>E 264</b>	4,100	3,600	3,100	3,100	3,500	4,100	3,800	3,700
<b>E 137</b>	3,400	3,500	2,300	2,400	3,400	3,600	3,300	4,400

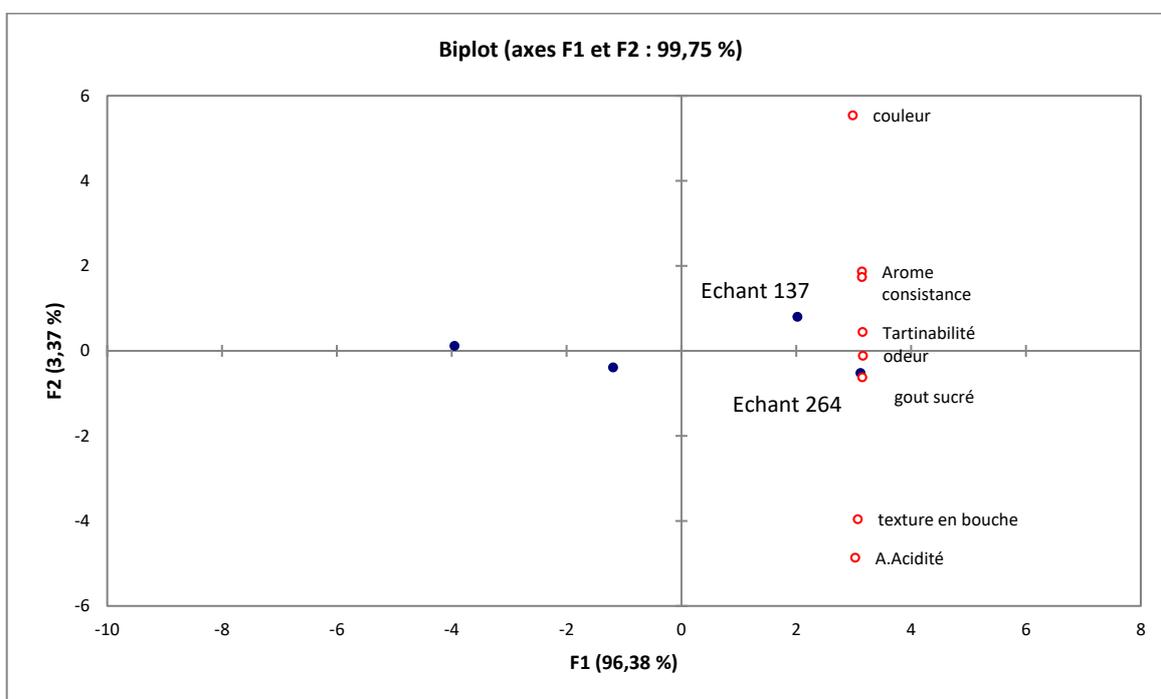
Le Tableau XV présente une analyse comparative des confitures selon leurs caractéristiques organoleptiques. Il permet de mettre en évidence les écarts significatifs entre les moyennes des notes attribuées par les consommateurs et permet de faire ressortir les moyennes quand les différents produits et les caractéristiques sont croisés.

Cela implique que :

L'échantillon 264 se distingue par sa couleur de faible intensité et que l'échantillon 137 se démarque par sa couleur intense. Ces résultats peuvent être utiles pour identifier les points forts et les points faibles de chaque produit, ainsi que pour orienter les choix des consommateurs en fonction de leurs préférences.

## 2. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP est une méthode d'analyse de données multi variées. Elle permet l'étude et la visualisation des corrélations entre les caractéristiques ou entre les produits, afin d'identifier des groupes homogènes d'observations, ou au contraire des observations atypiques (Benallouache et Berkane, 2021).



**Figure 12 :** Corrélations entre les variables et les facteurs (Biplot).

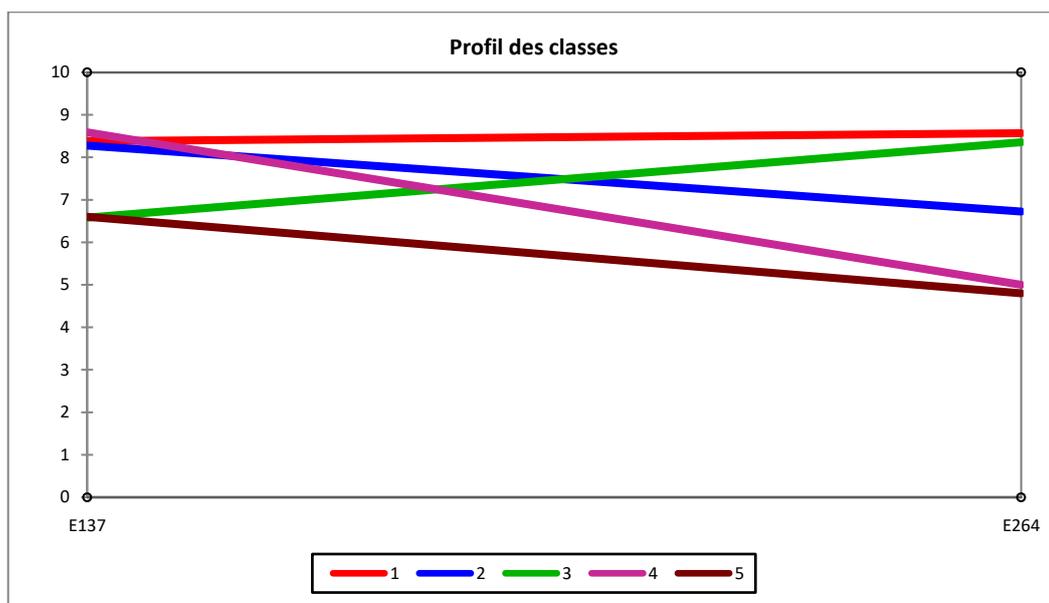
La **figure 12** illustre les relations entre les variables et les facteurs analysés (99,75 %).

Les descripteurs texture en bouche et acidité sont étroitement liés et montrent une corrélation positive significative, suggérant ainsi une interdépendance entre eux. Il y a également une corrélation positive entre les caractéristiques arômes, consistance, tartinabilité, odeur et le goût sucré. Tandis qu'il existe des corrélations négatives entre la couleur et l'acidité.

Nous pouvons observer également que les deux échantillons 264 et 137 ont des caractéristiques. Cela suggère que la plupart des caractéristiques ne change pas vraiment entre ces deux produits. Cependant l'échantillon 137 est caractérisé par sa couleur plus intense et l'échantillon 264 est caractérisé par sa texture plus lisse et sont acidité plus élevée comparativement à la confiture 137.

### 3. Classification ascendante hiérarchique

La classification ascendante hiérarchique utilisée pour constituer des regroupements successifs homogènes d'objets (classes) regroupant l'ensemble des individus sur la base de leur description par un ensemble de variables, ou à partir d'une matrice décrivant la similarité Ou la dissimilarité entre les objets (**Benallouache et Berkane, 2021**). Dans notre cas le nombre de classe est fixé à 5, chaque classe de sujets a des préférences pour les deux échantillons comme présenté dans la figure suivante :



**Figure 13** : Profil des préférences des classes créées.

L'application de l'analyse des données CAH génère plusieurs tableaux et graphes. Le graphe du profil des classes (réalisé à partir des données de préférences) permet de comparer visuellement les moyennes des différentes classes créées. La classe 1, 2, 4 et 5 préfèrent en première position la confiture avec les graines de chia suivi par la confiture avec pectine par contre la classe 3 préfèrent l'échantillon 264 qui correspond à l'échantillon témoin suivie par l'échantillon 137 représentant notre échantillon.

### 3.1. Carte des préférences (PREFMAP)

Une carte des préférences (PREFMAP) a été créée (Figure 13) sur XL STAT, elle représente la superposition des résultats de l'ACP et de la CAH à partir des données du panel expert et des préférences des consommateurs. Cette carte est importante car elle permet aux équipes marketing et recherche et développement adapter les produits aux goûts des consommateurs.

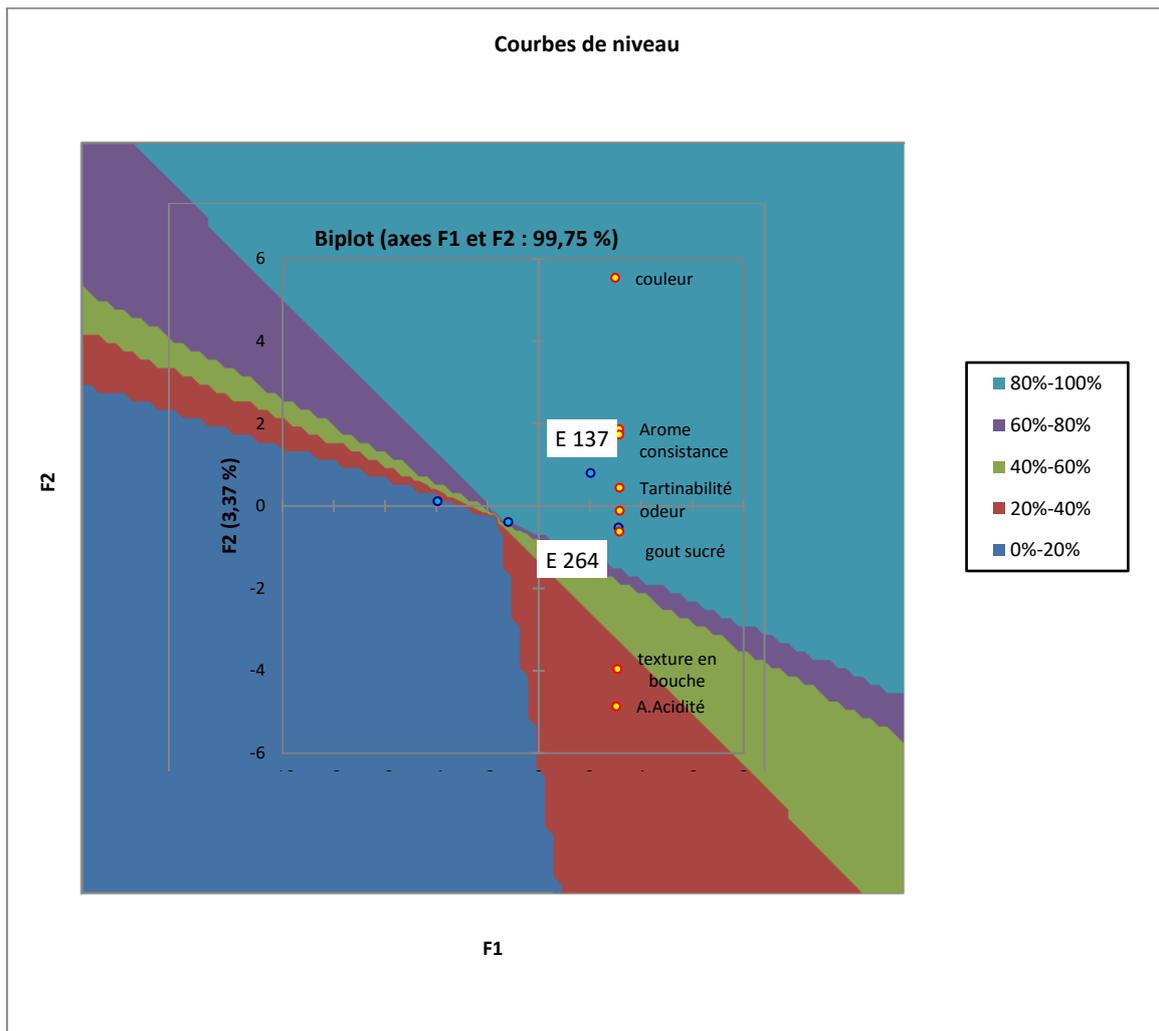


Figure 14 : Carte des préférences des confitures analysées.

D'après les résultats obtenus, il apparaît que les deux échantillons 137 et 264 se situent tous les deux dans la zone bleu foncé ce qui signifie qu'ils ont un niveau de préférence maximale et similaire avec un pourcentage de 100%. Cela mène à dire que chacun des deux échantillons sont appréciés par 100% des dégustateurs et donc ils ont le même degré de préférence...

*Conclusion*

## *Conclusion*

---

Ce projet de recherche et développement nous a permis de créer deux types de confitures, confiture de fraise, mûre et graines de chia et une autre comme témoin à base de pectine industrielle. Pour la confiture de fraise et mûre, nous avons exploité les propriétés gélifiantes naturelles des graines de chia. Cela nous a permis de développer une confiture sans ajout de pectine industrielle, en s'appuyant uniquement sur les qualités épaississantes et gélifiantes des graines de chia. La confiture témoin a quant à elle été réalisée de manière classique, en utilisant de la pectine industrielle comme agent gélifiant. Cette approche nous a permis de comparer les deux confitures et d'évaluer l'efficacité des graines de chia comme substitut naturel à la pectine dans la fabrication de confitures de fruits.

Un plan de mélange a été utilisé pour optimiser les quantités de matières premières. Les facteurs fixes étudiés étaient les pourcentages de sucre, d'acide et d'eau, tandis que les facteurs variables étaient les pourcentages de l'agent gélifiant (graine de chia) et de fruits, afin de déterminer l'influence de ces différents ingrédients sur les caractéristiques physico-chimiques finales du produit. Cette étude offre une approche innovante pour améliorer le profil nutritionnel des confitures traditionnelles, offrant aux consommateurs une option à la fois savoureuse et nutritive, alliant plaisir gustatif et bien-être.

Les paramètres physico-chimiques, tels que le pH, le degré Brix, l'acidité titrable et la viscosité, ont été analysés pour caractériser les propriétés de la confiture. La sécurité alimentaire a été vérifiée, assurant ainsi la qualité microbiologique du produit. Les concentrations en polyphénols totaux, des antioxydants naturels, ont été mesurées, révélant les teneurs en antioxydants. L'activité anti radicalaire, qui reflète le potentiel antioxydant, a également été évaluée. Enfin, un panel de consommateurs a jugé l'appréciation et l'acceptabilité de la confiture, en se basant sur différents critères de qualité, notamment ses propriétés de texture et de structure. Cette étude a permis de dresser un portrait global de la qualité de la confiture, fournissant des informations précieuses pour optimiser le procédé de fabrication et répondre aux attentes des consommateurs.

Il en ressort de cette étude :

- Du point de vue physico-chimique, l'ensemble des résultats se situaient dans les limites acceptables et jugés conformes.
- Du point de vue bactériologique, les résultats obtenus montrent l'absence de tous germes indicateurs de contamination.

## *Conclusion*

---

- Du point de vue nutritionnel, l'ajout des graines de chia a non seulement contribué à donner la texture adéquate, mais a également augmenté le taux en polyphénols totaux et l'activité antioxydante.
- Sur la base des paramètres de texture obtenus pour les confitures analysées, on peut conclure que les graines de chia constituent un bon substitut à l'agent gélifiant, créant ainsi une texture plus proche des confitures traditionnelles contenant de la pectine industrielle.

Bien que les objectifs initiaux aient été atteints, de nouvelles perspectives de recherche se dégagent et permettraient d'affiner les résultats obtenus :

- Remplacer le sucre par du sirop ou de la poudre de datte pour un produit plus fonctionnel.
- Réaliser une analyse sensorielle de toutes les formulations générées par le plan de mélange.
- Effectuer une analyse biochimique approfondie de la composition de la confiture formulée.
- Évaluer la stabilité et la durée de conservation.
- Optimiser la formule en termes d'analyse phytochimique.

## *Références bibliographiques*

**A**

1. **Adarsh Krishna S., Singh, N., & Sagar, P. (2024).** Formulation and Optimization of Chia-based Strawberry Jam: A Functional Food Innovation. *Asian Journal of Food Research and Nutrition*, 3(2), 381-389.
2. **Albert, C., Codină, G. G., Héjja, M., András, C. D., Chetrariu, A., & Dabija, A. (2022).** Study of Antioxidant Activity of Garden Blackberries (*Rubus fruticosus* L.) Extracts Obtained with Different Extraction Solvents. *Applied Sciences*, 12(8), 4004.
3. **Aprifel. (s.d.).** Aprifel.
4. **Awulachew, M. T. (2021).** Fruit Jam Production. *International Journal of Food Science, Nutrition and Dietetics*, 10(9), 1-8.
5. **Ayouz Sabrina, Benmamas Fatima. (2017).** Etude de la viscosité de quelques produits de Cevital (Mémoire non publié, Université de Bejaia).
6. **Azzouzi, H., Achchoub, M., Salmaoui, S., & Elfazazi, K. (2022).** Étude des critères de qualité d'une confiture à base de la clémentine Marocaine fabriquée avec la pectine extraite des écorces de clémentine. *AFRIMED AJ –Al Awamia*, (134), 275-291.

**B**

7. **Basu, A., Nguyen, A., Betts, N. M., & Lyons, T. J. (2011).** Strawberry as a functional food: an evidence-based review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54, 790-806.
8. **Benmeziane, F., Djermoune – Arkoub, L., Boudraa, A.T. and Bellaagoune, S. (2018).** Physicochemical characteristics and phytochemical content of jam made from melon (*Cucumis melo*). *International Food Research Journal*, 25(1), 133-141.
9. **Bochicchio, R., Philips, T. D., Lovelli, S., Labella, R., Galgano, F., Di Marisco, A., ... & Amato, M. (2015).** Innovative Crop Productions for Healthy Food : The Case of Chia (*Salvia hispanica* L.). In *Sustainable Agriculture Research* (pp. 35-51). Springer, Cham.
10. **Boutonnier, J.-L. (2022, 10 février).** Mise en œuvre. Confitures. ARTICLE DE RÉFÉRENCE | Réf : FPR273 v1.
11. **Bursać Kovačević, D., Levaj, B., & Dragović-Uzelac, V. (2009).** Free Radical Scavenging Activity and Phenolic Content in Strawberry Fruit and Jam. *Food Technology and Biotechnology*, 47(4), 427-433.

- 12. Bustamante, M., Laurie-Martínez, L., Vergara, D., Campos-Vega, R., Rubilar, M., & Shene, C. (2020).** Effect of Three Polysaccharides (Inulin, and Mucilage from Chia and FlaxSeeds) on the Survival of Probiotic Bacteria Encapsulated by Spray Drying. *Applied Sciences*, 10(13), 4623.
- 13. Butu, M., & Rodino, S. (2019).** Fruit and Vegetable-Based Beverages—Nutritional Properties and Health Benefits. In A. Mihai Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), *Natural Beverages: Volume 13: The Science of Beverages* (pp. 303-338). Elsevier.

## C

- 14. Caruso, M. C., Favati, F., Di Cairano, M., Galgano, F., Labella, R., Scarpa, T., & Condelli, N. (2018).** Shelf-life evaluation and nutraceutical properties of chia seeds from a recent long-day flowering genotype cultivated in Mediterranean area. *LWT*, 87, 400-405.
- 15. Chaves, V. C., Calvete, E., & Reginatto, F. H. (2017).** Quality properties and antioxidant activity of seven strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 225, 293-298.
- 16. Codex Alimentarius (2009).** Norme pour les confitures, gelées et marmelades. Codex STAN 296-2009. p. 1.
- 17. Commission européenne. (2001).** Directive 2001/111/CE du Parlement européen et du Conseil du 20 décembre 2001 relative aux jus de fruits et certains produits similaires destinés à l'alimentation humaine. *Journal officiel des Communautés européennes*, L10/58, 1-34.

## D

- 18. Degmara Nihal, Samah Hayat et Zoghba Nasreddine. (2019).** Essai d'élaboration d'une formulation de confiture à base de fraise et l'évaluation des paramètres physicochimiques, microbiologiques et sensoriels (Mémoire, université mohammedseddik ben yahia de jijel).
- 19. Douiri Djihad. (2012).** Caractérisation microbiologique, physicochimique et nutritionnelle d'une confiture à base de sirop de datte (mémoire, université Abderrahman Mira Béjaia).
- 20. Dzhanfezova, T., Barba-Espín, G., Müller, R., Joernsgaard, B., Hegelund, J. N., Madsen, B., Larsen, D. H., Vega, M. M., & Toldam-Andersen, T. B. (2020).** Anthocyanin profile, antioxidant activity and total phenolic content of a strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) genetic resource collection. *Food Bioscience*, 36, 100620.

*E*

**21. Emilie Korbel. (2014).** Étude du brunissement enzymatique et non-enzymatique de la mangue au cours du procédé de séchage par une approche en milieu modèle reconstitué (Thèse de doctorat, Montpellier ; Ecole doctorale).

*F*

**22. Featherstone, S. (2016).** A complete course in canning and related processes: Volume 3, processing procedures for canned food products. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition (pp. 313-349). Disponible en ligne le 18 septembre 2015, Version de Record le 18 septembre 2015.

**23. Florian Filipe. (2016).** Etude des sources de variation des composés d'intérêt

**24. Fredot, E (2009).** Connaissance des aliments. Base alimentaires et nutritionnelles de la diététique. P308.309 et 366.

*G*

**25. GHNIMI, W. (2015).** Étude phytochimique des extraits de deux Ricinus communis et Jatropha curcas : Evaluation de leur propriété anti-oxydante et de leur action inhibitrice sur l'activité cetylcholinestérase. Thèse de doctorat, Université de Lorraine, Faculté des Sciences de Bizerte, Tunisie.

**26. Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J. M., Mazzoni, L., Forbes-Hernandez, T. Y., Gasparrini, M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2012).** The potential impact of strawberry on human health. Natural Product Research, 27(4-5), 448-455.

**27. González, A., Martínez, M. L., Paredes, A., León, A., & Ribotta, P. D. (2016).** Study of the preparation process and variation of wall components in chia (*Salvia hispanica* L.) oil microencapsulation. Powder Technology, 301, 868–875. **Guiné, R. P. F. (2018).** Consumer Research on Innovative Jams Containing Ingredients with Potential Health Benefits. The Journal of Scientific and Engineering Research, 5(5).

*H*

**28. Haddadi-guemghar, H., Janel, N., Dairou, J., Remini, H., Madani, K. (2014).** Optimisation of microwave-assisted extraction of prune (*Prunus domestica*) antioxydant by

## *Références bibliographiques*

---

response surface methodology. *International journal of food science & technology* 49,2158-2166.

**29. Hanen, H., & Tinsson, W. (2009).** Plans d'expérience pour mélange de mélanges. *ResearchGate*.

**30. Hebbache, I. et Sebkhi, S. (2013).** Teneurs en antioxydants et activités antioxydantes de quelques variétés de confitures industrielles. Mémoire de Master en Biochimie Appliquée, Université Abderrahmane Mira, Bejaia, Algérie.

**31. Houati Amina et khedimEsma. (2022).** Les activités biologiques et pharmacologiques des graines de chia *Salviahispanica* L. (mémoire, Université ABOUBEKR BELKAID – TLEMCEM).

**32. Hui Y.H., Barta J., Pilarcano M., Gusk T.W., Sidhu, J.S et sinhaN.K. 2006.** Handbook of fruits and fruit processing. Black wellpublishing, UAS.29-289.

**33. Hummer, K.E., Hancock, J. (2009).** StrawberryGenomics:BotanicalHistory, Cultivation, TraditionalBreeding, and New Technologies. In:Folta, K.M., Gardiner, S.E. (eds) Genetics and Genomics of Rosaceae. Plant Genetics and Genomics:Crops and Models, vol 6. Springer, New York, NY.

### *I*

**34. Idoui, H., & Degdeg, H. (2015).** Les fruits sauvages de *Rubus fruticosus* : Evaluation de qualité et valorisation. Mémoire de Master, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie (FSNV), Département Microbiologie Appliquée et Sciences Alimentaires, Université de Jijel.

**35. International Organization for Standardization. (2008).** Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds — Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0.95 (ISO 21527-1:2008).

**36. ISO, N. (2013). 21527-2 (2008).** Microbiologie des aliments, Méthode horizontale pour le dénombrement des levures et moisissures, Partie, 2

**37. ISO. (2008).** Qualité de l'eau — Détermination du pH (ISO 10523:2008). International Organization for Standardization.

**38. ISO. (2008).** Qualité de l'eau -Détermination du pH (ISO 10523:2008). International Organization for Standardization.

*J*

- 39. Jain, V., & Gupta, K. (2005).** FOOD AND NUTRITIONAL ANALYSIS | Overview. In Encyclopedia of Analytical Science (Second Edition) (pp. 202-211).
- 40. Jannika Bailey., Silvia Farah., Pablo Mezzatesta and Emilia Raimondo. (2022).** Preparation of Fresh Noodles with Chia and Amaranth. Biol. Life Sci. Forum 2022, 17(1), 4;
- 41. Journal officiel de la république algérienne. (2017).** Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires.

*K*

- 42. Kainnou Amira, Youcef Mousbahi Rihab. (2022).** Etudes comparative des paramètres physicochimiques des confitures (Figue, abricot et orange). (mémoire, université Saad Dahleb Blida 1).
- 43. 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.
- 44. Kaume, L., Howard, L. R., & Devareddy, L. (2011).** The Blackberry Fruit: A Review on Its Composition and Chemistry, Metabolism and Bioavailability, and Health Benefits. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60(23), 5716-5727.
- 45. Kopjar, M., Piližota, V., Tiban, N. N., Šubarić, D., Babić, J., Ačkar, Đ., & Sajdl, M. (2009).** Strawberry jams: influence of different pectins on colour and textural properties. Czech Journal.
- 46. Kosiorowska, A., Pietrzyk, S., Pająk, P., & Socha, R. (2022).** The effect of the addition of gold flax (*Linum usitatissimum* L.) and chia seeds (*Salvia hispanica* L.) on the physicochemical and antioxidant properties of cranberry jams. European Food Research and Technology, 248, 2865–2876.
- 47. Krzepilko, A., Prazak, R., & Świącilo, A. (2021).** Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Raspberry, Blackberry and Raspberry-Blackberry Hybrid LeafBuds. Molecules, 26(2), 327.
- 48. Kulczyński, B., Kobus-Cisowska, J., Taczanowski, M., Kmiecik, D., & Gramza-Michałowska, A. (2019).** The Chemical Composition and Nutritional Value of Chia Seeds—Current State of Knowledge. Nutrients, 11(5), 1242.

*ℒ*

**49. Lee, J. (2017).** Chapter 4: Blackberry fruit quality components, composition, and potential health benefits. ResearchGate.

*ℳ*

**50. Magwaza, L. S., & Opara, U. L. (2015).** Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products—A review. *Scientia Horticulturae*, 184, 179-192.

**51. Muñoz Hernández, L. (2012).** Mucilage from chia seeds (*Salvia hispanica*) : microstructure, physico-chemical characterization and applications in food industry. Tesis doctoral.

*ℕ*

**52. Naoui. (2019).** Application du système HACCP sur la production de la confiture d'abricots (entreprise CEVITAL) (Mémoire non publié, Université de Bejaia).

**53. Naumova, N., A. Lukin and V. Erlikh, 2017.** Quality and nutritional value of pasta products with added ground chia seeds. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 23 (5): 860–86

**54. Nduko, J. M., Maina, R. W., Muchina, R. K., & Kibitok, S. K. (2018).** Application of chia (*Salvia hispanica*) seeds as a functional component in the fortification of pineapple jam. *Food Science & Nutrition*, 6(5), 2344-2349. doi: 10.1002/fsn3.819

**55. Newerli-Guz, J., Śmiechowska, M., Drzewiecka, A., & Tylingo, R. (2023).** Bioactive Ingredients with Health-Promoting Properties of Strawberry Fruit (*Fragaria x ananassa* Duchesne). *Molecules*, 28(6), 2711.

**56. Nyingi, J. W., & Mburu, M. (2021).** Chia (*Salvia hispanica* L.) Seeds Phytochemicals, Bioactive Compounds, and Applications: A Review. *EJFOOD*, 3(6).

*ℴ*

**57. Orona-Tamayo, D., Valverde, M. E., Nieto-Rendón, B., & Paredes-López, O. (2015).** Inhibitory activity of chia (*Salvia hispanica* L.) protein fractions against angiotensin I-converting enzyme and antioxidant capacity. *LWT-Food science and technology*, 64, 236-242.

**P**

- 58. Pal, P. (2014).** Detection of Coliforms in Drinking Water and its Effect on Human Health - A Review. *International Letters of Natural Sciences*, 17, 122-131.
- 59.** Physical and chemical characterization and quantification of bioactive compound in berries and berry jams. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(4), 1853-1864.
- 60. Pinto, T., Vilela, A., Pinto, A., Nunes, F. M., Cosme, F., & Anjos, R. (2018).** Influence of cultivar and of conventional and organic agricultural practices on phenolic and sensory profile of blackberries (*Rubus fruticosus*). *Journal of Science and Food Agriculture*, 98(12), 4616-4624.

**R**

- 61. Rababah, T. M., Al-u'datt, M. H., & Brewer, S. (2015).** Jam Processing and Impact on Composition of Active Compounds. In V. R. Preedy (Ed.), *Processing and Impact on Active Components in Food* (pp. 681-687). *Academic of Food Sciences*, 27(1), 20-28.
- 62. Rabail, R., Sultan, M. T., Khalid, A. R., Sahar, A. T., Zia, S., Kowalczewski, P. Ł., Jeżowski, P., Shabbir, M. A., & Aadil, R. M. (2022).** Clinical, Nutritional, and Functional Evaluation of Chia Seed-Fortified Muffins. *Molecules*, 27(18), 1-12.
- 63. Razafindratovo, V. L. A., & Ranivoarimalala, M. R. (2022).** Nutritional and physicochemical characterization of two products (jams and syrup) made from Antananarivo raketa fruits (*Opuntia ficus-indica*). *African Journal of Food Science*, 16(5), 116-124.
- 64. République Algérienne Démocratique et Populaire. (2021).** Arrêté interministériel du 10 Jomada Ethania 1442 correspondant au 24 janvier 2021 fixant les conditions de fabrication et de commercialisation des confitures, gelées, marmelades et produits similaires. *Journal officiel de la République Algérienne*, (06).
- 65. Rodrigues, L. M., Souza, D. F., Silva, E. A., Oliveira, T. O., & Lima, J. P. (2017).** Optimization for sensory and nutritional quality of a mixed berry fruit juice elaborated with coconut water.

**S**

- 66. Sabrina Benallouache, Nabila Aberkane (2021).** Analyse Physico Chimiques, Microbiologiques et Sensorielles d'une Boisson Végétale à Base d'Amande Enrichie au Sirop de Dattes.

- 67. Safdar, M.N., Amjad, M., Mumtaz, A., Tabassum, H., Siddiqui, N. & Khalil, S. (2012).** Storage studies of Jam Prepared Different Mango Varieties. *Pakistan Journal of Nutrition*. 11 (7): 653-659.
- 68. Saleem, M. F., Ahmed, S. A., Galali, Y., Sebo, N. H., & Yildirim, A. (2022).** Physicochemical and Sensory Properties of Pumpkin and Strawberry Jams Fortified with Chia Seed (*Salvia hispanica* L). *Journal of Food Science and Technology*, 59(4), 1234-1242.
- 69. Sangiovanni, E., Fumagalli, M., & Dell'Agli, M. (2017).** Berries. In *Handbook of Berry Fruit: Production, Postharvest and Quality* (pp. 1-18). Academic Press.
- 70. Sangiovanni, E., Fumagalli, M., & Dell'Agli, M. (2017).** Berries. In *Gastrointestinal Tissue* (pp. 243-258). DOI: 10.1016/B978-0-12-805377-5.00018-7.
- 71. Saran da Silva, C., de Arruda Monteiro, C. R., da Silva, G. H. F., Sarni, R. O. S., Souza, F. I. S., Feder, D., Messias, M. C. F., ... & Fonseca, F. L. A. (2020).** Assessing the Metabolic Impact of Ground Chia Seed in Overweight and Obese Prepubescent Children: Results of a Double-Blind Randomized Clinical Trial. *Journal of Medicinal Food*.
- 72. Shakir, I., Durrani, Y., Hussain, I., Qazi, I. M. & Zeb, A. (2007).** Physicochemical analysis of apple and pear mixed fruit jam prepared from varieties grown in azad Jammu and Kashmir. *Pakistan Journal of Nutrition*. 7(1): 177-180.

*T*

- 73. Taha M. Rababah, M. Al-u'datt, M. Alhamad, M. Al-Mahasneh, K. Ereifej, J. Andrade, B. Altarifi, A. Almajwal, & W. Yang. (2015).** Effects of drying process on total phenolics, antioxidant activity and flavonoid contents of common Mediterranean herbs. *Int J Agric & Biol Eng*, 8(2), 145.
- 74. Timilsena, Y. P., Adhikari, R., Barrow, C. J., & Adhikari, B. (2016).** Microencapsulation of chia seed oil using chia seed protein isolate-chia seed gum complex coacervates. *International Journal of Biological Macromolecules*, 91, 347-357.
- 75. Timilsena, Y. P., Wang, B., Adhikari, R., & Adhikari, B. (2016).** Preparation and characterization of chia seed protein isolate-chia seed gum complex coacervates. *Food Hydrocolloids*, 52, 554-563.

## *Références bibliographiques*

---

- 76. Touati, N., Tarazona-Díaz, M. P., Aguayo, E. & Louaileche, H. (2014).**Effect of storage time and temperature on the physicochemical and sensory characteristics of commercial apricot jam. *Food Chemistry*. : 23–27.
- 77. Tournas, V., Stack, M. E., Mislivec, P. B., Koch, H. A., & Bandler, R. (2001).** BAM Chapter 18: Yeasts, Molds and Mycotoxins. In *Bacteriological Analytical Manual*. U.S. Food and Drug Administration.
- 78. Tyl, C. E., & Sadler, G. D. (2017).** pH and Titrable Acidity. In *Food Analysis* (pp. 219-232). Springer.

## V

- 79. Valdivia-López, M. Á., & Tecante, A. (2015).** Chia (*Salvia hispanica*): A Review of Native Mexican Seed and its Nutritional and Functional Properties. *Advances in Food and Nutrition Research*, 75, 1-18.
- 80. Verma, R., Gangrade, T., Punasiya, R., & Ghulaxe, C. (2014).** Rubus fruticosus (blackberry) use as an herbal medicine. *Pharmacognosy Reviews*, 8(16), 101-104. doi: 10.4103/0973-7847.134239
- 81. Vukoja, J., Pichler, A., & Kopjar, M. (2019).** Stability of Anthocyanins, Phenolics and Color of Tart Cherry Jams. *Foods*, 8(7), 255.

# *Annexes*

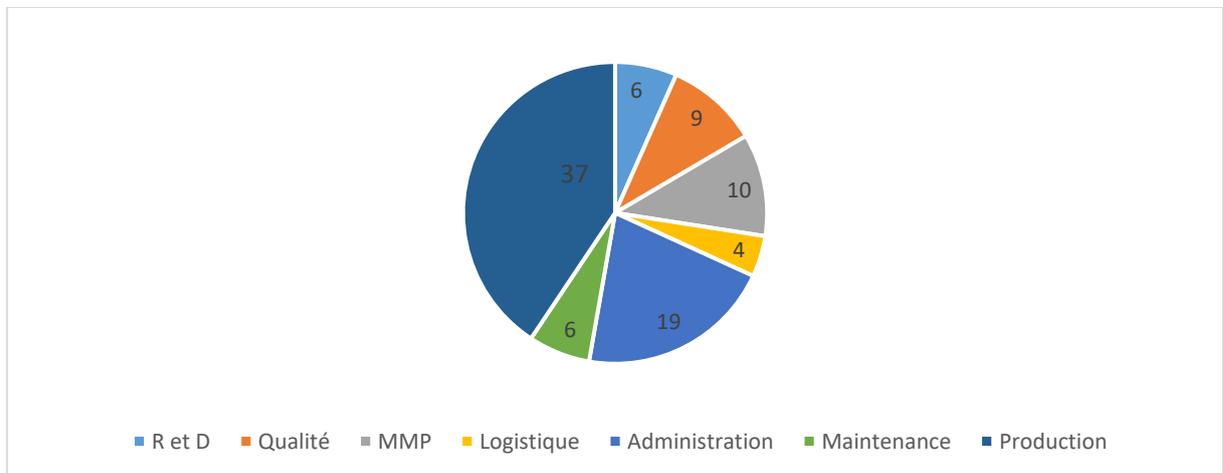
## **Annexe I. Présentation de l'organisme d'accueil**

### **1.1. Historique**

- En 2006 : la société a été créée par Monsieur BATOUCHE Boussaad.
- En 2007 : Partenariat avec Frulact Portugal.
- En 2013 : les parts portugaises ont été rachetées par Monsieur BATOUCHE Boussaad puis, création d'ELAFRUIT.
- En Juillet 2018 : Partenariat avec AGRANA Fruit dont la prise de participation a été de 49% par AGRANA Fruit dans ELAFRUIT, (signée le 2 juillet 2018).
- ELAFRUIT est rebaptisée AGRANA Fruit Algeria dont 51% des parts sont réparties entre Mr BATOUCHE et 2 autres investisseurs algériens.
- En 2021 : la société est devenue 100% AGRANA Fruit.

### **1.2. Répartition du personnel**

La société AGRANA est composée de 101 salariés répartis dans différents services : recherche et développement, qualité, MMP, logistique, administration, maintenance et production comme c'est montré dans l'illustration ci-dessous



### **1.3. Situation géographique**

AGRANA fruit est une SPA située à la zone industrielle Taharacht 06001 Akbou, la wilaya de Bejaia, d'une superficie de 3065m<sup>2</sup>. Sa distance au port de Bejaïa est de 50 km. Elle se situe à 60 Km de Bejaia, et à 170 Km à l'ouest de la capitale Alger. Elle est entourée des trois complexes : Dannone, Soummam et Candia.



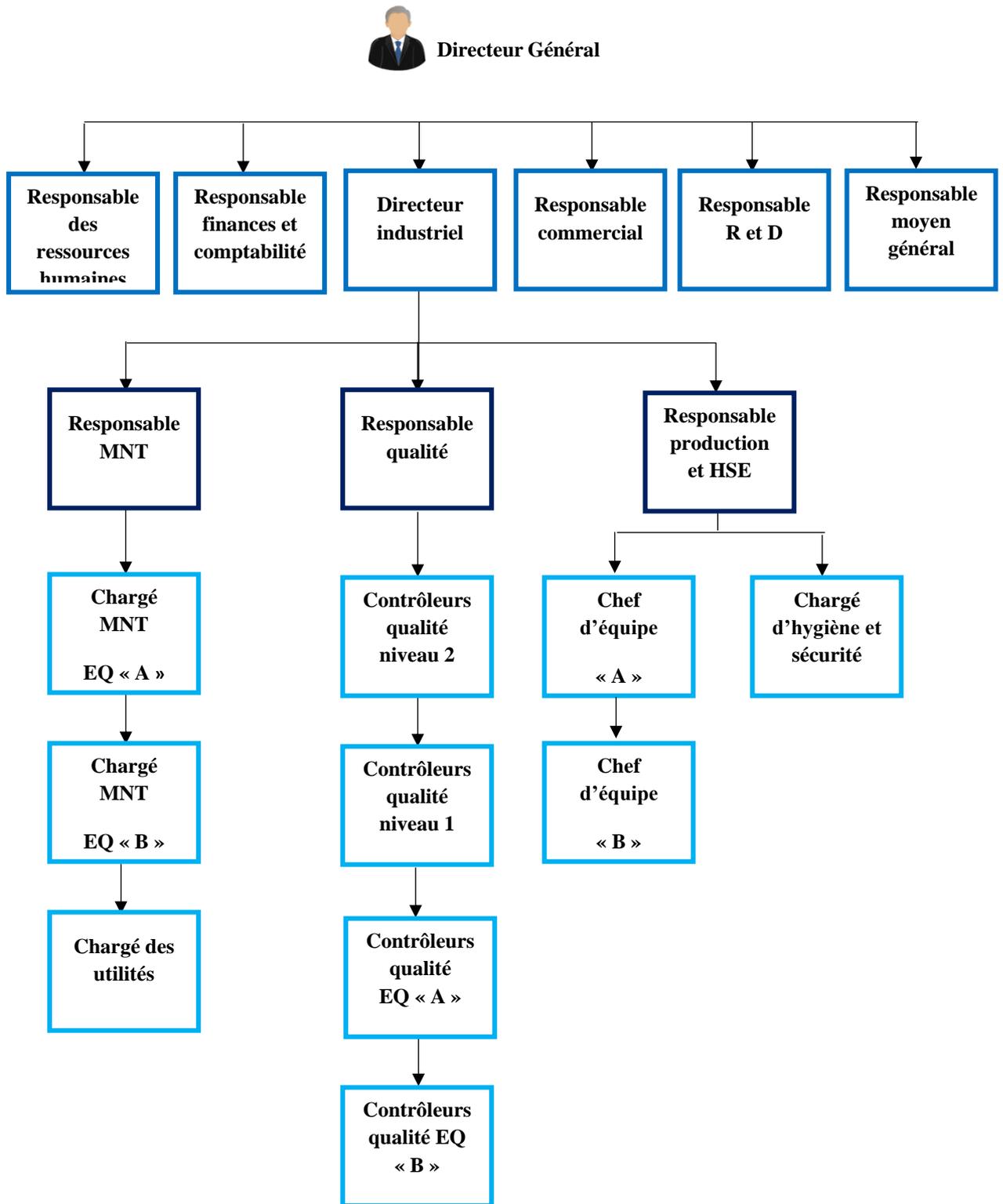
#### **1.4. Produits d'AGRANA Fruit**

AGRANA fruit est spécialisée dans la préparation et l'élaboration des solutions fruitées qui sont généralement des produits semi finis sous formes de concentré de jus de fruits, préparation aux fruits morceaux ou purées, compotes et sirops etc. destinés aux industries agroalimentaires :

- Laitières comme Dannone, Soummam, hodna pour les incorporer dans leurs préparations (yaourt brassé, bicouches, yaourt à boire...),
- Industries des crèmes glacées et pâtisseries (les barquettes de PATPRO, les fourrages et les sirops de vanille, grenades, fraises etc.)
- Industries des boissons à base de jus par exemple le concentré de jus de citron pour les "cherbet".

Cette société réalise également des préparations de fruits avec des graines comme les graines de quinoa, chia, lin...des céréales, des noix qui sont généralement exportées en Egypte, Lybie, Tunisie et Mauritanie.

1.5. Organigramme général de l'organisme



**Annexe II. Matériels et réactifs utilisés**

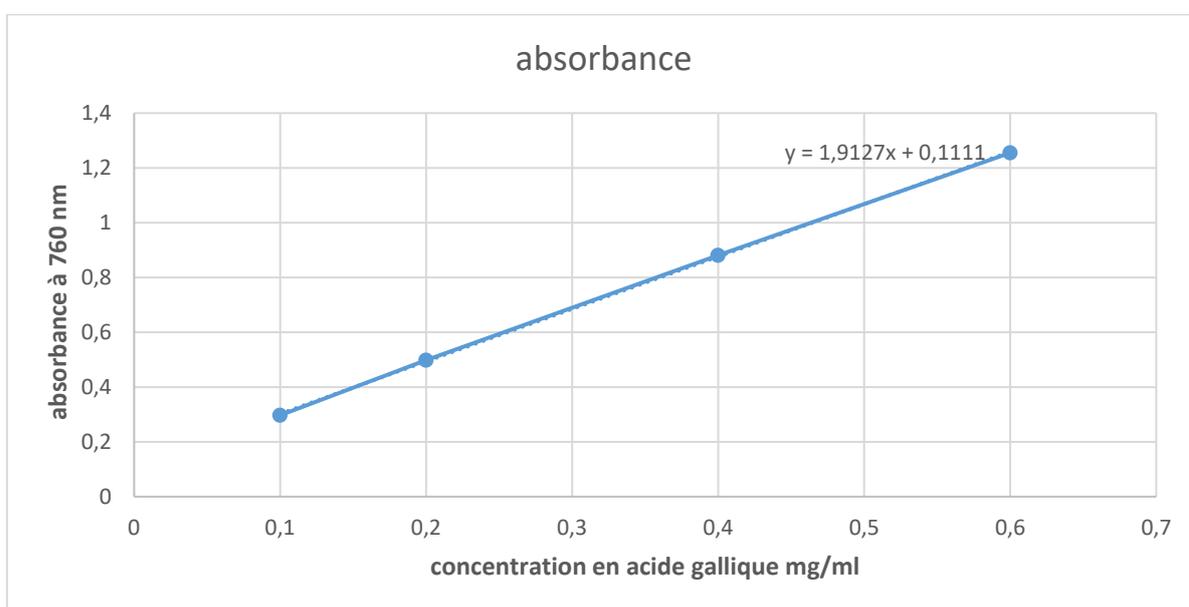
**2.1. Ensemble de matériel utilisé pour la formulation de la confiture**

- Un thermomix
- Une balance de précision
- Des coteaux
- Des culières
- Des pipettes
- Micropipettes
- Des tubes à essais
- Des béchers
- Des éprouvettes
- Papier filtre
- Des fioles
- Pots en verre stérilisés
- Pots en plastique stérilisés
- Une pissette
- Eau distillé
- Un papier absorbant
- Papier aluminium
- Un pH mètre
- Un réfractomètre
- Un viscosimètre
- Des étuves
- Une hotte
- Un réfrigérateur
- Une chambre négative
- Une plaque agitatrice
- Un spectrophotomètre

## 2.2. Ensemble des réactifs utilisés

- Carbonate de sodium
- DPPH
- Acide gallique
- Follin
- Eau distillé
- Méthanol

### Annexe III : Courbe d'étalonnage d'acide gallique



**Annexe IV : formulaire d'analyse sensorielle (Panel expert)**

**Questionnaire d'analyse sensorielle de la confiture (Panel expert)**

**Sexe :**     Féminin     Masculin    **Date :** .....

**Age :** .....

Dans l'optique de réaliser une caractérisation sensorielle de la confiture, deux échantillons numérotés 137 et 263 vous sont présentés. Il vous est demandé de les goûter successivement et d'évaluer les caractéristiques suivantes : la couleur, le goût, la sensation en bouche (goût sucré, arôme, acidité et texture en bouche) 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

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

**Odeur :**

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

**1 :** Très faiblement intense

**2 :** Faiblement intense

**3 :** Moyennement intense

**4 :** Fortement intense

**5 :** Très fortement intense

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

**Sensation en bouche :**

- **Goût 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

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

- **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

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

- **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

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

- **Texture en bouche :**

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

1 : Très granuleuse

2 : granuleuse

3 : Moyennement granuleuse

4 : lisse

5 : Très lisse

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

• **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

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

• **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 « **Merci pour votre coordination** »

**Annexe V : Formulaire d'analyse hédonique**

**Questionnaire de l'analyse hédonique de la confiture**

**Nom :** ..... **Prénom :** ..... **Age :** ..... **Date :**  
.....

**Sexe :** Féminin Masculin                                           

**Préférence générale :**

Dans l'optique de réaliser une caractérisation sensorielle de la confiture, deux échantillons numérotés 137 et 264 vous sont présentés. Il vous est demandé de les goûter successivement et de les classer par ordre de préférence, en attribuant une note de 1 à 9 pour chaque échantillon. Sachant que la note 1 correspond au moins préféré et 9 au plus préféré, selon l'échelle présente ci-dessous :

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

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.

<b>Echantillon</b>	137	264
<b>Note</b>		

**« Merci pour votre coordination »**

## *Résumé*

L'objectif de ce travail s'inscrit dans le cadre d'une substitution de la pectine industrielle par une alternative naturelle qui est l'incorporation des graines de chia(GC) dans la préparation d'une confiture originale et d'exploiter ainsi leur valeur nutritionnelle afin d'aboutir à la formulation d'un nouveau produit qui correspond aux attentes des consommateurs. Des essais de formulation de la confiture ont été expérimentés en utilisant le plan de mélanges et une formulation optimale de 13.86% fraises 25.2% mûres et 2.94% graines de chia a été générée. Les confitures élaborées ont été analysées pour leurs paramètres physico-chimiques (Brix, pH, viscosité, acidité, teneur en eau, taux de matière sèche) et les résultats ont été jugés conformes aux normes du CODEX et en accord avec d'autres travaux de recherche. Les résultats de l'analyse microbiologique montrent que les deux confitures (témoin et avec GC) respectent les normes et sont propres à la consommation. Des analyses phytochimiques (teneur en composés phénoliques totaux et activité antioxydante contre le radical DPPH) ont également été effectuées, démontrant que la confiture avec GC présente une teneur en antioxydants plus élevée. L'évaluation sensorielle de la confiture élaborée montre la satisfaction des dégustateurs avec un pourcentage de 100 %. A la lumière des résultats obtenus, nous concluons que les graines de chia peuvent être un substitut naturel de la pectine industrielle, conférant confère une texture unique aux confitures et contribuant ainsi à un produit enrichi, à valeur ajouté.

**Mots clé :** Graines de chia, substitution de la pectine, confiture de fraise, confiture de mûre, plan de mélange, propriétés physicochimiques, polyphénols totaux, activité antioxydante, évaluation sensorielle, produit enrichi.

## *Abstract*

The objective of this study is to replace industrial pectin with a natural alternative by incorporating chia seeds into the preparation of an original jam, thereby exploiting their significant nutritional value and formulating a new product that meets consumer expectations. Formulation trials of strawberry and blackberry jam were conducted using a mixture design. 13.86% strawberries, 25.2% blackberries, and 2.94% chia seeds (CS). The prepared jams were analyzed for their physicochemical parameters (Brix, pH, viscosity, acidity, water content, dry matter content), and the results were found to conform to CODEX standards and align with other research findings. Microbiological analysis results indicate that both jams (control and with CS) meet the standards and are safe for consumption. Phytochemical analyses (total phenolic content and antioxidant activity against the DPPH radical) were also performed, demonstrating that the jam with CS has a higher antioxidant content. Sensory evaluation of the formulated jam showed 100% satisfaction among the tasters. In light of the obtained results, we conclude that chia seeds can serve as a natural substitute for industrial pectin, conferring a unique texture to jams and contributing to an enriched, value-added product.

**Keywords:** Chia seeds, pectin substitution, strawberry jam, blackberry jam, mixture design, physicochemical properties, total polyphenols, antioxidant activity, sensory evaluation, enriched product.