

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/2021

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Agroalimentaire et contrôle de qualité

Présenté par :

Boudjemâa Lydia & Chergui Khaoula

Thème

Élaboration des burgers à base de soja par le plan de mélange.

Soutenu le: 14/07/2021

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
Mme MOUDACHE M.	MCB	Univ. de Bouira	Présidente
Mme FERHOUM F.	MCB	Univ. de Bouira	Promotrice
Mme AMMOUCHE Z.	MAB	Univ. de Bouira	Examinatrice

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciements

Nous remercions Dieu tout puissant, de nous avoir donné la force nécessaire et la patience qui nous a permis de mener à bien ce modeste travail.

*Nous avons l'honneur et le grand plaisir d'exprimer notre profonde gratitude à notre promotrice **Mme. FERHOUM F**, pour ses conseils, ses orientations qui nous ont accompagnés tout au long de notre travail.*

*Nous remercions les membres du jury, **Mme AMMOUCHE Z.** et **Mme MOUDACHE M.** d'avoir accepté d'évaluer notre travail.*

*Un très grand merci à l'ensemble du personnel de laboratoire MANE, en particulier **Mr. BENBETKA M.***

Nous tenons à remercier le personnel du laboratoire de répression des fraudes à S.E.G de nous avoir aidé, conseillé et accompagné tout le long de la réalisation du travail.

Nos sincères et vifs remerciements s'adressent également à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Table des matières

Introduction.....	1
Synthèse bibliographique	
Chapitre I : Technologie des viandes	
I. Technologie des viandes.....	3
I.1. Définition.....	3
I.2. Qualité de viande.....	3
I.2.1. Qualité nutritionnelle.....	3
I.2.1.1. Protéines.....	3
I.2.1.2. Collagène.....	3
I.2.1.3. Lipides.....	3
I.2.1.4. Minéraux.....	4
I.2.1.5. Vitamines.....	4
I.2.2. Qualité technologique.....	4
I.2.2.1. pH.....	4
I.2.2.2. Capacité de rétention d'eau.....	4
I.2.3. Qualité hygiénique.....	5
I.3. Importance de la viande dans l'alimentaion.....	5
I.4. Ingrédients et additifs.....	5
I.4.1. Eau.....	5
I.4.2. Sel.....	6
I.4.3. Sel nitrite ou/ et salpêtre.....	6
I.4.4. Sucre.....	6
I.4.5. Hydrocolloïdes (liants).....	6
I.4.6. Phosphates.....	7
I.4.7. Antioxydants.....	7
I.4.8. Emulsifiants.....	7
I.4.9. Colorants.....	7
I.4.10. Exhausteurs de goût.....	8
I.4.11. Correcteurs d'acidité et les additifs.....	8
I.5. Bienfaits de la consommation de la viande.....	8
I.6. Consommation des viandes et des produits carnés en Algérie.....	8

Chapitre II : Protéines végétales

II.1. Soja.....	10
II.1.1. Description.....	10
II.1.2. Composition.....	10
II.1.2.1. Propriétés nutritionnelles.....	11
II.1.2.1.1. Acides gras.....	11
II.1.2.1.2. Fibres.....	11
II.1.2.1.3. Protéines.....	12
II.1.2.1.4. Lipides.....	12
II.1.2.1.5. Calcium.....	12
II.1.2.1.6. Fer.....	12
II.1.2.1.7. Autres éléments nutritifs.....	13
II.1.3. Utilisation de soja.....	13
II.1.4. Virtus thérapeutiques du soja.....	13
II.2. Protéines végétales.....	14
II.2.1. Description.....	14
II.2.2. Valeurs alimentaires.....	15
II.2.3. Propriétés fonctionnelles.....	15
II.2.4. Utilisation des protéines végétales dans les produits alimentaires.....	17
a) Produits à base viande.....	17
b) Produits de charcuterie.....	18
II.2.5. Différence entre protéines animales et protéines végétales.....	18

Chapitre III : Aperçu général sur les ingrédients utilisés dans l'enrichissement des mixtes

III.1. Graines de fenouil.....	20
III.1.1. Description.....	20
III.1.2. Valeurs nutritionnelles.....	20
III.1.3. Utilisation.....	20
III.1.4. Vertus thérapeutiques.....	21
III.2. Paprika doux.....	21
III.2.1. Description.....	21
III.2.2. Valeurs nutritionnelles.....	21
III.2.3. Utilisation.....	22

III.2.4. Vertus thérapeutiques.....	22
III.3. Oignons rouges.....	23
III.3.1. Description.....	23
III.3.2. Caractéristiques organoleptiques.....	23
III.3.3. Caractéristiques de composition.....	23
III.3.4. Valeurs nutritionnelles.....	23
III.3.5. Utilisation.....	24
III.3.6. Vertus thérapeutiques.....	24

Chapitre IV : Matériel et méthodes

IV.1. Objectif de l'étude.....	25
IV.2. Lieu de la réalisation de stage.....	25
IV.3. Matériel.....	25
IV.3.1. Matériel biologique.....	25
IV.3.1.1. Mélange technologique (poudre de soja aromatisée).....	25
IV.3.1.2. Soja (protéines texturées).....	26
IV.3.1.3. Viande bovine.....	27
IV.3.1.4. Oignons.....	27
IV.3.1.5. Épices.....	27
a) Paprika doux.....	27
b) Graines de fenouil.....	27
IV.4. Plan de mélange.....	27
IV.4.1. Optimisation de la recette par l'utilisation de plan de mélange.....	27
IV.4.2. Préparation des recettes expérimentales.....	27
IV.4.3. Choix des facteurs et des réponses.....	28
IV.4.4. Modèle mathématique du plan de mélange.....	29
IV.5. Préparation des matières premières.....	29
IV.5.1. Étapes de préparations des différentes mixtures de burger.....	29
IV.5.2. Mélange technologique.....	30
IV.5.3. Viande rouge.....	30
IV.6. Préparation des burgers.....	30
IV.6.1. Hachage.....	31
IV.6.2. Malaxage.....	31
IV.6.3. Second hachage.....	31

IV.6.4. Fromage.....	32
IV.7. Analyse sensorielle.....	32
IV.8. Analyse statistique.....	34
IV.9. Caractérisation du produit fini.....	35
IV.9.1. Caractérisation physicochimique.....	35
IV.9.1.1 Dosage de la matière grasse.....	35
IV.9.1.2. Mesure du pH.....	36
IV.9.1.3. Teneur en humidité.....	36
IV.10. Caractérisation microbiologique.....	37
IV.10.1. Préparation de la solution mère et des dilutions décimales.....	37

Chapitre V : Résultats et discussion

V.1. Analyse sensorielle.....	40
V.1.1. Analyse de couleur.....	40
V.1.2. Analyse de jutosité.....	42
V.1.3. Analyse de tendreté.....	42
V.1.4. Analyse de l'odeur.....	43
V.1.4.1. Odeur des oignons.....	44
V.1.4.2. Odeur de paprika.....	45
V.1.4.3. Odeur des graines de fenouil.....	45
V.1.4.4. Odeur de viande/ Odeur non identifiée.....	46
V.1.5. Analyse de l'arrière-goût.....	47
V.1.6. Analyse de l'aspect.....	47
V.1.7. Analyse de la persistance d'arômes.....	48
V.1.8. Analyse de la textures.....	49
V.1.8.1. Texture collante.....	49
V.1.8.2. Texture homogène.....	50
V.1.8.3. Texture sèche.....	51
V.1.9. Analyse de goût.....	51
V.1.9.1. Goût des graines de fenouil.....	51
V.1.9.2. Goût d'oignons.....	52
V.1.9.3. Goût de paprika.....	53
V.1.9.4. Goût des épices.....	53
V.1.9.5. Goût sucré.....	54

V.1.9.6. Goût salé.....	55
V.1.9.7. Goût soja.....	55
V.1.9.8. Goût piquant.....	56
V.2. Résultats du plan de mélange.....	57
V.2.1. Estimation statistique du modèle mathématique.....	57
a) Analyse du mélange pour la réponse couleur avant cuisson.....	57
b) Analyse du mélange pour la réponse couleur après cuisson.....	58
c) Analyse du mélange pour la réponse goût.....	59
V.3. Résultats de la caractérisation physicochimique.....	60
V.3.1. Dosage de la matière grasse.....	60
V.3.2. Mesure du pH.....	61
V.3.3. Teneur en humidité.....	61
V.4. Résultats de la caractérisation microbiologique.....	62
Conclusion.....	63

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

ANC : Autorité des Normes Comptables.

BNDA : Banque Nationale de Développement Agricole.

CUSI : Code des Usages du Syndicat de l'Industrie.

EPT : Eau Peptonée Tamponnée.

FESA : Autorité Européenne de Sécurité des Aliments.

GEPV : Groupe d'Études et de Promotion des Protéines Végétales.

GF : Graines de fenouil.

IAA : Industrie Agro-alimentaire.

ISO : Organisation Internationale de Normalisation.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

µg : Microgramme.

MG : Matière Grasse.

MKTTn : bouillon Mueller-Kaufmann au Tétrathionate-novobiocine.

MS : Matière Sèche.

MT : Mélange Technologique.

MPV : Matière Protéique Végétales.

O : Oignon.

ONS : Office National des Statistiques.

P : Paprika.

RVS : Rappaport-Vassiliadis avec Soja.

SNMG : Salaire National Minimum Garanti.

XLD : Gélose Xylose Lysine Désoxycholate.

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
Figure 01	Plante de soja et ses composantes.	10
Figure 02	Mélange technologique (poudre de soja aromatisée).	26
Figure 03	Protéines texturées.	26
Figure 04	Réhydratation du mélange technologique.	30
Figure 05	Découpe de la viande rouge.	30
Figure 06	Hachage de la viande rouge.	31
Figure 07	Mélange des matières premières.	31
Figure 08	Le second hachage.	32
Figure 09	Façonnage des burgers.	32
Figure 10	Burgers de 70g.	32
Figure 11	Échantillons de dégustation.	34
Figure 12	Schéma représentatif de la recherche et le dénombrement des salmonelles.	39
Figure 13	Influence des facteurs sur la couleur.	41
Figure 14	Effet des facteurs sur la jutosité.	42
Figure 15	Effet des facteurs sur la tendreté.	43
Figure 16	Effet de l'odeur des oignons sur les recettes préparées.	44

Figure 17	Effet de l'odeur de paprika sur les recettes préparées.	45
Figure 18	Effet de l'odeur des graines de fenouil sur les recettes préparées.	46
Figure 19	Effet de l'odeur de viande et l'odeur non identifiée sur les recettes préparées.	47
Figure 20	Effet des facteurs sur l'arrière-gout.	47
Figure 21	Influence des facteurs sur l'aspect.	48
Figure 22	Effet des facteurs sur la persistance d'arômes.	49
Figure 23	Effet des facteurs sur la texture collante.	50
Figure 24	Effet des facteurs sur la texture homogène.	50
Figure 25	Influence des facteurs sur la texture sèche.	51
Figure 26	Effet du goût des graines de fenouil sur les recettes préparées	52
Figure 27	Effet de goût des oignons sur les recettes préparées.	52
Figure 28	Effet de goût de paprika sur les recettes préparées.	53
Figure 29	Effet de goût des épices sur les recettes préparées.	54
Figure 30	Effet du goût sucré sur les recettes préparées.	54
Figure 31	Effet du goût salé sur les recettes préparées.	55
Figure 32	Effet de goût de soja sur les recettes préparées.	56
Figure 33	Effet du goût piquant sur les recettes préparées.	56

Figure 34	Graphes de la surface de la réponse couleur avant cuisson.	58
Figure 35	Graphes de la surface de la réponse couleur après cuisson.	59

Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
Tableau 01	Composition nutritionnelle de la graine de soja (en % du poids total de la graine).	11
Tableau 02	Teneur en protéines de graines de céréales et de légumineuses.	15
Tableau 03	Propriétés conférées par les protéines de graines aux systèmes alimentaires.	16
Tableau 04	Valeurs nutritionnelles des graines de fenouil (teneur pour 100g).	20
Tableau 05	Valeurs nutritionnelles et caloriques pour 100g de paprika.	22
Tableau 06	Valeurs nutritionnelles et caloriques d'oignons rouges cru pour 100g d'oignon.	23
Tableau 07	Proportions des différents ingrédients dans les mixtes.	28
Tableau 08	Quantités des ingrédients utilisés.	29
Tableau 09	Réponses de la matrice du plan de mélange.	57
Tableau 10	Valeurs de l'optimisation de la réponse (couleur avant cuisson) de chaque facteur.	58
Tableau 11	Valeurs de l'optimisation de la réponse (couleur après cuisson) de chaque facteur.	59
Tableau 12	Résultats de dosage de la matière grasse.	60
Tableau 13	Résultats de pH des produits élaborés.	61
Tableau 14	Résultats de la teneur en humidité des produits élaborés.	61
Tableau 15	Résultats de degré de contamination par les salmonelles.	62

Introduction

Introduction

Un nombre toujours croissant d'êtres humains bénéficie des forces de mondialisation et de l'avancement technologique. En conséquence, chaque année, soixante-dix millions de personnes viennent accroître « la classe moyenne » qui pourrait, en 2030 atteindre 2 milliards d'individus (**Goldman, 2019**).

Cette classe moyenne mondiale toujours croissante est à l'origine de la plupart des préoccupations environnementales majeurs auxquelles nous faisons face aujourd'hui, et cause des tensions économiques sans précédents sur notre approvisionnement en nourriture, et plus spécifiquement sur la demande mondiale en protéines. Une plus grande proportion de la population mondiale exige de vivre dans les mêmes conditions que les nations développées et cela a un impact significatif sur nos systèmes alimentaires (**Goldman, 2019**).

Comparée aux protéines animales, la protéine de soja est une ressource beaucoup plus rentable et écologiquement durable, économiquement efficace et nutritionnellement complète, du fait de ses avantages inhérents en termes d'utilisation des ressources. Ses principaux ingrédients, les semences, l'eau et la lumière solaire, donnent au soja un avantage fondamental et systémique sur d'autres types de protéines, et lui permettront, de façon presque certaine, de rester la solution la plus rentable à court et long terme (**Goldman, 2019**).

Beaucoup d'industries de l'alimentation ont axé leur stratégie sur l'innovation, et développent continuellement de nouveaux produits afin de s'adapter à la demande. Cela exige une bonne connaissance des propriétés physico-chimiques des aliments de base et des procédés de fabrication. Il faut également être capable d'évaluer les goûts des consommateurs afin de pouvoir leur proposer des produits et même de les séduire. (**Pierlot, 2010**).

Quelques exemples d'innovations dans l'industrie alimentaire: le « simili-poulet », à base de protéines végétales et meilleur que le vrai poulet ; les glaces végétales; les jus de fruits pressés à froid qui conservent au mieux les nutriments essentiels; les spaghettis d'algue, etc... (**Pierlot, 2010**).

L'objectif principal de cette étude, consiste en effet à élaborer un produit carné de type « burger » à 51% de viande et 49% d'un mélange technologique qui

contient des protéines de soja, et évaluer certains critères de la qualité de burger fabriqué par l'utilisation de la méthode des plans d'expériences « plan de mélange ».

La démarche suivie lors de ce travail se base sur la préparation de dix recettes différentes par la matrice du plan de mélange. Un test de dégustation est réalisé pour tous les produits, tandis que les tests physico-chimique et microbiologique sont réalisés que pour le produit préféré par les dégustateurs et le témoin qui est préparé selon l'appréciation des consommateurs au centre algérien.

Pour cela ce travail s'articule autour de deux parties :

- ✓ La première partie est relative à une synthèse bibliographique subdivisée en trois chapitres :

Chapitre I : couvre de façon assez large les connaissances relatives à la viande et ces caractéristiques, les produits de charcuterie et les mélanges technologiques utilisés dans ce travail.

Chapitre II : repose sur les protéines végétales et le soja.

Chapitre III : présente un aperçu général sur les ingrédients utilisés pour l'enrichissement des mixtes.

- ✓ La deuxième partie représente l'étude expérimentale subdivisée en deux chapitres :

Chapitre IV : traite le matériel biologique utilisé dans ce travail, une description des étapes de l'élaboration du produit fini ainsi que les analyses physico chimiques, microbiologiques et le test de dégustation,

Chapitre V : réservé à la présentation des différents résultats ainsi que leurs discussions.

Synthèse

bibliographique

Chapitre I

Technologie des viandes

I. Technologie des viandes

I.1. Définition

Selon le **codex Alimentarius (2005)**, la viande est toutes parties d'un animal destinées à la consommation humaine ou ont été jugées saines et propres à cette fin.

I.2. Qualités de viande

En général, le terme qualité d'un aliment regroupe : la qualité organoleptique ou sensorielle, la qualité nutritionnelle ou diététique, la qualité technologique, la qualité hygiénique ou sécurité sanitaire c'est-à-dire la maîtrise des dangers chimiques, biologiques et physiques associés à l'aliment (**Coibion, 2008**).

I.2.1. Qualité nutritionnelle

La première fonction d'un aliment est de couvrir les besoins physiologiques d'un individu. Cette caractéristique est prouvée scientifiquement et s'appuie sur des données relatives à sa composition (protéines, glucides, lipides, oligo-éléments,...) (**Tourailles, et al, 1990**).

I.2.1.1. Protéines

Les produits animaux, plus particulièrement les viandes, sont considérés comme une source importante de protéines. La viande rouge crue contient en moyenne 20-24 g de protéines par portion de 100 g ; une fois cuite, sa teneur est de 27-35 g. (**Williamson et al, 2005**).

I.2.1.2. Collagène

Le collagène est une protéine extracellulaire fibreuse contenu dans le tissu conjonctif qui enveloppe les fibres musculaires. Il existe différents types de collagènes : le type IV et des traces des types I et III sont présents dans l'endomysium alors que les types I et III sont contenus dans le perimysium et contribuent, en synergie avec les fibres musculaires qui servent à la dureté de la viande (**Dransfield, 1994**).

I.2.1.3. Lipides

On distingue généralement deux types de gras : le gras sous-cutané visible et le gras inter- et intramusculaire (correspondant au persillé de la viande) plus ou moins visible. La teneur en lipides est le paramètre le plus variable de la composition des viandes. La graisse

contenue dans la viande rouge varie généralement selon l'espèce, la race, le régime alimentaire et le muscle (**Cliquart et al, 2000**).

I.2.1.4. Minéraux

La viande est une excellente source de minéraux notamment en fer et en zinc. Elle est pauvre en manganèse, chrome et sélénium (teneurs inférieures à 1ppm). La teneur en fer de la viande de bœuf n'est pas négligeable : à titre d'exemple, 100 g de viande de vaches de réforme des races Charolaise et Holstein apportent entre 2,2 et 3,8 mg de fer. (**Bauchard et al, 2008**).

I.2.1.5. Vitamines

La viande est une excellente source de vitamines en particulier les vitamines B6 (pyridoxine), B3 (niacine) et B12. Par portion de 100 g, elle apporte 3,7 à 5,8 mg de vitamine B3, 0,15 à 0,51 mg de B6 et 1,2 à 7,2 µg de B12, selon le morceau considéré (**Rock, 2002 ; Bauchart et al, 2008**). Cent grammes de viande crue couvrent environ 20 % des besoins journaliers en vitamines B3 et B6, et la totalité des besoins en vitamines B12 (**Cartier et Moëvi, 2007**).

I.2.2. Qualité technologique

I.2.2.1. pH

Le pH est un paramètre chimique qui influence la capacité de conservation et de transformation de la viande (**Cartier et Moëvi, 2007**). En effet, après l'abattage, le pH du muscle passe d'une valeur proche de 7,0 à environ 5,5-5,7 en 48 h chez les bovins (**Cartier et Moëvi, 2007**).

La diminution du pH est liée à l'accumulation d'acide lactique issu de la dégradation du glycogène contenu dans le muscle. Le pH se stabilise lorsque les réserves en glycogène sont épuisées : on parle alors de pH ultime (**Cliquart et al, 2000**). Le pH influence les qualités organoleptiques, notamment la couleur (**Monin, 1991**).

I.2.2.2. Capacité de rétention d'eau

Une viande ayant une bonne capacité de rétention d'eau permet de limiter les pertes de poids au cours de sa conservation et de sa transformation en produits cuits (**Cliquart et al, 2000**). Cette aptitude dépend de la manipulation et de l'état de la viande. L'eau est retenue dans la viande principalement par les protéines myofibrillaires par capillarité. Les

modifications de la capacité de rétention d'eau s'expliquent souvent par des modifications des protéines myofibrillaires.

I.2.3. Qualité hygiénique

L'aliment doit garantir une totale innocuité et de ce fait préserver la santé du consommateur. De ce fait, il ne doit contenir aucun résidu toxique, aucun parasite, ni être le siège d'un développement bactérien susceptible de produire des éléments nocifs.

Cette caractéristique doit satisfaire aux normes sanitaires et règlements en vigueur. Ainsi, ne peuvent être mis sur le marché que des aliments ne présentant aucun risque pour la santé (**Touraille, 1990**).

I.3. Importance de la viande dans l'alimentation

La viande nous apporte quelques nutriments essentiels tels que protéines, les sels minéraux (fer) et les vitamines du groupe B. La qualité des protéines apportées par la viande est si élevée qu'une quantité minime permet facilement de couvrir les besoins en protéines de l'homme.

Les protéines exercent dans le corps humain de nombreuses fonctions spécifiques. Leur rôle essentiel réside dans la synthèse et le renouvellement des protéines constitutives de l'organisme (**Jacotot et al, 1983**).

I.4. Ingrédients et additifs

I.4.1. Eau

Dans l'industrie des viandes, l'eau utilisée doit présenter les qualités nécessaires pour ne pas nuire à la qualité des produits :

- Elle doit être incolore, limpide, sans odeur ni saveur désagréable.
- Elle doit être dépourvue de microbes pathogènes, virus, parasites dangereux pour l'homme.
- Elle doit être dépourvue de substances toxiques (fluor, amiante, pesticides,...), de substances indicatrices de pollution (nitrites, ammoniacque, nitrates, ...), de substances susceptibles de nuire à la qualité du matériel (risque de corrosion ou d'entartrage).

L'eau doit être potable, sa valeur eau se situe entre 7 à 8.5, les teneurs en chlorure sont inférieures à 250 mg/litre et celles de nitrates sont inférieures à 50mg /litre et sa densité doit être de 1 (**Daoudi, 2006**).

I.4.2. Sel

Le sel de cuisine (NaCl) est l'ingrédient le plus important pour les produits carnés, il possède des propriétés technologiques importantes :

- L'influence sur le goût de viande ;
- Agent de conservation ;
- Action sur le pouvoir de rétention d'eau.

Dans les charcuteries, on utilise la plupart du temps le sel de cuisine à des concentrations de 1,5 – 2% alors que dans les produits des salaisons crues et les charcuteries crues, la dose atteint 2 – 2,5% voire 2,5 – 3%.

I.4.3. Sel nitrite ou / et salpêtre

Le sel nitrite ou/ et salpêtre sont des additifs dit de salaison dont le rôle bactériostatique est fondamental, avant tout autre, dans un produit tel que les saucissons secs.

Les doses d'utilisation courantes sont de 0,2 à 0,4g/Kg de mûlée pour le salpêtre et au maximum, de 25g/Kg pour le sel nitrite (contenant 0,6 % deNaNO₂), auquel on adjoint, souvent, une faible dose de salpêtre (**Paule, 2006**).

I.4.4. Sucre

Les sucres les plus utilisés en charcuterie salaison sont : le saccharose, le glucose ou dextrose, le sirop de glucose, le lactose et les amidons.

I.4.5. Hydrocolloïdes (liants)

L'utilisation des hydrocolloïdes permet d'obtenir un pouvoir de rétention d'eau et un pouvoir gonflant plus élevé. Ils sont très variés parmi lesquels on trouve :

a. Liants protéiques

b. Liants et dérivés.

c. Protéine végétale

d. Protéine de soja: on distingue

- Les farines préparées par broyage des graines délipidées riches en fibres et qui ont des teneurs en protéine moyennes (40 à 50 %);
- Les concentrés de protéines de soja préparés à partir des farines par extraction sélective des composés non protéique, leur teneur en protéines est au moins égale à 65%;
- Les isolats dont la teneur en protéine est 90 %;
- Liants polysaccharidiques.

e. Amidon: les farines issues des grains contiennent, à côté de l'amidon 8 à 14% de gluten selon leur type. Ce sont essentiellement les farines de blé, maïs et riz qui sont utilisées (**Paule, 2006**).

I.4.6. Phosphates

Les phosphates font partie des catégories des stabilisants ou d'émulsifiants. La quantité maximale résiduelle des phosphates est de :

-05 g/Kg dans les produits de viande ;

-04 g/Kg dans les enrobages, les mélanges gélifiants, les produits et les préparations de viande.

Les polyphosphates aident à préserver la couleur de la viande et ils exercent une action indirecte sur la croissance et le suivi des microorganismes etc. (**Paule, 2006**).

I.4.7. Antioxydants

Les antioxydants sont capables de fixer l'oxygène de l'air et empêchent l'oxydation des viandes. Les plus utilisés sont l'acide ascorbique (E300), l'ascorbate de sodium (E301).

I.4.8. Émulsifiants/ gélifiants

Les émulsifiants sont actifs au niveau de l'interface et capables de former des systèmes de dispersion fins bien que les phases ne se mélangent pas véritablement. Lors de la formation de la farce, cela engendre d'une part une diminution de perte d'eau ainsi qu'une diminution de graisse et de gelée et on obtient d'autre part une meilleure liaison de l'eau et de la graisse. Les principaux gélifiants et épaississants utilisés en charcuterie sont les alginates et dérivées (E400 à E404), les carraghénanes(E407), la farine de caroube(E410), la farine de guar (E412), la gomme xanthane(E415) et la gomme gellane(E418) (**Durand, 2009**).

I.4.9. Colorants

Pour renforcer la coloration du maigre, les colorants utilisés sont rouges et solubles dans l'eau. La liste de ceux qui sont autorisés est limitée (**Durand, 2009**).

Les colorants autorisés dans les charcuteries et les plus fréquemment utilisés sont :

- ✓ Rouge d'allura, (E129)
- ✓ Rouge d'azorubine, (E122)
- ✓ Rouge d'amarante, (E123)
- ✓ Rouge de betterave, (E162).

I.4.10. Exhausteurs de goût

Les exhausteurs de goût plus utilisés sont l'acide glutamique et ses sels. L'utilisation de glutamate est intéressante pour diminuer les teneurs en sel. Ils permettent de réduire les quantités de sel et d'épices ajoutées sur le plan organoleptique. C'est le glutamate de sodium (E621) qui est utilisé la plupart du temps. Les acides guanyliques et inosiniques et leurs sels sont peu ou pas utilisés dans la fabrication des produits à base de viande (**Durand, 2009**).

I.4.11. Correcteurs d'acidité et les acidifiants

Tous les acides organiques, acétates et lactates sont autorisés dans la plupart des produits de charcuterie. En plus de leur action sur le goût, les acidifiants ont un rôle conservateur par la baisse du pH qui est défavorable à de nombreuses catégories de germes. On utilise principalement des sels de sodium et de potassium, des acides citriques (E331, E332), des acides lactiques (E325, E326), des acides tartriques (E335-E337) et des acides acétiques (E261, E262) (**Durand, 2009**).

I.5. Bienfaits de la consommation de la viande

L'homme est un omnivore et la viande participe à son équilibre biologique. En effet, la viande bovine contient de 26 à 31 % de protéines alors que sa teneur moyenne en lipides est faible : seulement 6 % avec quelques morceaux maigres (2-4 %) et d'autres plus gras (7-9 %) (**Bauchard et al, 2008**). La viande bovine apporte aussi des acides aminés indispensables, des vitamines dont la vitamine B12, des oligoéléments tels que le zinc, le cuivre et surtout le fer hémique. Ainsi, la viande, par sa richesse en protéines et en minéraux, a toute sa place dans l'équilibre alimentaire. Les besoins sont différents selon les âges mais aussi les situations physiologiques et il semble très difficile de couvrir les besoins en particulier, ceux en fer, si l'on exclut durablement la viande de son alimentation. Le Programme National Nutrition Santé a ainsi émis des recommandations de consommation allant dans ce sens, les personnes les plus à risques étant les femmes dès l'apparition des menstruations, certains sportifs ou encore les personnes âgées (**Bauchard et al, 2008**).

I.6. Consommation des viandes et des produits carnés en Algérie

En Algérie, le régime alimentaire comporte : la volaille, des œufs et des viandes ovine et bovine. Les viandes caprines et camelines sont nettement moins consommées (**Mebtoul, 2007**). Les types de viandes rouges consommées par les Algériens sont principalement la viande ovine (55%) et bovine (34%) (**Nedjraoui, 2012**). Pour le groupe «viandes rouges,

blanches et poisson», considéré comme un indicateur de développement, la consommation par tête en Algérie est de l'ordre de 29,54 kg/an en 1990. Elle a d'ailleurs stagné jusqu'en 2005 (**Abis, 2011**). Ainsi, la consommation nationale des viandes du mouton et du bœuf est de 10,5 kg/hab/an (**Sadoud, 2011**). Tandis que la consommation de viande blanche est en moyenne de 15 kg/hab/an (**Aziza, 2013**).

Malgré la progression de la consommation de viande (particulièrement blanche et bovine), l'Algérien reste l'un des plus faibles consommateurs de viandes du Maghreb, en partie en raison de la faiblesse de la production. En effet, si le salaire national minimum garanti (SNMG) s'est stabilisé depuis le 1er janvier 2012 à 18 000 DA/mois, en 2013 les prix moyens de vente au détail dans la Ville d'Alger par exemple ont enregistré une hausse saisonnière par rapport à 2012 pour la viande bovine (Beefsteak de 1205,05 DA à 1378,52DA), (viande avec os de 792,60DA à 841,66DA) et la viande de mouton de 1205,05DA à 1378,52DA. Tandis que le prix de la viande de poulet a baissé de 330,89DA à 293,47DA pour la même période (ONS, 2014). Lorsque l'Algérie arrive à produire suffisamment de viande, le taux de consommation des citoyens répondra aux normes et le prix de la viande sera beaucoup plus accessible (**Akkouche, 2013**). Pour satisfaire le besoin en viandes, les consommateurs algériens se rabattent sur les viandes congelées ou transformées vendues moins cher. En 2009, ce sont plus de 23,3% des Algériens qui ont acheté des viandes congelées (**Media Sens, 2009**).

La consommation des viandes transformées est quotidienne pour 37% des Algériens (**Chikhi et al, 2014**).

Chapitre II

Protéines végétales

II.1. Soja

II.1.1. Description

Le soja est la plante oléagineuse (riche en lipides) de très loin la plus cultivée dans le monde. Cette légumineuse, qui appartient à la famille des Fabacées (Papilionacées), présente une morphologie proche de celle du haricot. Il ne faut pas le confondre avec le haricot mungo (*Vigna radiata*), encore appelé « soja vert », qui est cultivé pour ses graines non huileuses, lesquelles sont consommées telles quelles comme légumes ou sous leur forme germée (**Figure 01**), appelée à tort « pousses de soja » (**Jean-Paul, 2021**).

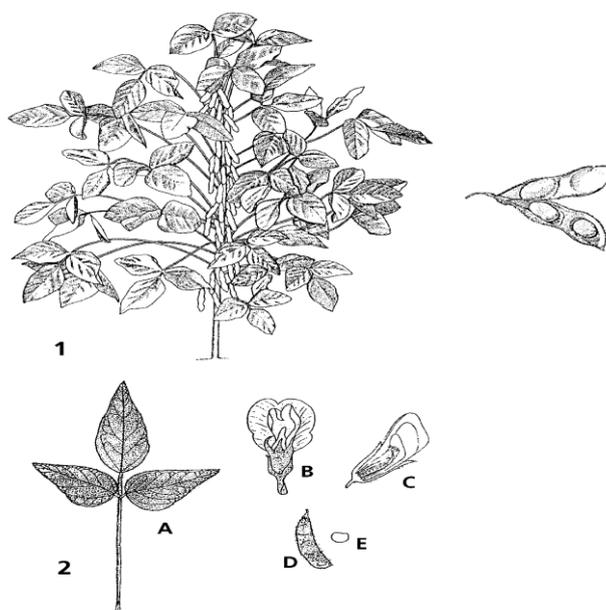


Figure 01 : Plante de soja et ses composantes.

(1) : partie aérienne d'un plant de soja du type érigé montrant les feuilles composées et les racèmes de fruits accrochés à la tige centrale et une gousse à deux graines.

(2) feuille : (A) fleur vue du dessous, (B) fleur en coupe longitudinale, (C) gousse, (D) et (E) graine.

II.1.2. Composition

Outre la présence intéressante de protéines, lipides et glucides, la graine de soja contient les vitamines liposolubles A,D,E,K et est particulièrement riche en vitamine B et en minéraux mais aussi en micronutriments tels que les isoflavones, les saponines, les stérols, les phytates et les inhibiteurs de protéases qui apportent au soja des propriétés préventives, prouvées ou à l'étude, à l'égard de certaines pathologies.

Il est à noter que le germe de soja contenu dans la graine (2-3 % de son poids) retient de plus en plus une attention particulière car il présente un profil nutritif unique par rapport à la composition de la graine entière (**Tableau 01**), des isolats ou des concentrés (**Hubert, 2006**).

Tableau 01 : Composition nutritionnelle de la graine de soja (en pourcentage du poids total de la graine) (**Chatenet, 2007**).

Nutriments	Poids total (%)	Poids sec (%) = 91,4%
Eau	8	/
Protéines	34,3	40-45
Lipides	18,7	17-22
Glucides totaux	31,6	38,4
• Glucides digestibles	13,6	16,4
• Fermentescibles	/	4-6
• Amidon	0,7	0,8
• Fibres alimentaires	18	22
Minéraux	4,5	5,1

II.1.2.1. Propriétés nutritionnelles

II.1.2.1.1. Acides gras

Le soja est riche en matières grasses. La plupart des légumineuses (à l'exception des arachides) contiennent entre 2 à 14% de matières grasses, alors que le soja contient 19% de matières grasses (**Cnuced, 2016**).

II.1.2.1.2. Fibres

Les hydrates de carbone solubles et insolubles, y compris les fibres alimentaires, qui représentent environ 30% de la graine de soja. Les hydrates de carbone solubles dans le soja primaires sont les sucres stachyose, le raffinose et le saccharose.

Une portion de soja fournit environ 8 grammes de fibres alimentaires. Toutefois, certains aliments à base de soja sont traités de manière à diminuer la teneur en fibres de façon significative. Le tofu et le lait de soja contiennent très peu de fibres, tandis que les aliments à base de soja qui utilisent le haricot entier tels que le tempeh, la farine de soja et les protéines de soja texturées sont riches en fibres. Les fibres aident à faciliter le processus digestif et le système gastro-intestinal (**Cnuced, 2016**).

II.1.2.1.3. Protéines

Le niveau des acides aminés dans le soja est plus élevé que dans les autres oléagineux, et donc la protéine de soja est équivalente à la protéine animale en qualité. Elles sont hautement digestibles et comparables à la viande bovine, au lait, au poisson et aux protéines d'œuf en termes de qualité de la protéine, en se basant sur le Score Chimique Corrigé de la Digestibilité (SCCD), les isolats de protéines de soja reçoivent une note de 1, ce qui est le plus haut score possible. Le soja est donc équivalent aux protéines animales, il est plus riche que les autres protéines végétales. Les aliments à base de soja, si il est utilisé correctement, contribuent de manière significative à la satisfaction des besoins en protéines (**Cnuced, 2016**).

II.1.2.1.4. Lipides

La graine de soja contient environ 20% de lipides qui sont sous forme d'acides gras mono et polyinsaturés. Le rapport entre les acides gras linoléique (Oméga 3) et linoléique (Oméga 6) n'est pas idéal. Les valeurs d'acides gras polyinsaturés sont également bien plus élevées que les acides gras mono-insaturés. Ce sont ces derniers qui devraient se trouver en majorité dans notre alimentation. Pour ces différentes raisons, l'huile de soja n'a pas une composition optimum et n'est donc pas recommandée en usage unique dans notre alimentation, mais en association avec une huile mono-insaturée (par exemple l'huile d'olive) (**Lecerf, 1995**).

Toutefois, les graines de soja et produits dérivés sont riches en acides gras insaturés et dépourvus de cholestérol, la valeur nutritionnelle reste très intéressante.

II.1.2.1.5. Calcium

Le soja est une bonne source de calcium comparé avec les légumineuses couramment utilisés. Cependant, le procédé de transformation affecte considérablement la teneur en calcium. Bien que les aliments à base de soja sont riches en oxalates et en phytates, qui inhibent l'absorption du calcium, celui-ci est bien absorbé et il a un taux d'absorption égale à celle du lait (**Cnuced, 2016**).

II.1.2.1.6. Fer

Le soja est riche en fer. Cependant, les phytates et de protéine de soja en réduisent l'absorption Le fer pourrait être mieux absorbée via les aliments à base de soja fermentés comme le tempeh et le miso (**Cnuced, 2016**).

II.1.2.1.7. Autres éléments nutritifs

Les principaux composants minéraux de soja sont le potassium, le sodium, le calcium, le magnésium, le soufre et le phosphore. Teneur en minéraux peut varier considérablement en raison à la fois du type de sol et des conditions de croissance du le soja.

Le soja est une bonne source de calcium et de la vitamine B12. Les tocophérols sont des constituants importants de l'huile de soja, à la fois pour sa vitamine E utile à l'alimentation et pour ses propriétés antioxydantes (**Cnuced, 2016**).

II.1.3. Utilisation de soja

Le soja est la plante dont l'utilisation pour l'alimentation humaine est une des plus diversifiée, en Asie, presque toute la production de soja est destinée à l'alimentation humaine directe et moins de 15% de cette production est destinée à l'extraction d'huile. Les graines de soja séchées ou vertes, peuvent être consommées cuites sans autre modification. Elles peuvent aussi être germées et utilisées comme légumes dans des salades. Les graines germées ont l'avantage de produire une quantité appréciable de vitamine C (acide ascorbique), ce que n'est pas le cas pour les graines séchées de soja ou celles d'autres légumineuses. Mais dans les pays asiatiques, une grande partie de la production de graines de soja servent surtout à la préparation de nombreux produits transformés qui possèdent une excellente qualité nutritionnelle. De ceux-ci, les plus importants sont le lait de soja, le "tofu" ("do fou" en mandarin), l'"Okara", le "miso" et la sauce de soja.

Le soja est certainement un bon candidat pour améliorer l'alimentation des populations les plus démunies du Tiers-Monde. Malheureusement, l'accès à cette plante dans ces régions est encore très limité. Bien que la culture du soja ait été introduite dans un grand nombre de pays tropicaux, elle n'a pas eu le succès escompté dans ces régions. Dans les quelques pays du Tiers-Monde où la culture du soja s'est implantée, la quasi-totalité de la production est exportée afin d'obtenir de précieuses devises et les populations locales ne peuvent profiter de cette plante pour corriger les déficiences protéiniques qui les affectent.

II.1.4. Virtus thérapeutiques du soja

Le soja est bénéfique lorsqu'il fait partie d'un régime alimentaire sain et varié. Au même titre que les légumineuses, il contient diverses protéines naturellement allergènes. Avant d'être consommée, sa graine est transformée par fermentation ou par cuisson. (**Rodolphe, 2004**).

Grâce aux protéines végétales qu'il contient, le soja est connu pour ses vertus contre l'excès de cholestérol. Véritable allié de la santé de la femme, les graines de soja :

- réduisent le risque de **cancer** du col de l'utérus, surtout chez les femmes en surpoids.
- diminuent les risques de **maladies cardio-vasculaires**.

Selon des recherches scientifiques américaines, le soja favoriserait la résistance à la **douleur** et agirait contre le **stress**. Consommé au naturel, c'est un véritable **allié minceur** car contenant moins de cholestérol.

L'usage du soya peut contribuer à abaisser le cholestérol total de 2,5 %, le taux de mauvais cholestérol (LDL) de 3 % et le taux de triglycérides de 6 %, ce qui représente un gain plutôt modeste, bien loin de ceux obtenus avec les molécules pharmaceutiques spécialement conçues à cet effet.

En cuisine, le soja se décline en divers produits dérivés (tempeh, miso, sauce de soja, tofu) constituant depuis des siècles, la base de la gastronomie asiatique.

En effet, la fève de soja contient un assortiment de tous les acides aminés essentiels, faisant de lui, un ingrédient incontournable des régimes alimentaires végétalien ou végétarien.

II.2. Protéines végétales

II.2.1. Description

Les protéines sont des macronutriments à l'instar des glucides et des lipides. À ce titre, elles fournissent de l'énergie au corps à hauteur de 4 kilocalories par gramme. Elles sont également indispensables au bon fonctionnement de l'organisme :

- D'un point de vue structural : ce sont les constituants fondamentaux de tous les tissus vivants, muscles et os ;
- D'un point de vue physiologique : elles assurent les fonctions d'enzymes, hormones, anticorps...

Les protéines sont des macromolécules constituées d'un enchaînement d'acides aminés dont la séquence est variable, dictée par le code génétique. Il existe ainsi des millions de protéines différentes. Les éléments de base, les acides aminés, sont au nombre de 20 dont 8 sont considérés comme indispensables : l'organisme ne peut les fabriquer et ils doivent donc être impérativement apportés par l'alimentation.

Les protéines issues de l'alimentation constituent également la source d'azote majoritaire de l'organisme (**La beva nutrition, 2012**).

II.2.2. Valeur alimentaire

La tradition alimentaire de nombreuses populations a montré qu'il est possible d'équilibrer un régime végétarien en consommant des graines riches en protéines. Les produits extraits du soja et de l'arachide sont variés et occupent une grande place dans la nutrition azotée des peuples d'Asie et d'Afrique. Dans les pays industrialisés, ces sources de protéines bon marché ont permis le développement de productions animales mais sont maintenant incorporées à de nombreux aliments de l'homme. Les propriétés technologiques des protéines végétales, et l'apparition des aliments diététiques ont contribué à ce développement. D'une façon générale, la teneur en protéines des graines de céréales est faible et celle du blé n'échappe pas à cette règle. Comparées aux céréales, les graines de légumineuses contiennent plus de protéines (**Tableau 02**).

Les protéines de soja et de féveroles sont limitées en acides aminés soufrés, les protéines d'arachide sont pauvres en acides aminés lysine et thréonine (**Louisot, 1997**).

La digestibilité des graines de céréales varie de 75 à 90 % tandis que celle des graines de légumineuses cuites ou crues varie de 15 à 80 % et 50 à 90 % respectivement.

Tableau 02: Teneur en protéines de graines de céréales et de légumineuses (**Louisot, 1997**).

Céréales	Teneur en protéines (%)	Légumineuses	Teneur en protéines (%)
Riz	7,4	Pois	21,7
Maïs	8,6	Haricot	19,9
Blé	10,5	Soja	35,3
Orge	10,6	Arachide	25,4
Avoine	13,0	/	/

II.2.3. Propriétés fonctionnelles

Outre leur valeur alimentaire, les protéines végétales possèdent également des propriétés physicochimiques qui permettent de les employer avantageusement en technologie alimentaire. C'est ainsi qu'elles sont utilisées à des fins d'émulsification, de gélification, d'aération, d'absorption et de rétention des graisses et de l'eau, de formation de film,

d'augmentation de la viscosité des aliments, de contrôle de couleur et d'expansion (**Tableau 03**).

Tableau 03: Propriétés conférées par les protéines de graines aux systèmes alimentaires (Utsumi, 1992).

Propriétés physico-chimiques	Propriétés fonctionnelles	Mode d'action	Systèmes alimentaires
Hydratation	Solubilité	Solubilité des protéines	Boissons
	Absorption et rétention d'eau	Rétention de l'eau Liaisons hydrogènes	Viandes Saucisses Pain Biscuits
Structure- Rhéologie	Viscosité	Épaississant Fixation d'eau	Soupes/ Sauces
	Propriétés gélifiantes	Formation d'une matrice Protéique	Viandes Caillés/ Fromages
	Cohésion-adhésion	Protéines agissant comme adhésif	Viandes/Saucisses Produits cuits/ Fromages/Pâtes
	Élasticité	Liaisons non covalentes et ponts disulfures dans gluten et gels	Viandes/ Produits boulangers

Propriété de surface	Propriétés émulsifiantes	Formation et stabilisation des émulsions	Saucisses/Soupes Mortadelle/Gâteaux
	Adsorption de lipides	Fixation de lipides	Viandes/Saucisses/ Beignets
	Fixation d'arômes	Absorption/Rétention/ Libération	Protéines végétales filées remplaçant la viande/ Produits boulangers
	Propriétés moussantes	Formation de films stables	Gâteaux de Savoie/ Crème fouettée

II.2.4. Utilisation des protéines végétales dans les produits alimentaires

L'intérêt des protéines végétales est multiple: elles permettent la formulation équilibrée, et facilitent la préparation et la conservation de produits alimentaires divers elles maintiennent ou élèvent l'apport protéique tout en réduisant l'apport lipidique, et donc calorique ; elles conservent, voire améliorent leurs caractères sensoriels (goût, jutosité, moelleux, texture, craquant etc...) et ce dans des conditions économiques compétitives. Les exemples suivants illustrent la diversité de ces applications dans différents secteurs des IAA (**Uzzan, 1996**).

a) Produits à base de viande

C'est dans ce domaine que l'utilisation des protéines végétales est la plus importante. En effet, on trouve sur le marché de nombreux types de produits carnés dans la formulation desquels les MPV sont présentes à un pourcentage de l'ordre de 20 à 30 %. Il s'agit principalement de préparations hachées à base de viande de bœuf (type hamburgers), porc, mouton, veau, volaille..., à griller, rôti ou frire. Ces préparations sont employées : telles quelles, panées, pour des sauces (type "bolognaise" ...), comme farces, dans les potages, les

soupes, les plats cuisinés etc. Les MPV sous forme texturées sont les plus utilisées car elles possèdent après réhydratation une texture très voisine de celle de la viande hachée.

Comme indiqué plus haut, elles permettent d'augmenter l'apport protéique et d'abaisser le taux de lipides du produit, tout en contribuant à son moelleux et sa jutosité, donc à sa qualité gustative (Uzzan, 1996).

b) Produits de charcuterie

De par leurs propriétés liantes et émulsifiantes, les protéines végétales en poudre, sous forme de concentrés et isolés sont largement utilisées dans les produits de charcuterie cuits à la dose optimale de 2 %. Ils sont employés notamment pour la fabrication de pâtes fines, en solution, ou dans des émulsions grasses à froid ou à chaud pour des pâtés, terrines, etc... Par exemple dans la formule d'une saucisse à pâte fine, type saucisse de Strasbourg, on pourra trouver 2 % de concentré de soja qui joue le rôle de liant, à côté de maigre de bœuf, gorge et gras de porc etc., avec les condiments nécessaires (sel, épices, aromates, etc...). Par rapport à d'autres liants comme les caséinates, plasma sanguin... les protéines végétales en poudre donnent des résultats tout à fait comparables et satisfaisants ; leur compatibilité avec d'autres ingrédients et additifs permet de créer des synergies fonctionnelles intéressantes.

Ces produits en poudre sont également utilisés dans les saumures de malaxage et d'injection pour la fabrication de produits type rôtis cuits, par exemple rôti cuit de dindonneau. La présence de concentré de soja à 1 % dans la saumure apporte des avantages au niveau de la texture du produit fini. La brochure " Le Noble Art des Protéines " publiée par le GEPV en 1990 donne de nombreux autres exemples d'emploi dans des produits de viande et de poisson (Uzzan, 1996).

II.2.5. Différences entre protéines animales et protéines végétales

Ces deux groupes ne sont pas homogènes et incluent des protéines extrêmement différentes. De manière générale néanmoins, les protéines animales sont plus riches en acides aminés indispensables que les protéines végétales. Certaines protéines végétales peuvent en effet présenter une teneur limitante en certains acides aminés (lysine pour les céréales ou acides aminés soufrés pour les légumineuses). Pour assurer la couverture des besoins en acides aminés indispensables, il faut donc veiller à associer les sources protéiques végétales (ex: riz et soja) ; cela n'est en revanche pas essentiel lorsqu'on consomme des protéines animales de haute qualité nutritionnelle à hauteur des ANC. Toutefois, il est conseillé d'associer les protéines

animales et végétales car, si les premières permettent de couvrir les besoins en acides aminés indispensables, il est préférable de conserver un rapport acides aminés indispensables/acides aminés non indispensables équilibré. Si la différence reste minime, il semblerait que la digestibilité des protéines animales soit supérieure à celle des protéines végétales.

Dernier point, l'ingestion de protéines animales induit, de par la composition des produits qui les renferment, une consommation non négligeable de graisses saturées. A l'inverse une consommation très fortement végétale favorise les apports en fibres et glucides complexes mais peut entraîner des risques de déficience en certains micronutriments (vitamine B12 par exemple).

En conclusion, il est nécessaire de combiner plusieurs protéines sans faire nécessairement référence au rapport protéines animales/protéines végétales. L'avis EFSA rendu en 2008 sur l'allégation « protéines animales et croissance osseuse » va dans ce sens : les effets bénéfiques sont reconnus mais ne concernent pas qu'une seule source. Les clés d'une alimentation protéique idéale, la diversité et l'équilibre (**Le beva nutrition, 2012**).

Chapitre III

**Aperçu général sur les
ingrédients utilisés dans
l'enrichissement des mixtes**

III.1. Graines de fenouil

III.1.1. Description

Le fenouil (*Foeniculum vulgare* Mill.) est une herbe aromatique semblable dans l'aspect à l'aneth (Murdock, 2002), bisannuelle ou éternelle.

Les graines de fenouil sont variées infiniment en longueur, largeur, goût et d'autres caractères. En général, elles ont une forme presque cylindrique avec une base arrondie et un sommet plus étroit couronnées avec un grand stylopode. Ce sont généralement de 3-12mm de longueur et de 3 à 4mm de largeur (Vienna et al., 2005) avec une odeur forte et douce et sont vert bleu d'abord, puis, elles se transforment en brun verdâtre quand ils sont mûris (Kaur et Arora, 2010).

III.1.2. Valeurs nutritionnelles

Les valeurs nutritionnelles des graines de fenouil (teneur pour 100 g) sont présentées dans le **tableau 04**.

Tableau 04 : Valeurs nutritionnelles des grains de fenouil (teneur pour 100g) (Catherine, 2019).

Nutriments	Teneur moyenne
Eau	8,81g
Glucides	52,29g
Fibres alimentaires	39,8g
Lipides	14,87g
Protéines	15,8g
Énergie	345KCal

III.1.3. Utilisation

Les graines sèches de fenouil ont un goût aromatique et sont utilisées pour assaisonnement des potages et des sauces (Hendawy et al., 2010). Le fenouil s'emploie principalement en graines ou en poudre :

- **Les graines entières** : offrent un arôme plus subtil et diffus, et à privilégier pour tous les plats en sauce et préparation où il est nécessaire de faire infuser l'épice.

- **La poudre de fenouil** : donnera des arômes intenses, tout en restant discrète, car la poudre va se mêler aux aliments.

III.1.4. Vertus thérapeutiques

Les graines de fenouil sont riches en antioxydants et en nutriments. Elles sont un puissant anti-inflammatoire, sont une mine de fibres pour la digestion (**Ronald, 2019**).

- ✓ Elles contiennent du potassium, qui est un sel minéral essentiel à la régulation de la pression artérielle. Les graines de fenouil maintiennent une tension artérielle stable et régulent le rythme cardiaque.
- ✓ L'action anti-inflammatoire des graines de fenouil est utile dans le traitement des maladies telles que la maladie de Crohn et l'arthrite, deux maladies auto-immunes.
- ✓ En décoction, les graines de fenouil ont des vertus diurétiques et drainantes. En favorisant la diurèse, elles améliorent les fonctions rénales et éliminent les toxines présentes dans les urines (**Ronald, 2019**).

III.2. Paprika doux

III.2.1. Description

Le paprika, aussi connu sous le terme piment doux, est une épice en poudre de couleur rouge obtenue à partir du fruit mûr, séché et moulu du piment doux ou poivron (*Capsicum annuum*, de la famille des *Solanaceae*). Le terme désigne aussi le fruit en lui-même. L'épice est utilisée en cuisine pour sa saveur âcre et légèrement piquante et sa couleur rouge (**Simy et al, 1994**).

III.2.2. Valeurs nutritionnelles

Les valeurs nutritionnelles et caloriques du paprika doux (teneur pour 100g) sont présentés dans le **tableau 05**.

Tableau 05: Valeurs nutritionnelles et calorique du paprika pour 100g de paprika (Catherine, 2021).

Nutriments	Teneur moyenne
Eau	11,2g
Protéines	14,1g
Glucides	19,1g
Lipides	12,9g
Fibres alimentaires	34,9g
Énergie	3,19 Kcal

III.2.3. Utilisation

Le paprika est une épice importante pouvant s'employer seule dans les préparations culinaires, cependant il est également devenu l'une des épices les plus consommées au monde en raison de son utilisation courante dans les mélanges d'épices, comme les assaisonnements, les marinades et les sels aromatiques. Il est également populaire en raison de la couleur rouge vif qu'il apporte aux aliments (Danie, 2017).

III.2.4. Vertus thérapeutiques

- ✓ La capsaïcine contenue dans le paprika permet à l'organisme de lutter efficacement contre les petits maux hivernaux.
- ✓ Un bon apport en potassium permettra d'optimiser la contraction des muscles et du cœur. Il joue également un rôle sur l'influx nerveux.
- ✓ la consommation régulière de paprika pourrait aider à diminuer les douleurs articulaires notamment liées à l'arthrite.
- ✓ Le paprika tient son pouvoir antioxydant de la vitamine E qu'il contient en quantité considérable, il sera donc très bon pour prévenir notamment des maladies cardiovasculaires.
- ✓ Source de vitamines B2 et B6.

III.3. Oignons rouges

III.3.1. Description

L'oignon appartient à la famille des Alliaceae, genre *Allium*, espèce cepa (Birlouez, 2016). C'est une plante bisannuelle originaire d'Asie centrale. Les oignons rouges se récoltent en été lorsque les tiges sont complètement desséchées et rabattues sur le sol (Olsson, 2010).

III.3.2. Caractéristiques organoleptiques

Quatre polyphénols de la famille des anthocyanes ont été quantifiés dans l'oignon rouge, lui conférant sa couleur rouge (Pérez-Gregorio *et al*, 2010).

L'oignon rouge apporte une saveur sucrée et douce grâce à sa teneur en glucides plus élevée que les autres types d'oignon (Gennaro *et al*, 2002).

III.3.3. Caractéristiques de composition

D'après une étude sur plusieurs cultivars d'oignons, l'oignon rouge a une meilleure capacité oxydante que l'oignon jaune grâce à son taux de polyphénols élevé (Mlcek *et al*, 2015), en particulier en quercétine (Pérez-Gregorio, 2010). Ces composés phénoliques assurent un rôle protecteur contre les cancers et les maladies chroniques (Jin-Seong *et al*, 2009).

III.3.4. Valeurs nutritionnelles

Les valeurs nutritionnelles et caloriques des oignons rouges cru sont présentés dans le tableau 06.

Tableau 06 : Valeurs nutritionnelles et caloriques d'oignons rouge cru pour 100g de d'oignon (Ciqua, 2020).

Nutriments	Teneur moyenne
Eau	90,30g
Glucides	5,63g
Fibres	2,50g
Lipides	0,40g
• dont les acides gras saturés	0,14g
Protéines	1,31g
Énergie	36,30 Kcal pour 100g

III.3.5. Utilisation

L'oignon est à la fois un légume et un condiment. Il peut se consommer cru ou cuit, ou également confit au vinaigre. Ses feuilles (jeunes), aromatiques, sont parfois utilisées.

III.3.6. Vertus thérapeutiques

- ✓ Idéal pour réduire les symptômes de la bronchite, pharyngite, des rhumes et d'autres affections respiratoires.
- ✓ l'oignon apporte des polyphénols dans notre corps. Cette molécule empêcherait la croissance d'un très grand nombre de cellules cancéreuses.
- ✓ En plus de tous les autres antioxydants, l'oignon nous apporte du phosphore, du fer et de la vitamine E. Ce qui aide à régénérer les globules rouges.
- ✓ Une consommation régulière d'oignon est bénéfique et évite la formation éventuelle de caillots sanguins. Elle protège des risques d'obstruction des vaisseaux et de thrombose.

Chapitre IV

Partie expérimentale

IV. 1. L'objectif de l'étude

L'objectif général de ce travail est de préparer des burgers à base de 51% de viande rouge et 49% de mélange technologique (protéine de soja, enrichi par les graines de fenouil, oignon et le paprika).

Le but majeur qu'on veut atteindre enfin de notre formulation, c'est d'obtenir un produit avec un prix abordable en remplaçant les protéines animales par les protéines végétales, sans négliger la qualité nutritionnelle et organoleptique du produit.

La partie expérimentale est composée de trois parties, premièrement, la fabrication de différentes recettes de burgers à base de viande rouge selon la matrice du plan de mélange et en deuxième lieu, étudier l'analyse sensorielle des burgers élaborés pour déterminer la recette la plus appréciée, suivie de l'évaluation de la qualité hygiénique et physico-chimique, puis la comparer avec le produit commercialisé (témoin).

IV.2. Lieu de la réalisation du stage

Le stage est réalisé au niveau de :

- Laboratoire V. MANE FILS Maghreb, situé à Ben Aknoun à Alger.
- Laboratoire de répression des fraudes, situé à Sour El Ghouzlane, Bouira.

IV.3. Matériel

IV.3.1. Matériels biologiques

- Mélange technologique ;
- Soja ;
- Viande bovine ;
- Oignon frais ;
- Épices.

IV.3.1.1. Mélange technologique (poudre de soja aromatisée)

Il s'agit d'un produit alimentaire intermédiaire non destiné à la vente au détail, non consommable en état, à utilisation limitée. Il est sous forme d'une poudre de soja aromatisé (**Figure 02**), qui a un certain taux d'absorption d'eau. Cette poudre est stockée à une température de 15°C à 25°C.

➤ **Composition du mélange témoin**

Soja, des farines, colorants et une partie aromatique (sel, ail, oignon, viande fumée).



Figure 02: Mélange technologique (poudre de soja aromatisée).

IV.3.1.2. Soja (protéines texturées)

Elles sont obtenues par extrusion de la farine ou de concentrât de farine de protéine végétale, pendant l'extrusion elles acquièrent une texture fibreuse qui leur permet d'imiter celle de la viande et de les remplacer, leurs formes peuvent être plus ou moins importantes, allant du flocon à de gros morceaux qui imitent la viande.

Après hydratation, les protéines végétales texturées (**Figure 03**) utilisées seule peuvent remplacer jusqu'à 30% de viande dans une recette et en association avec d'autres ingrédients (blend) jusqu'à 50%.



Figure 03 : Protéines texturées.

IV.3.1.3. Viande bovine

Viande bovine sans os, est achetée le 26.05.2021 au niveau d'une boucherie à la wilaya de Bouira, stockée au congélateur à -18C° et transportée dans une glacière réfrigérée.

IV.3.1.4. Oignons

Les oignons sont hachés à l'aide d'un mixeur, ensuite nous les avons essorés pour éliminer l'eau. Ils étaient stockés dans une boîte qui contient du papier absorbant au réfrigérateur.

IV.3.1.5. Épices

a) Paprika

Le paprika est acheté de la wilaya de Béjaia, c'est un produit naturel fait maison.

b) Graines de fenouil

Nous avons achetés les graines au centre commercial UNO Bouira, et les broyer à la maison jusqu'à l'obtention d'une poudre.

IV.4. Plan de mélange

IV.4.1. Optimisation de la recette par l'utilisation de plan de mélange

Cette méthode consiste à optimiser les ingrédients de mixte sans changé la proportion de la viande hachée ainsi que la proportion de soja.

Les ingrédients dont on parle sont :

- Les graines de fenouil ;
- L'oignon ;
- Paprika.

IV.4.2. Préparation des recettes expérimentales

Pour la préparation des recettes à partir des trois ingrédients, le logiciel du modèle expérimental « Minitab 19 » utilisé, nous a proposé 10 mixtures possibles (**Tableau 07**), lesquelles sont utilisées pour formuler nos burgers.

Tableau 07: Proportion des différents ingrédients dans les mixtes.

Mixtures	Fenouil	L'oignon	Paprika	Couleur	Goût
1	1	0	0		
2	0	0	1		
3	0	1	0		
4	1/3	1/3	1/3		
5	1/2	1/2	0		
6	1/2	0	1/2		
7	0	1/2	1/2		
8	1/6	2/3	1/6		
9	1/6	1/6	2/3		
10	2/3	1/6	1/6		

Les proportions de chaque ingrédients dans la mixture varient entre 0 (absence de l'ingrédient) et 100% (la mixture est composée d'un seul ingrédient, et doivent satisfaire les conditions suivantes :

$$0 \leq X_i \leq 1$$

IV.4.3. Choix des facteurs et des réponses

L'étape la plus importante dans le plan de mélange est le choix des facteurs et des réponses ainsi que le choix des domaines d'études.

✓ Les facteurs sélectionnés sont :

Facteur 01 : Grains de fenouil

Facteur 02 : L'oignon

Facteur 03 : Paprika

✓ La couleur et le critère goût son utilisé comme réponse pour choisir la recette la plus appréciée.

IV.4.4. Modèle mathématique du plan de mélange

Le plan de mélange conduit à l'obtention d'un modèle mathématique qui s'écrit comme suit :

$$Y = a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_{12}X_1X_2 + a_{13}X_1X_3 + a_{23}X_2X_3 + a_{123}X_1X_2X_3 + \epsilon$$

Avec :

- X_1 ; X_2 ; X_3 : Les facteurs de plan mélange.
- a_1 ; a_2 ; a_3 : Les effets de plan mélange.

➤ **Les lois de calcul des effets**

$$a_i = y_i$$

- Effet à double interaction: $a_{12} = 4y_{12} - 2(y_1 + y_2)$

$$a_{13} = 4y_{13} - 2(y_1 + y_3)$$

$$a_{23} = 4y_{23} - 2(y_2 + y_3)$$

- Effet à trois interactions: $a_{1,2,3} = 27y_{1,2,3} - 12(y_{12} + y_{13} + y_{23}) + 3(y_1 + y_2 + y_3)$

IV.5. Préparation des matières premières

IV.5.1. Les étapes de préparations des différentes mixtures de burgers

Selon le plan de mélange on a préparé les dix mixtes, chaque mélange se compose de 60g du soja et 40g des trois autres composants (graines de fenouil, paprika, oignon).

Les quantités des trois ingrédients utilisés sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 08 : Quantités des ingrédients utilisés.

Mélanges	Grains de fenouil	Oignon	Paprika
1	40g	0g	0g
2	0g	0g	40g
3	0g	40g	0g
4	13,3g	13,3g	13,3g
5	20g	20g	0g
6	20g	0g	20g
7	0g	20g	20g
8	6,66g	26,66g	6,66g
9	6,66g	6,66g	26,66g
10	26,66g	6,66g	6,66g
Total	133,28g	133,28g	133,28g

Pour la préparation de notre mélange à chaque fois on a mélangé 60 g du soja et 40 g des autres ingrédients.

IV.5.2. Mélange technologique

Le mélange technologique est hydraté dans l'eau traitée (**Figure 04**) en raison de 100g de MT (protéines texturées) dans 242,62 mL pendant 15 min.

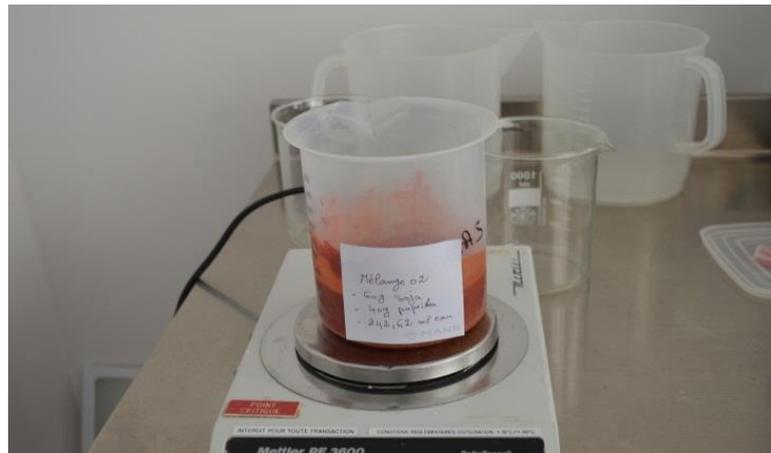


Figure 04 : Réhydratation du mélange technologique (mélange 02).

IV.5.3. Viande rouge

La viande rouge est parée (la matière grasse a été retirée) (**Figure 05**).



Figure 05 : Découpe de la viande rouge.

IV.6. Préparation des burgers

La préparation des burgers est réalisée en trois étapes :

IV.6.1. Hachage

Une quantité de 3,570 kg de viande, a subit un broyage à l'aide d'un hachoir (**Figure 06**) afin de réduire son diamètre à 10 - 14 mm.



Figure 06 : Hachage de la viande rouge.

IV.6.2. Malaxage

La viande hachée a été mélangée avec le mélange technologie réhydraté dans un mixeur (**Figure 07**).



Figure 07 : Mélange des matières premières.

IV.6.3. Second hachage

Le second hachage a pour but de réduire la viande mixée à un diamètre final de 2-6 mm et de bien mélanger la viande et les protéines texturées grâce à la forte pression qui s'exerce dans la vis du hachoir (**Figure 08**).



Figure 08 : Le second hachage.

IV.6.4. Formage

Cette étape consiste à former des burgers de poids et forme régulière, nous avons utilisé une façonneuse de burger (**Figure 09**) pour confectionner des burgers de 70 g (**Figure 10**).

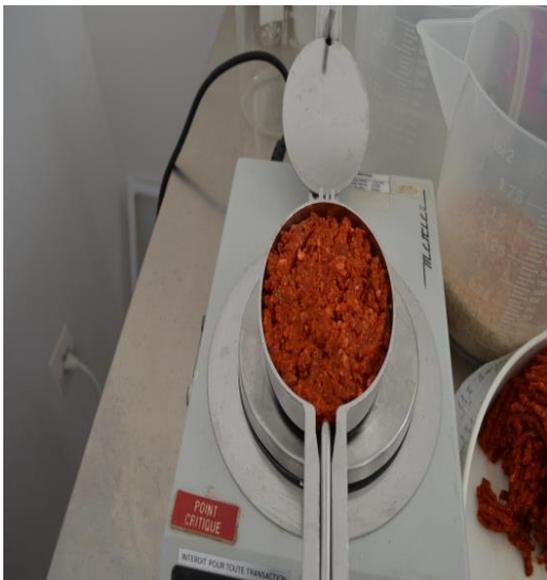


Figure 09 : Façonnage des burgers.



Figure 10 : Burgers de 70 g.

IV.7. Analyse sensorielle

Concernant la viande, les qualités organoleptiques les plus fréquemment étudiées avec cette technique sont l'aspect, l'arôme, la saveur, la jutosité et la tendreté.

Le test de dégustation est réalisé par 30 personnes.

Selon la norme NF ISO 5492, les paramètres organoleptiques des viandes les plus fréquemment étudiées sont : l'aspect, l'arôme, la saveur, la jutosité et la tendreté.

L'analyse sensorielle est réalisée selon le test hédonique pour évaluer d'une façon générale le degré d'appréciation du produit élaboré en réalisant des profils sensoriels.

La séance de dégustation s'est déroulée au niveau d'une salle de l'université de Bouira (UAMO).

30 dégustateurs ont participé à cette analyse des deux sexes dont 24 femmes et 06 hommes de 21ans à 33ans. Ils sont des étudiants sélectionnés d'après leurs disponibilités et volontés à participer à ces essais. Les sujets ne sont pas entraînés mais ils ont l'habitude de participer dans les évaluations sensorielles. Celle-ci a été réalisée aux quatrième jours de la production sur des échantillons conservés à -18°C. La séance a eu lieu de 10 h à 12h. Les échantillons ont été enlevés du congélateur, la viande a été grillée dans une poêle près chauffée avec un filet de huile sans gout pendant 4min pour chaque côté, et on a rajouté presque la même quantité (une pincé) de sel pour chaque steak.

Des échantillons de 70g (**Figure 11**) sont présentés simultanément dans des assiettes en plastique et étiquetées avec un code. Les sessions d'évaluation sont effectuées de façon séparée pour qu'il n'ait pas influence entre les membres du panel.

Nous avons demandé aux dégustateurs d'évaluer chaque échantillon codé selon une échelle d'intensité universelle allant de 0 à 9 points pour chaque attribut. 0 = Extrêmement inappréciable, 9 = Extrêmement appréciable et de remplir le bulletin (en annexe) en se basant sur l'analyse organoleptique des produits: texture et aspect, tendreté et jutosité, couleur (avant et après cuisson), l'odeur (oignon, fenouil, paprika, non identifié, viande), goût (épices, sucre, salé, fenouil, oignon, paprika, soja, piquant), arrière-gout, et persistance d'arôme.

Le but de cette analyse est de choisir le mélange le plus apprécié pour poursuivre la caractérisation des autres paramètres de produit fini et le témoin afin de réaliser une comparaison entre les deux.



Figure 11: Échantillons de dégustation.

IV.8. Analyse statistique

L'analyse statistique est réalisée avec le logiciel Excel 2010. Les résultats obtenus sont exprimés sous forme de moyenne des 30 répétitions.

Le plan de mélange est réalisé avec logiciel MINI TAB 19.

IV.9. Caractérisation du produit fini

IV.9.1. Caractérisation physicochimique

L'analyse physicochimique est basée sur le dosage de la matière grasse, la mesure du pH, la teneur en humidité.

➤ Le produit

Le produit utilisé : on a utilisés deux burgers, un choisi à partir du test de dégustation (mélange J) et l'autre comme témoin (mélange K), dans des conditions de conservation idéal.

IV.9.1.1. Dosage de la matière grasse (JORA, 2006)

➤ Principe

Traitement de l'échantillon avec de l'acide chlorhydrique dilué bouillant pour libérer les fractions lipidique incluses et liées. Filtration de la masse résultante et, après séchage, extraction, au moyen de n-hexane ou d'éther de pétrole, de la matière grasse retenue sur le filtre.

➤ Mode opératoire

On commence par la pesé de la prise d'essai (5g) dans une fiole conique, ensuite on rajoute 50 ml HCl (4N), puis on a placé la fiole avec un dispositif de réfrigération à reflux, et la chauffer 30 min à 100°C.

Lorsque la solution atteint l'ébullition on lui subit une filtration, et on lave le filtrat avec de l'eau distillée chaudes plusieurs fois (la filtration à durée toute une nuit). Le lendemain on a placé le papier filtre dans la cartouche d'extraction, couvrir avec du coton cardé, sécher à l'étuve (30 min à $103 \pm 177; 2^\circ\text{C}$) et laisser refroidir à T° ambiante. Ensuite on a pesé la fiole conique séchée (poids fiole vide), mettre dans la fiole l'hexane (125mL ou plus), placer la cartouche dans l'extracteur qui sera lie à un système réfrigérant, et chauffer à 100°C pendant 4h.

En avant dernier on a récupéré la fiole contenant le solvant et purifier par distillation, et la sécher à l'étuve (2h à $103 \pm 177; 2^\circ\text{C}$), et au final on a pesé après séchage la fiole contenant la matière grasse extraite (fiole + matière grasse).

➤ **Mode de calcul et formule**

La teneur en matière grasse totale (MG) de l'échantillon est exprimée en pourcentage massique selon l'équation suivante :

$$MG = \frac{(m_2 - m_1)}{m_0} \times 100$$

Soit :

M₀ est la masse, en grammes, de la prise d'essai ;

M₁ est la masse, en grammes, de la fiole vide ;

M₂ est la masse, en grammes, de la fiole et de la matière grasse après séchage ;

IV.9.1.2. Mesure de pH (JORA, 2006)

➤ **Principe**

Mesurage de la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence plongés dans un échantillon de viande ou de produit à base de viande.

➤ **Remarque sur le mode opératoire :**

Les échantillons de produits très secs peuvent, en plus, du traitement normal, être homogénéisés avec une masse d'eau égale dans un appareil mélangeur pour laboratoire, avant de procéder au mesurage du PH.

➤ **Mode opératoire**

À partir d'un mélange résultant de 5 g dans 20 mL d'eau distillée. La suspension est homogénéisée à l'aide d'un homogénéisateur «Ultra Thurax» pendant 15 minutes. Le pH est obtenu à l'aide d'un pH-mètre préalablement étalonné en introduisant l'électrode dans l'homogénat.

IV.9.1.3. Teneur en humidité (JORA, 2006)

➤ **Principe**

Après formation d'un mélange homogène de la prise d'essai, et dessiccation à 103 ± 2 °C jusqu'à masse constante.

➤ **Mode opératoire**

D'abord on a commencé par la pesé des capsules vides avec couvercles, ensuite on a pesé 5g de la prise d'essai dans ces derniers. On a placé les capsules dans une étuve et les

laisser à 103C° jusqu'à l'obtention d'une masse constante, au final on a pesé les capsules avec couvercles après les avoir laissé se refroidir dans un desiccateur.

➤ **Mode de calcul et formule**

L'humidité est donnée par la formule suivante :

$$H\% = \frac{M1-M2}{M1-M0} \times 100$$

% : Taux d'humidité en pourcentage;

M0 : Masse en gramme, de la capsule vide;

M1 : Masse en gramme, de la capsule et de la prise d'essai avant chauffage;

M2 : Masse en gramme, de la capsule et de la prise d'essai après chauffage.

IV.10. Caractérisation microbiologique

L'objectif des analyses microbiologique est de rechercher ou de quantifier un certain nombre de microorganismes, indicateurs de contaminations d'un ou de plusieurs rencontrés lors de procédés de fabrication ou susceptibles de présenter un risque pour la santé humaine lors de la mise en vente.

Selon l'arrêté interministériel du **4 octobre 2014** fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires, les germes recherchés et dénombrés dans les viandes hachées sont Germe aérobies à 30 °C, *Escherichia coli*, *Staphylococcus* à coagulase +, *Salmonella*.

IV.10.1. Préparation de la solution mère et des dilutions décimales (JO n° 38 du 22/06/2014)

La suspension mère et les dilutions décimales ont été préparées en deux étapes:

- Introduire aseptiquement 25g de produit à analyser dans un flacon stérile préalablement taré et contenant 225 ml de diluant (eau physiologique) ;
- Introduire aseptiquement à l'aide d'une pipette graduée stérile 1ml de la dilution mère dans un tube à essai stérile contenant préalablement 9 ml du même diluant, à partir de cette dilution et de la même façon introduire 1ml de la dilution 10⁻² et 9 ml de diluant dans un tube donne la dilution 10⁻³.

IV.10.1.1. Recherche de *Salmonella* (JORA n° 40 du 23/ 07/ 2017)

Détermination de la présence ou l'absence de salmonelles dans une quantité déterminée de produit.

➤ Principe

La recherche de Salmonella nécessite quatre (4) phases successives :

- a.** Pré-enrichissement en milieu non sélectif liquide : ensemencement de la prise d'essai dans de l'eau peptonée tamponnée à la température ambiante, puis incubation à $37\text{C}^{\circ} \pm 1\text{C}^{\circ}$ pendant $18\text{h} \pm 2\text{h}$.
- b.** Enrichissement en milieux sélectifs liquides : ensemencement du bouillon MSR/V et d'un bouillon MKTTn avec la culture obtenue en **(a)**.
Incubation du bouillon RVS à $41,5\text{C}^{\circ} \pm 1\text{C}^{\circ}$ pendant $24\text{h} \pm 3\text{h}$, et du bouillon MKTTn à $37\text{C}^{\circ} \pm 1\text{C}^{\circ}$ pendant $24\text{h} \pm 3\text{h}$.
- c.** Isolement et identification : apparition des cultures obtenus en **(b)**, ensemencement de deux milieux sélectifs solides :
 - gélose xylose lysine désoxycholate (gélose XLD).
 - Un autre milieu sélectif solide approprié, laissé au choix du laboratoire, complémentaire du milieu gélosé XLD, permettant la recherche de salmonelles lactose positive, incluant les *salmonelles typhi* et les *salmonelles paratyphi*.
- d.** Confirmation : repiquage des colonies présumées de salmonelles isolées en **(c)**, et confirmation au moyen des essais biochimiques et sérologiques appropriés.

Schéma de la recherche et le dénombrement des salmonelles

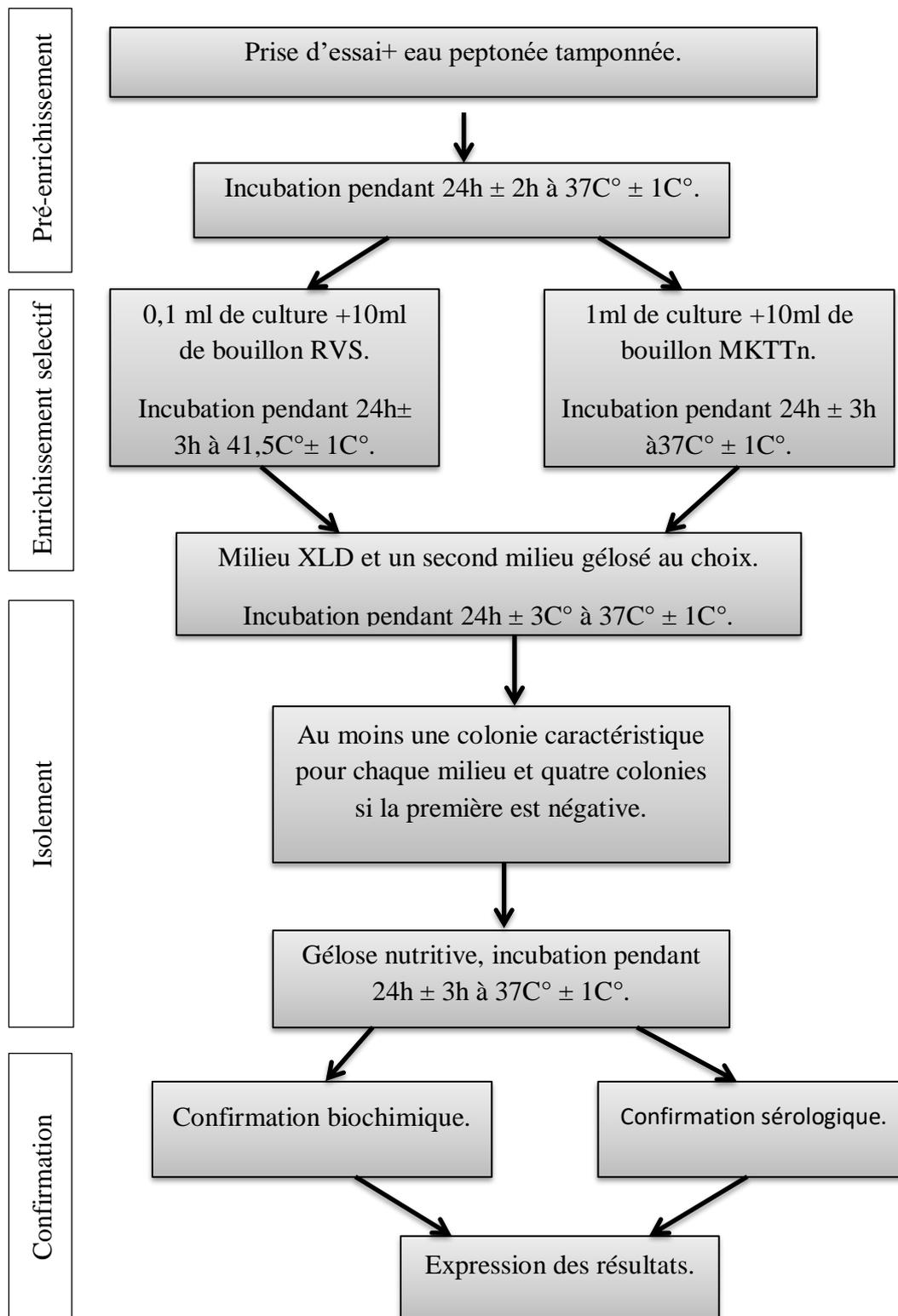


Figure 12 : schéma représentatif de la recherche et le dénombrement des salmonelles (ISO 6579-1 :2017).

Chapitre V

Résultats et discussion

Ce Chapitre est consacré à l'explication des résultats obtenus après la réalisation de nos recettes, pour qu'on puisse comparer la meilleure recette avec le produit témoin sur plusieurs niveaux (physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques).

V.1. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle combinée à des tests hédoniques s'avère l'outil le plus adapté pour la mesure de la qualité perçue. Bien que basée sur l'appréciation d'individus, la méthode cherche à atteindre une certaine objectivité (**Actia, 1999**).

Vu qu'on a remarqué que les onze préparations ont le même aspect (avant et après cuisson), selon les résultats obtenus dans l'**annexe 01** et la même qualité à l'œil nu, nous avons décidé de réaliser un test de dégustation pour obtenir des réponses qui nous permettront de choisir la préparation la plus appréciée.

Les préparations ont été toutes cuites dans les mêmes conditions (duré de cuisson, quantité de sel et de l'huile utilisé).

À travers l'évaluation par les dégustateurs, nous avons pu tracer les profils sensoriels des dix recettes de steak hachée préparées plus le témoin, afin de comparer la meilleure recette avec le témoin.

V.1.1. Analyse de la couleur

La couleur de la viande est la première caractéristique qualitative de la viande perçue à l'achat. Le consommateur la considère comme un critère de fraîcheur du produit (**Clinquart et al, 2000 ; Coibion, 2008**). Elle est la résultante de quatre composantes dont les deux premières expliquent la couleur du produit frais et les deux dernières, son évolution lors de sa conservation (**Normand, 2005 ; Cartier et Moëvi, 2007**).

Le principal pigment responsable de la couleur de la viande est la myoglobine qui est une chromoprotéine. Au contact de l'air, la myoglobine se combine avec l'oxygène formant ainsi l'oxymyoglobine de couleur rouge vif, couleur de viande synonyme de la fraîcheur recherchée par le consommateur (**Rennerre, 1997 ; Coibion, 2008**).

La couleur des poivrons à l'état mûr, est principalement due aux pigments caroténoïdes, allant du rouge vif (capsanthine, capsorubine et autres) au jaune (cucubitène). La teneur totale en caroténoïde dans le poivron séché est d'environ 0,1 à 0,5%. Certaines variétés de paprika

contiennent des pigments de type anthocyané et développent des gousses de couleur mauve foncé, couleur aubergine ou noire dans les derniers stades de la maturation. Toutefois, dans la plupart des variétés de *Capsicum*, la production d'anthocyanines est un phénomène rare (Danie, 2017).

Selon les résultats obtenus dans la **Figure13**, les membres du panel ont déclaré que les mixtes J, (26,66g graines de fenouil, 6,66g oignon, 6,66g paprika), B (40g P) et G (20g O, 20g P) ont les couleurs les plus appréciées avant cuisson avec des moyennes présentées respectivement : 7,63- 7,10- 7,03.

Les dégustateurs ont décidé que les mixtes J (26,66g GF, 6,66g O, 6,66g P), B (40g P), C (40g O) et G (20g O, 20g P), ont les couleurs les plus agréables après cuisson avec des moyennes présentées respectivement : 7,67- 6,93- 6,93- 6,73.

On remarque que les essais A (40g GF), F (20g GF, 20g P) et K (témoin) ont les couleurs avant cuisson les moins appréciés avec une moyenne qui varie entre 5,27 – 6,13, par contre les dégustateurs ont préférés leurs couleurs après la cuisson.

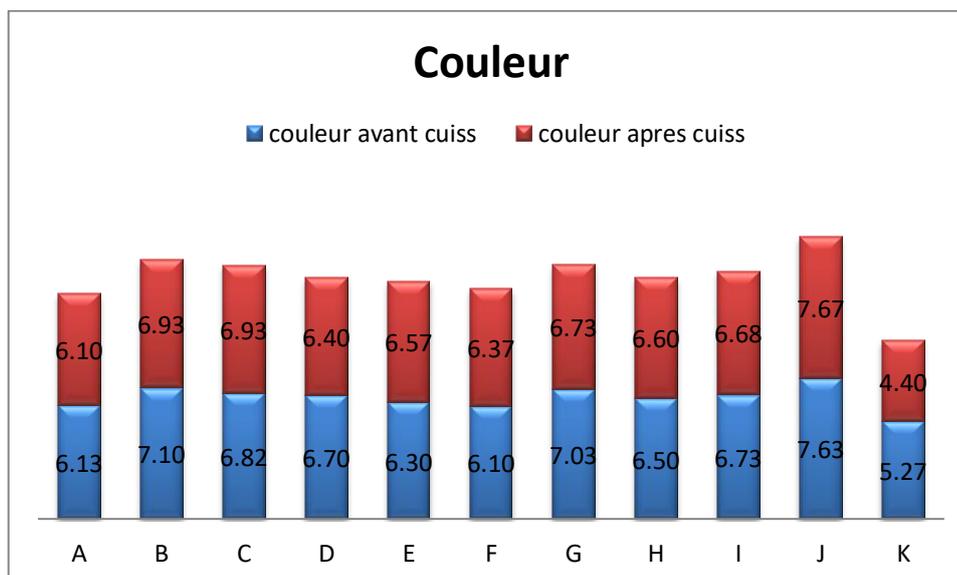


Figure 13 : Influence des facteurs sur la couleur.

V.1.2. Analyse de la jutosité

La jutosité, encore appelée succulence est la faculté qu'a une viande d'exsuder du jus lors de la mastication (**Lameloise et al, 1984**). On distingue généralement deux composantes : la jutosité initiale qui est associée à la quantité de jus qui s'écoule dans la bouche pendant les premières mastications et la jutosité finale ou seconde jutosité qui est liée à la sécrétion salivaire engendrée par le gras du morceau après la mastication (**Lawrie, 1991**). La jutosité est influencée par les caractéristiques musculaires telles le pH, les lipides intramusculaires et la capacité de rétention d'eau du muscle (**Hocquette et al, 2005**).

Les résultats de la jutosité obtenus dans la **Figure 14** indiquent que les essais C (40g O), A (40g F) et B (40g P) ont révélé que ces derniers ont une jutosité plus élevée que les autres essais avec des moyennes présentées comme suivant : 5,73-5,43-5,13.

Pour les autres préparations les dégustateurs ont décidé qu'elles ont presque les mêmes degrés de jutosité avec une moyenne qui varie ente 4,57- 4,97.

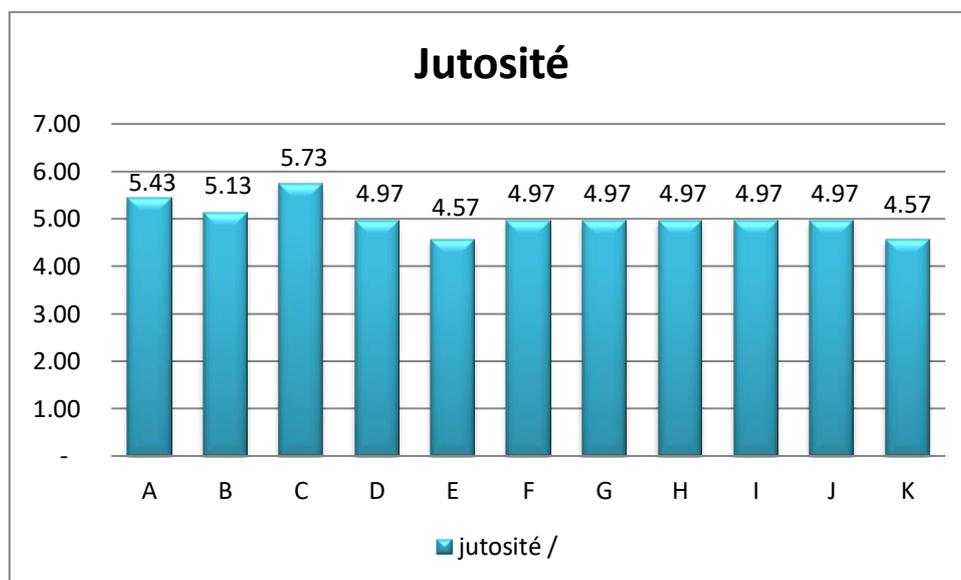


Figure 14 : Effet des facteurs sur la jutosité.

V.1.3. Analyse de la tendreté

La tendreté est le critère de qualité le plus important pour le consommateur lorsqu'il consomme une viande. Elle mesure la facilité avec laquelle la structure de la viande peut être désorganisée au cours de la mastication (**Ouali et al, 2006**).

Les résultats de la tendreté obtenus dans la **Figure 15** indiquent que les essais D (40g O), I (6,66g GF, 6,66g P, 26,66g O) et K (témoin) ont révélé qu'ils ont une tendreté plus élevée que les autres essais avec une moyenne de : 5,63.

Pour les autres préparations les dégustateurs ont déclaré qu'elles ont presque le même niveau de tendreté avec une moyenne qui varie ente 5,30- 5,53.

Les dégustateurs ont jugé les essais B (40g P) et F (20g GF et 20g P) comme des préparations avec un faible degré de tendreté (5,03- 5,13).

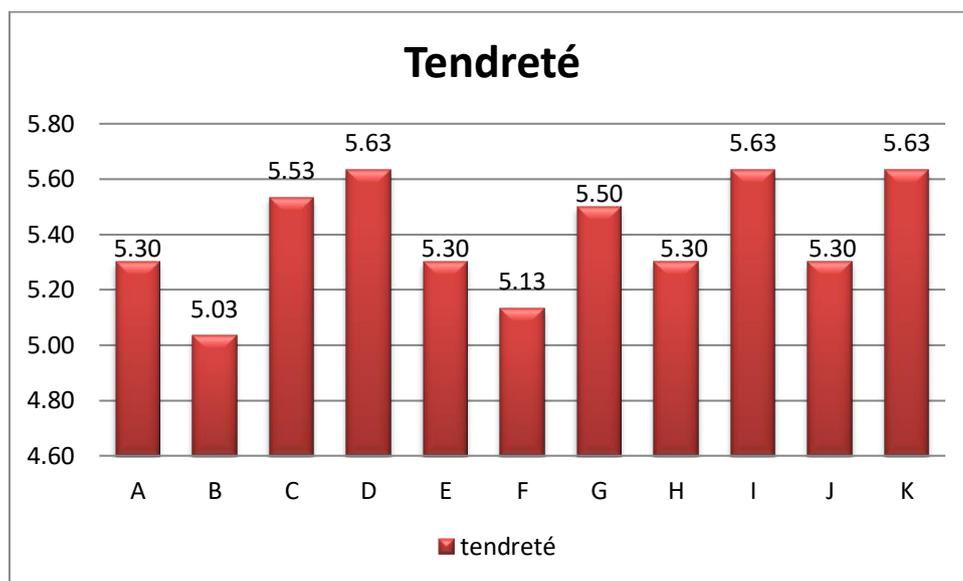


Figure 15 : Effet des facteurs sur la tendreté.

V.1.4. Analyse d'odeur

➤ Remarque

Les dégustateurs ont noté des odeurs qui ne sont même pas présentes dans certains de ces mixtes car on n'a pas déclaré leurs compositions lors de la séance de dégustation.

V.1.4.1. Odeur des oignons

Selon la **Figure 16**, les membres du panel ont décidé que les mixtes k (témoin), B (40g P), A (40g GF), J (26,66g GF, 6,66g O, 6,66g P), sont classés étant les produits les plus appréciés par rapport à l'odeur des oignons avec une moyenne qui varié entre 5,33 et 6,47.

On remarque que les deux préparations D (13,33g GF, 13,33 O, 13,33 P), E (20g O, 20g P) sont les moins appréciés, avec des moyennes présentées comme suivant : 2.87- 3.93.

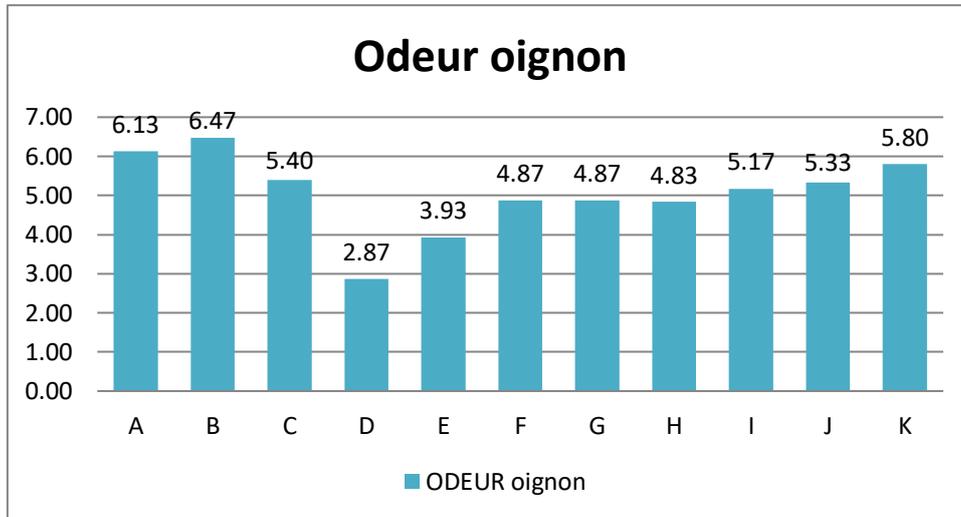


Figure 16 : Effet de l'odeur des oignons sur les recettes préparées.

V.1.4.2. Odeur de paprika.

L'odeur du paprika est due à une gamme d'alkylméthoxy-pyrazines. Le poivron mûr contient environ 6% de sucre et 0,1% de vitamine C (Danie, 2017).

Selon la **Figure 17**, les panélistes ont classé les mixtes B (40g P), J (26,66g GF, 6,66g O, 6,66g P), H (20g O, 20g P) étant les plus appréciés par rapport à l'odeur de paprika avec un degré d'acceptabilité de 5,60- 6,47.

Les dégustateurs ont jugé les essais K (témoin) et A (40g GF) comme les préparations qui ont l'odeur de paprika la plus désagréable avec des moyennes présentées respectivement de : 2,67- 3,00.

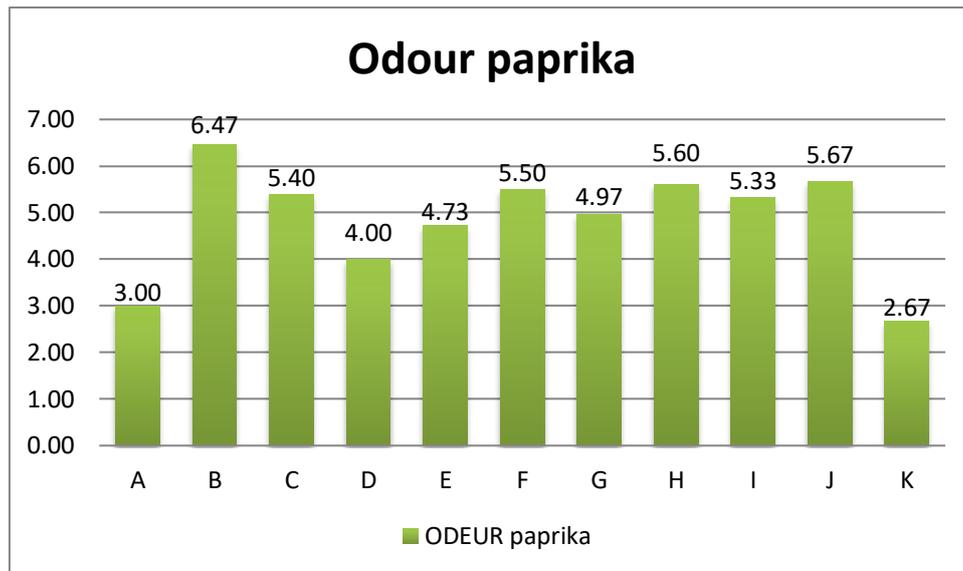


Figure 17 : Effet de l'odeur de paprika sur les recettes préparées.

V.4.3. Odeur des graines de fenouil

Le fenouil officinal renferme une essence aromatique riche en anéthol, en méthylchavicol, ou estragole, et en fenchone. Il contient aussi des flavonoïdes, des stérols et des furanocoumarines, notamment de l'impéatorine et du bergaptène (**Plante et santé, 2008**).

Les panélistes ont classé les mixtes J (26,66g GF, 6,66g O, 6,66g P), A (40g GF), G (20g O, 20g P) étant les plus appréciés par rapport à l'odeur de fenouil avec un degré d'acceptabilité de 6,21- 7,20.

Les dégustateurs ont jugé les essais K (témoin) et B (40g P) comme les préparations qui ont l'odeur de fenouil la plus désagréable avec une moyenne de : 2,67- 2,90.

On remarque que les dégustateurs ont quand même moyennement apprécié les autres préparations (C, D, E, F, H, I).

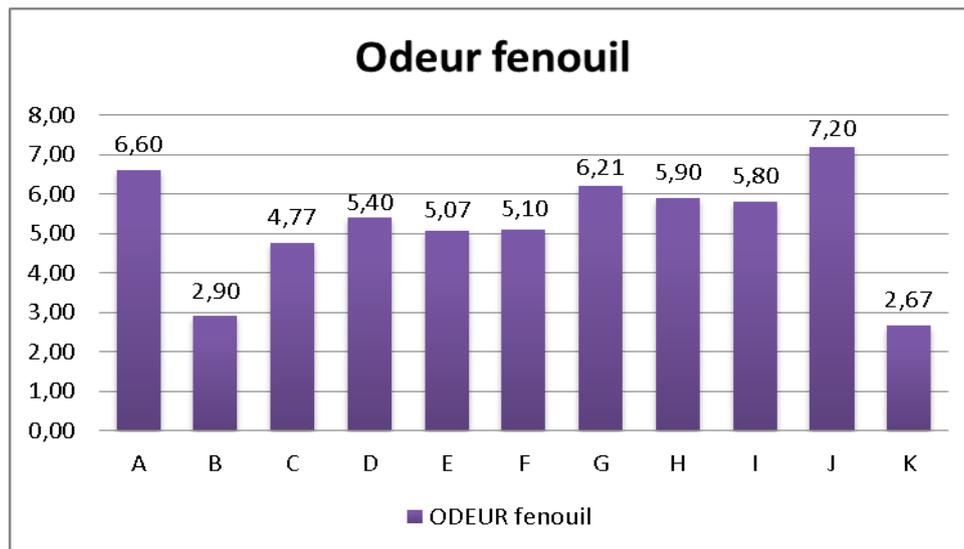


Figure 18 : Effet de l'odeur des graines de fenouil sur les recettes préparées.

V.4.4. Odeur de viande / odeur non identifiée

D'après la **Figure 19**, l'odeur de la viande des essais J (26,66g GF, 6,66g O, 6,66g P), I (6,66g GF, 6,66g O, 26,66g P), K (témoin), G (20g O, 20g P) est jugée étant la plus agréable par rapport aux autres préparations avec un intervalle qui varie entre : 5,227- 5,10. Par contre, les essais C (40g O) et B (40g P) ont l'odeur la moins appréciable avec un degré de 2,43- 2,97.

Les dégustateurs ont classé les essais K (témoin), A (40g GF) et B (40g P) comme les préparations qui ont une odeur non identifiée désagréable. Si non par rapport aux autres préparations l'odeur non identifiée a été jugée moyennement appréciable avec une moyenne qui varie entre : 4,13- 5,38.

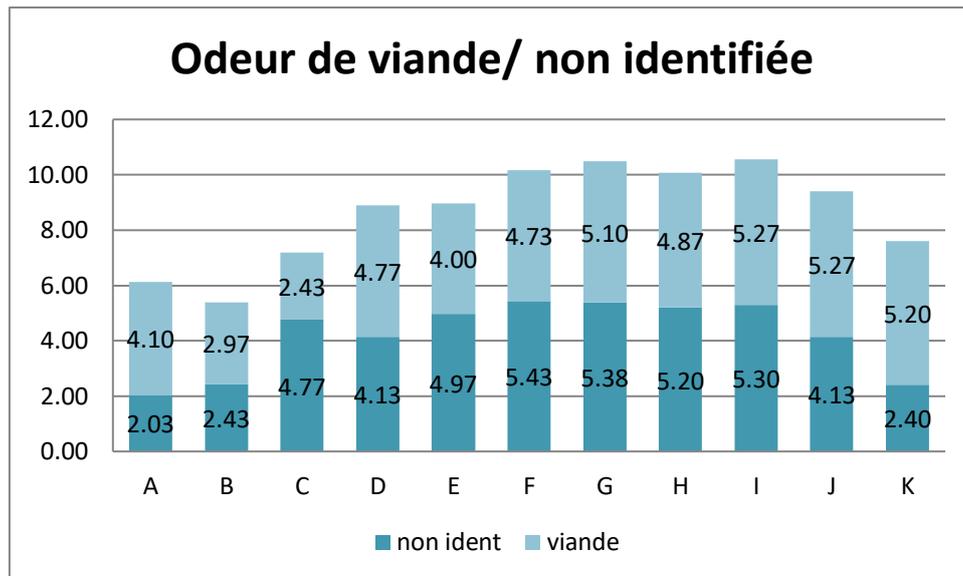


Figure 19 : Effet de l’odeur de viande et l’odeur non identifiée sur les recettes préparées.

V.1.5. Analyse de l’arrière-goût

Selon les résultats obtenus dans la **Figure 20**, les dégustateurs ont jugé le degré d’acceptabilité des mixtes F (20g GF et 20g P), A (40g GF) et E (20g GF, 20g O) est moyennement apprécié avec des valeurs de : 5,00- 3,13- 6,30. Alors qu’on remarque que la majorité des panélistes ont jugé le reste des préparations qu’elles n’ont aucun arrière-goût.

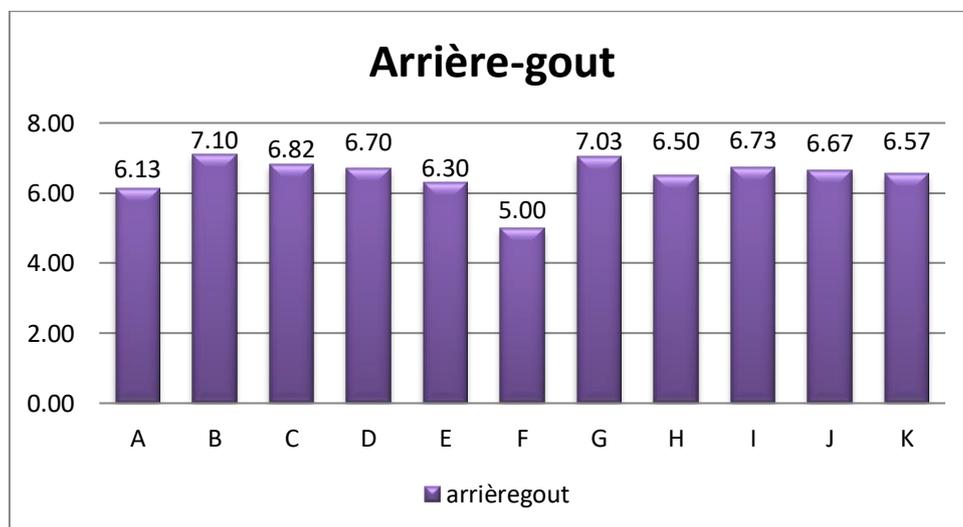


Figure 20 : Effet des facteurs sur l’arrière-goût.

V.1.6. Analyse de l’aspect

On remarque d’après la **Figure 21** que les essais J (26,66g GF, 6,66g O, 6,66g P), B (40g P), D (13,3g GF, 13,3g O et 13,3g P) et H (6,66g GF, 26,66g O et 6,66g P) ont les aspects

avant cuisson les plus appréciés d'après l'évaluation de la majorité des dégustateurs dont les résultats sont respectivement de : 7,40- 7,40- 6,87, 6,70.

Pour les mixtes B (40g P), J (26,66g GF, 6,66g O et 6,66g P), I (6,66g GF, 6,66g O et 26,66g P), F (20g GF et 20g P), E (20g GF et 20g O) et K(témoin), les dégustateurs ont déclaré que leurs aspects après cuisson sont les plus appréciables avec des moyennes de l'ordre de : 7,47- 7,47- 7,40- 7,17- 6,87- 6,73.

Pour les autres mixtes A (40g GF), C (40g O), G (20g O et 20g P) et H (6,66g GF, 26,66g O et 6,66g P), les dégustateurs ont déclaré que leurs aspects avant et après cuisson sont acceptables avec un intervalle d'acceptabilité qui varie entre [6.17-6.70] pour leurs aspects avant la cuisson et [6.37-6.43] pour l'aspect après la cuisson.

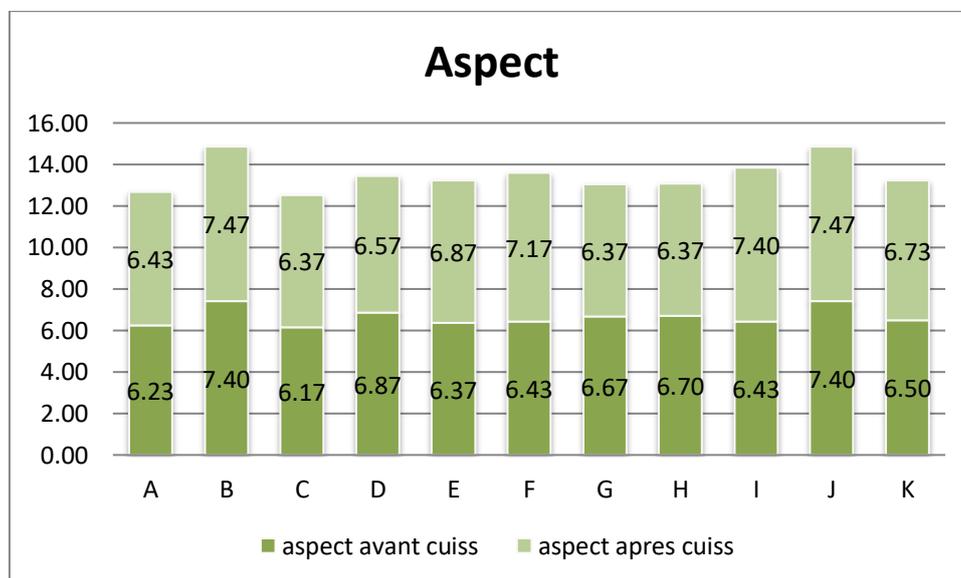


Figure 21: Influence des facteurs sur l'aspect.

V.1.7. Analyse de la persistance d'arômes

D'après les résultats illustrés dans la **Figure 22**, les panélistes ont conclu que les produits A (40g GF), F (20g GF et 20g P), J (26,66 GF, 6,66g O, 6,66g P) et k (témoin) contiennent des arômes très pertinentes avec une moyenne de 7,10.

Pour les autres mixtes B (40g P), H (6,66g GF, 26,66g O et 6,66g P), C (40g O), E (20g GF et 20g O), I (6,66g GF ; 6,66g O et 26,66g P), les dégustateurs ont déclaré que leur degré de persistance est moyen avec un intervalle de 7,00. Par contre les deux mixtes D (13,3g GF,

13,3g O et 13,3g P) et G (20g O et 20g P) marquent une faible persistance qui est de l'ordre de : 6,77- 6,93.

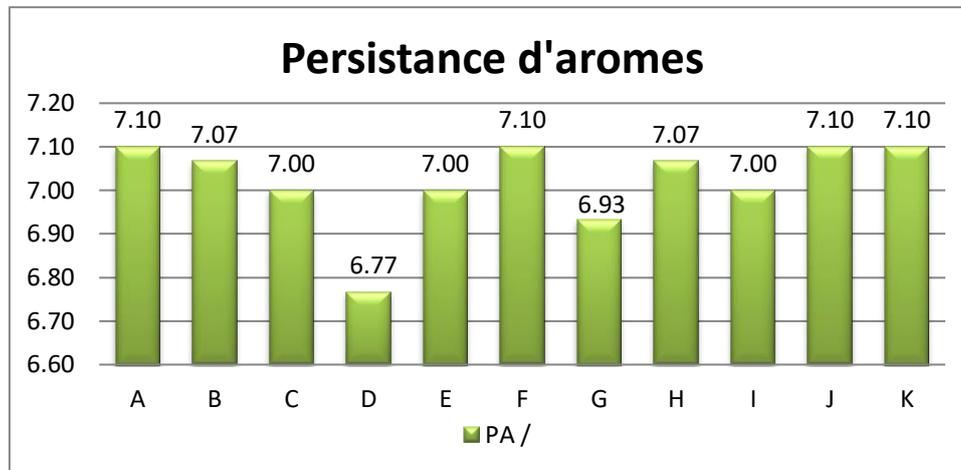


Figure 22 : Effet des facteurs sur la persistance d'arômes.

V.1.8. Analyse de texture

V.1.8.1. Texture collante

Les résultats obtenus après l'appréciation des produits sur la texture dans la **Figure 23** montrent que la texture des onze produits est presque bonne et acceptable avec une petite différence entre eux, donc on peut les classer selon leur acceptabilité ; comme suit :

1. Le mélange B (40g P) est classé premier avec 6.07, « texture non collante ».
2. Les mélanges D (13,3g GF ; 13,3g O ; 13,3g P), I (6,66g GF ; 6,66g O ; 26,66g P) et J (26,66g GF ; 6,66g O ; 6,66g P), ont été jugés acceptables avec un intervalle qui varie entre [5.23-5.27].
3. Les mélanges A (40g GF), F (20g GF et 20g P), E (20g GF et 20g O), G (20g O et 20 P), H (6,66g GF ; 26,66g O ; 6,66g P) et K (témoin) ont été classés moyennement acceptables avec un intervalle qui varie entre [4.30-4.97].
4. Alors que la texture de mélange C (40g O) n'était pas trop appréciée avec une moyenne de 2,00.

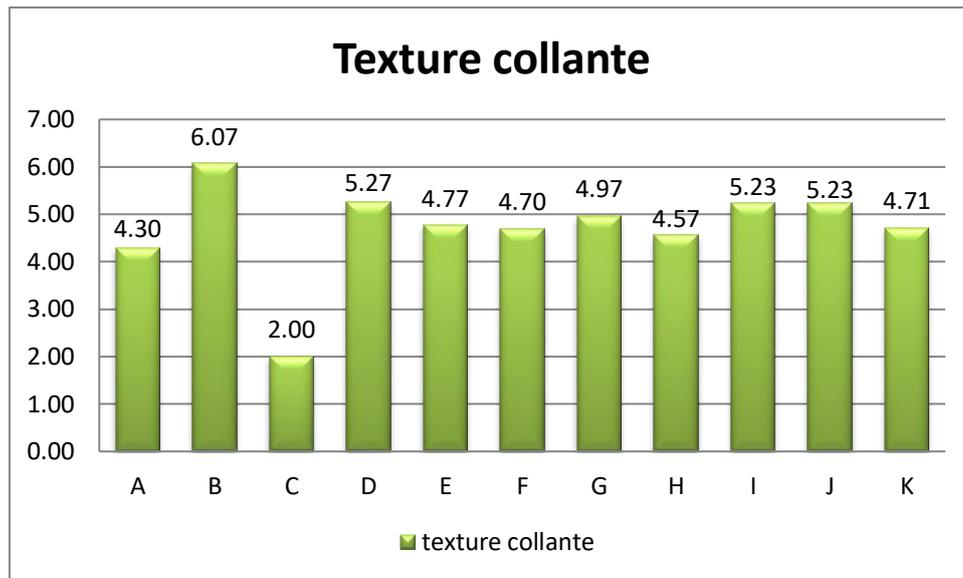


Figure 23 : Effet des facteurs sur la texture collante.

V.1.8.2. Texture homogène

Les résultats de l'appréciation des produits sur la texture homogène illustrés dans la **Figure 24**, montrent que toutes les préparations ont presque la même texture qui peut être considérée comme une texture moyenne presque acceptable ; dont le produit J (26,66g GF ; 6,66g O ; 6,66g P) est le plus acceptable puis D(13,3g GF ; 13,3g O ; 13,3g P), puis C (40g O) et juste après E (20g GF et 20g O), et G (20g O et 20g P), avec un intervalle qui varie de : 5,40- 6,07, puis A(40g GF), F (20g GF et 20g P), H (6,66g GF ; 26,66g O ; 6,66g P) avec une moyenne de : 5,37.

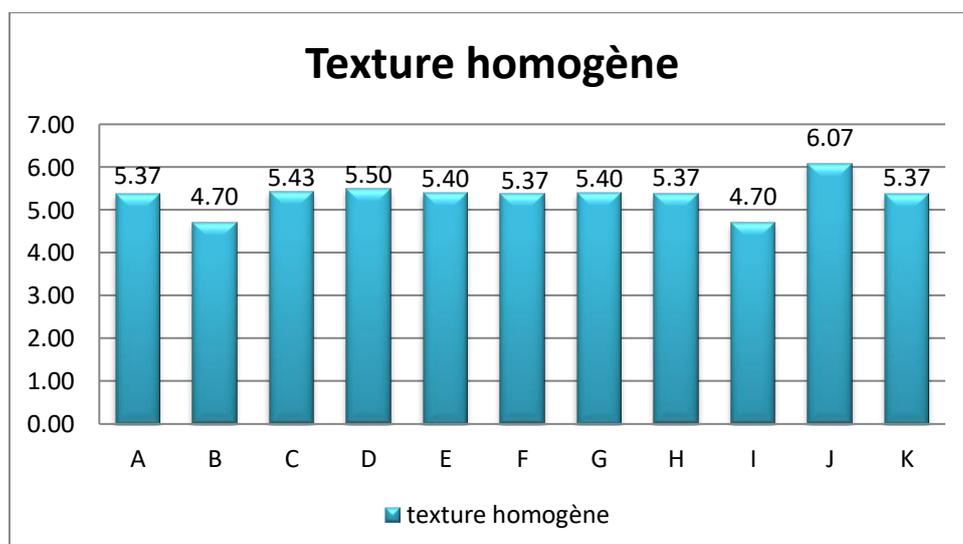


Figure 24 : Effet des facteurs sur la texture homogène.

V.1.8.3. Texture sèche

Les résultats de la **Figure 25**, montrent que les dégustateurs se sont mis d'accord que toutes les préparations ont une bonne texture non sèche.

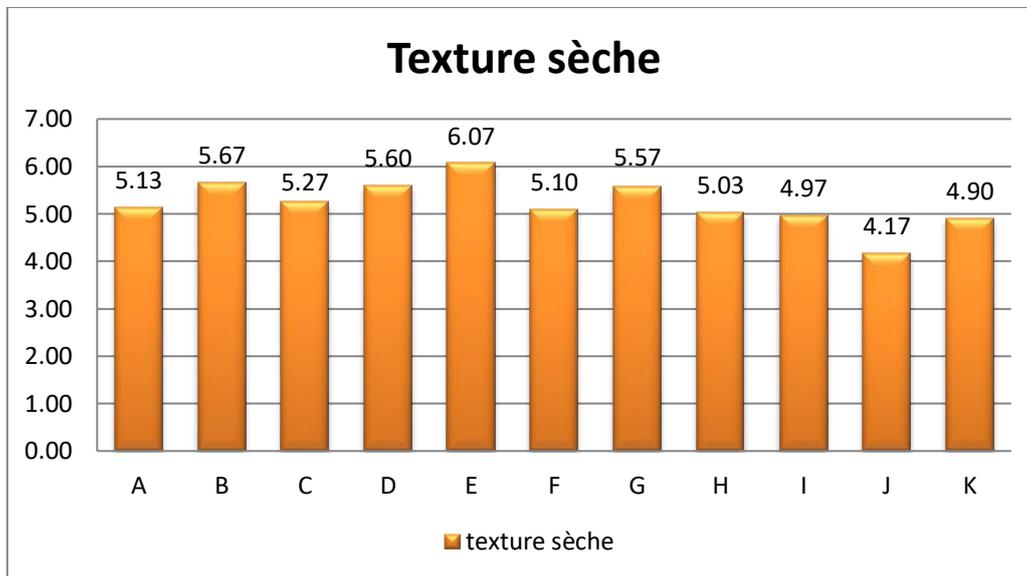


Figure 25 : Influence des facteurs sur la texture sèche.

V.1.9. Analyse de goût

V.1.9.1. Goût des graines fenouil

Les bienfaits du fenouil ne relèvent pas que de la légende urbaine : son principe actif, est du en grande partie à l'anéthol, une molécule présente à des degrés divers dans les différentes variétés de *foeniculum* (son nom latin dans le jargon botanique). Il est composé, par exemple, jusqu'à 80% des huiles essentielles contenues dans les graines de fenouil « doux ». C'est aussi l'anéthol qui lui confère son goût si caractéristique –et rafraîchissant – d'apéritif provençal : cette substance, également extraite de l'anis et de l'aneth, deux autres ombellifères issues de la même famille (les *Apiacées*), entrent en effet dans l'aromatisation du pastis et embaument d'autres liqueurs, depuis le Pontarlier jusqu'à l'absinthe (**Jardin d'essai, 2020**).

Selon la **Figure 26**, les membres du panel ont décidé que les mixtes J (26,66g GF ; 6,66g O ; 6,66g P), B (40g P), G (20g O et 20 P), H (6,66g GF ; 26,66g O ; 6,66g P) et I (6,66g GF ; 6,66g O ; 26,66g P) sont classés étant les produits les plus appréciés par rapport au goût des graines de fenouil avec une moyenne qui varie entre 5,80 et 6,50.

On remarque que les deux préparations C (40g O) et K (témoin) sont les moins appréciés, avec des moyennes présentées comme suivant : 2,97- 1,43.

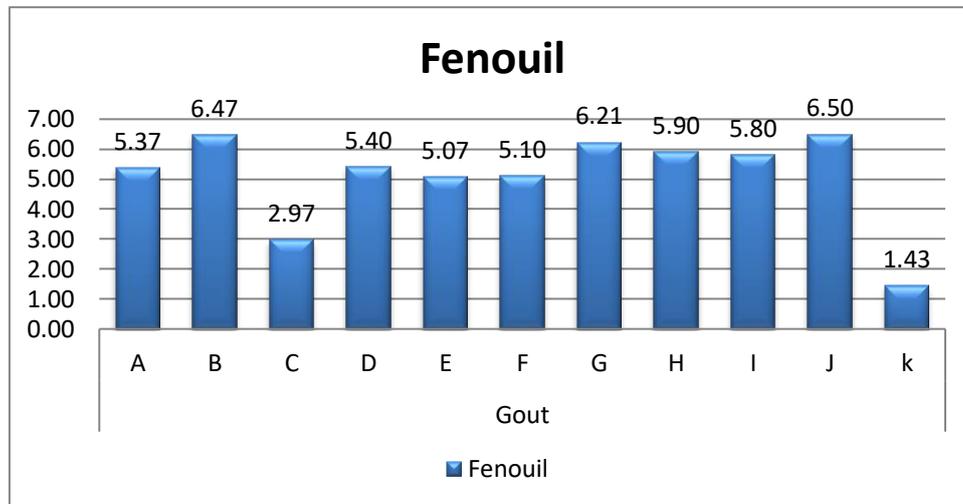


Figure 26 : Effet du goût des graines de fenouil sur les recettes préparées.

V.1.9.2. Goût d'oignons

Selon la Figure 27, les panélistes ont classé les mixtes J (26,66g GF ; 6,66g O ; 6,66g P), H (6,66g GF ; 26,66g O ; 6,66g P) et F (20g GF et 20g P) étant les plus appréciés par rapport à l'odeur des oignons avec un degré d'acceptabilité de 5,50- 5,97.

Les dégustateurs ont jugé les essais A (40g GF) et B (40g P) comme les préparations qui ont le goût des oignons le plus désagréable avec des moyennes présentées respectivement de : 3,00- 2,90. Sinon par rapport aux autres mixtes les dégustateurs les ont jugés moyennement apprécié.

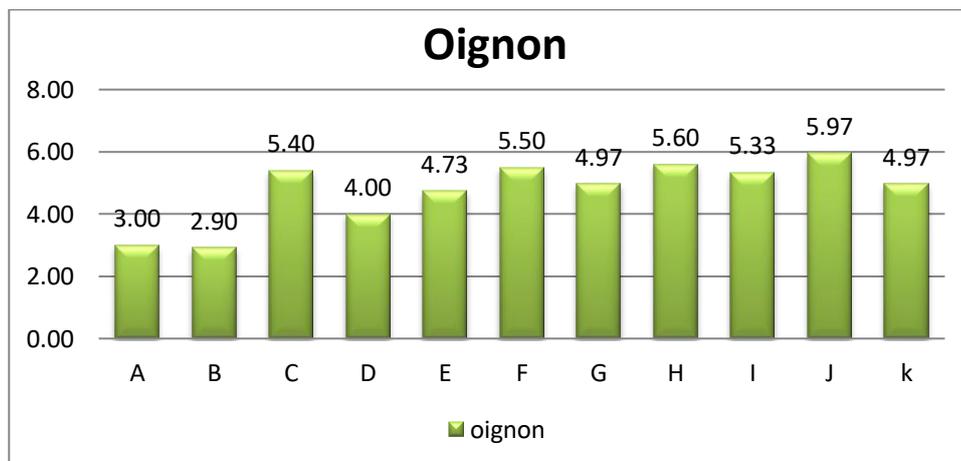


Figure 27 : Effet de goût des oignons sur les recettes préparées.

V.1.9.3. Goût de paprika

D'après les résultats obtenus dans la **Figure 28**, les panélistes ont décidé que les produits J (26,66g GF ; 6,66g O ; 6,66g P), F (20g GF et 20g P) et G (20g O et 20 P) étant les plus appréciés par rapport à l'odeur de paprika avec un intervalle qui varie entre : 6,53- 5,43. Par contre les produits I (6,66g GF ; 6,66g O ; 26,66g P), H (6,66g GF ; 26,66g O ; 6,66g P) E (20g GF et 20g O) et C (40g O), les dégustateurs ont les jugés comme les préparations moyennement apprécié avec des valeurs qui sont de l'ordre de : 5,30- 5,20- 4,97.

Sinon par rapport aux autres mixtes les panélistes ont les jugés comme les plus désagréable avec une moyenne de : 4,13- 1,83.

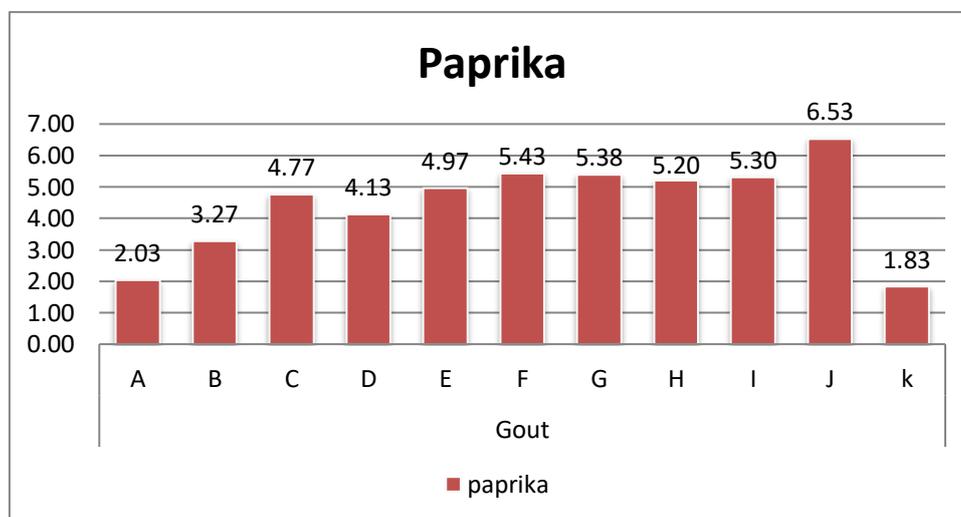


Figure 28 : Effet de goût de paprika sur les recettes préparées.

V.1.9.4. Goût des épices

Les épices sont des produits aromatisants à la saveur et au parfum chauds et brûlants. Selon le genre de produit carné et les conditions spécifiques à l'entreprise, on ajoute différentes doses d'épices au cours du processus de fabrication. Celles-ci sont utilisées, soit sous forme naturelle soit de mélanges d'épices ou d'extraits d'épices.

Les principales étant le poivre, l'ail, le cumin, la coriandre, paprika, le macis, la muscade et l'anis (**Daoudi, 2006**).

Les résultats de la **Figure 29** montre que les dégustateurs ce sont mis d'accord que les préparations J (26,66g GF ; 6,66g O ; 6,66g P), E (20g GF et 20g O), et K (témoin) sont les plus appréciables avec une moyenne qui varié de 6,43- 5,63

D'après les résultats obtenus on déduit que les dégustateurs trouvent que les autres préparations ont un goût des épices désagréable.

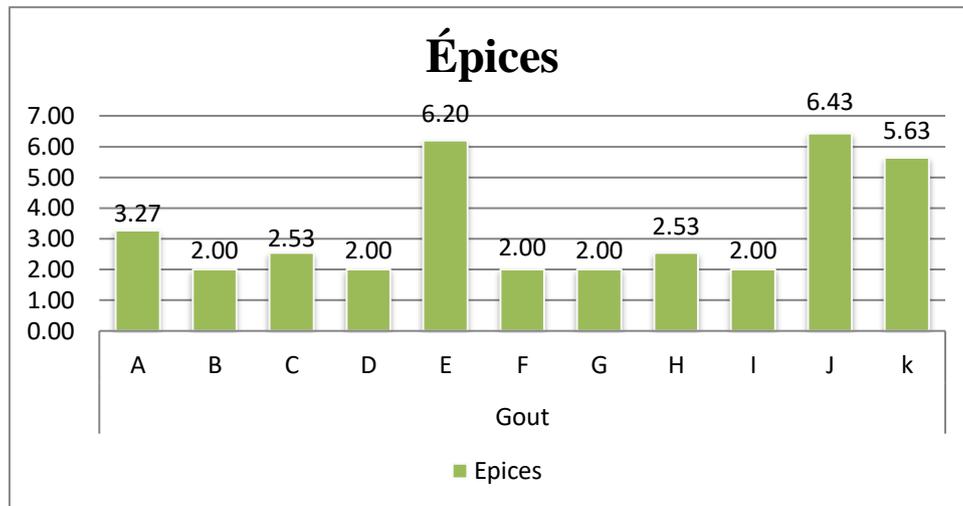


Figure 29 : Effet de goût des épices sur les recettes préparées.

V.1.9.5. Goût sucré

Les panélistes ont classé les mixtes K (témoin), I (6,66g GF ; 6,66g O ; 26,66g P), G (20g O et 20 P), F (20g GF et 20g P), C (40g O) et B (40g P) étant les plus appréciés avec un degré d'acceptation de 6,67.

Les dégustateurs ont jugé les essais A (40g GF), E (20g GF et 20g O), J (26,66g GF ; 6,66g O ; 6,66g P), comme les préparations qui ont le goût sucré moyennement apprécié par rapport aux autres produits.

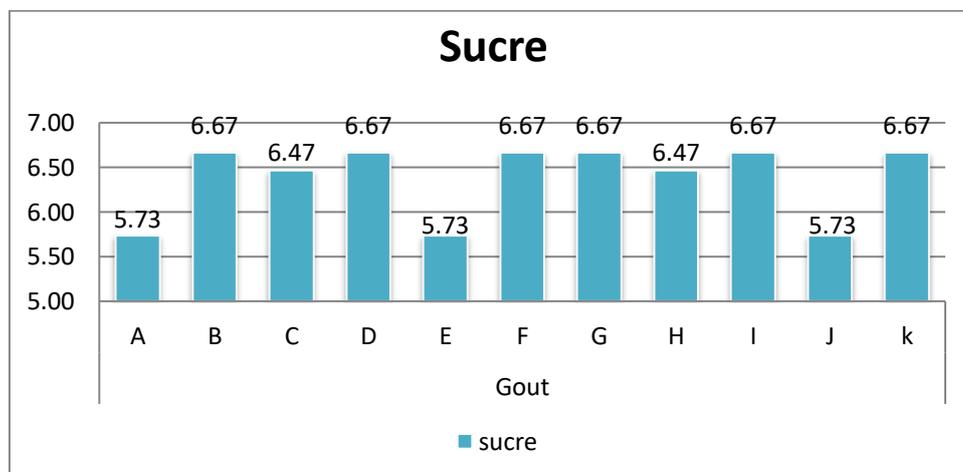


Figure 30 : Effet du goût sucré sur les recettes préparées.

V.1.9.6. Goût salé

D'après la **Figure 31**, le goût de salé des essais K (témoin), F (20g GF et 20g P), I (6,66g GF ; 6,66g O ; 26,66g P), G (20g O et 20 P), D (13,3g GF ; 13,3g O ; 13,3g P), B (40g P) sont jugés comme les plus agréables par rapport aux autres préparations avec une moyenne de : 6,37. Par contre les autres essais ont été jugés moyennement appréciés.

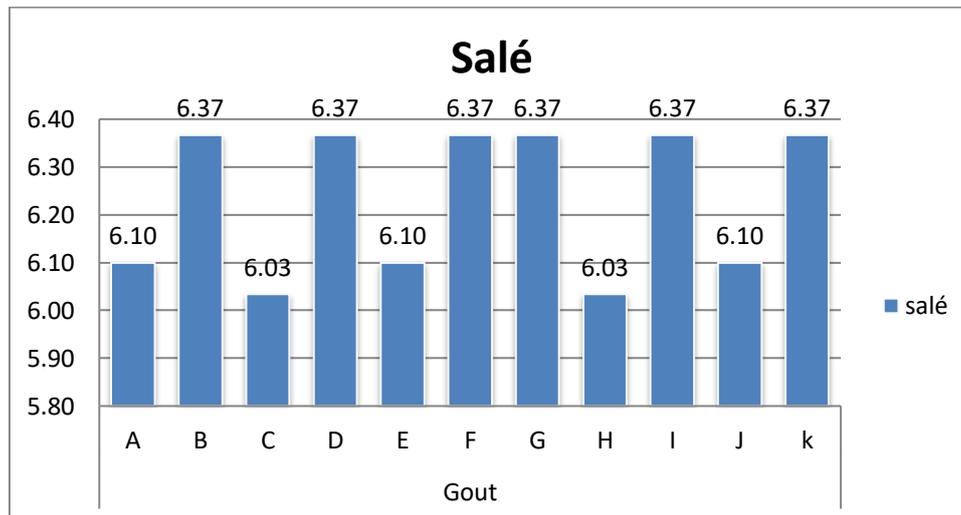


Figure 31 : Effet du goût salé sur les recettes préparées.

V.1.9.7. Goût soja

Selon les résultats obtenus dans la **Figure 32**, les panélistes ont classé les essais J (26,66g GF ; 6,66g O ; 6,66g P), K (témoin) et H (6,66g GF ; 26,66g O ; 6,66g P) étant les plus appréciés avec un intervalle de : 5,17- 6,13.

Les dégustateurs ont jugé le degré d'acceptabilité des mixtes A (40g GF) et C (40g O) pas trop appréciable avec des valeurs de : 1,97- 2,87. Alors qu'on remarque que la majorité des panélistes ont jugé le reste des préparations moyennement acceptable.

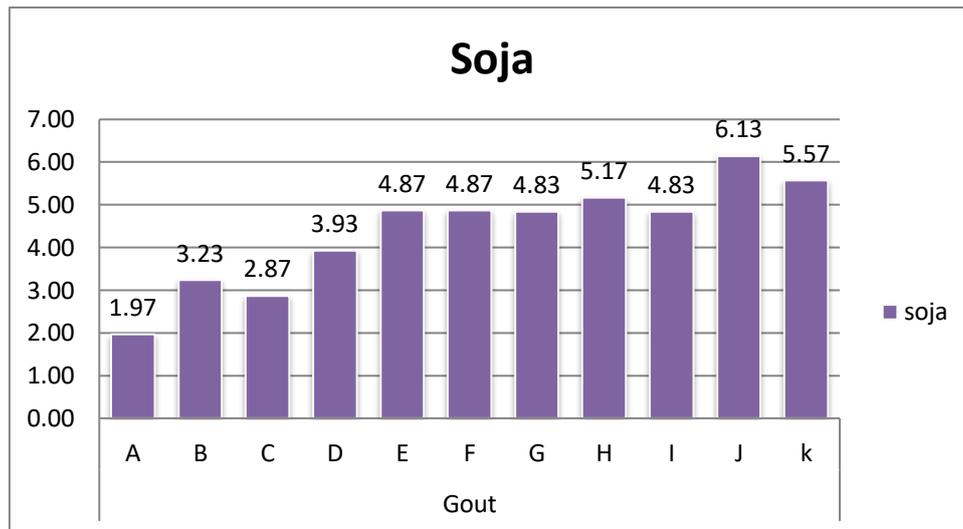


Figure 32 : Effet de goût de soja sur les recettes préparées.

V.1.9.8. Goût piquant

Selon les résultats illustrés dans la **Figure 33**, les dégustateurs ont classé les essais A (40g GF) et E (20g GF et 20g O) comme les préparations qui ont un goût piquant désagréable avec une moyenne de : 3,27. Sinon par rapport aux autres préparations le gout a été jugé moyennement apprécié.

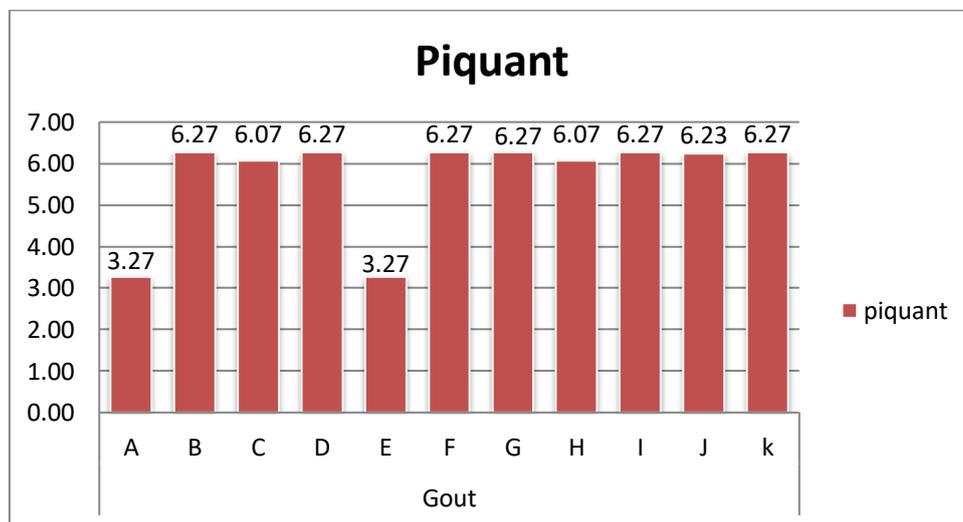


Figure 33 : Effet du goût piquant sur les recettes préparées.

D’après les résultats de dégustation on distingue que les critères couleur et goût sont les paramètres qui se différencient entre les produits préparés, donc on les a choisis comme réponses pour le plan de mélange.

V.2. Résultat du plan de mélange

Les résultats de la matrice du plan de mélange sont exprimés dans le **Tableau 09**.

Tableau 09: Réponses de la matrice du plan de mélange.

Mixtures	F	O	P	Couleur		Goût			
				Avant cuisson	Après cuisson	G.F	O	P	S
01	1	0	0	6,13	6,10	5,37	3,00	2,03	1,97
02	0	0	1	7,10	6,93	6,47	2,90	3,27	3,23
03	0	1	0	6,82	6,93	2,97	5,40	4,77	2,87
04	1/3	1/3	1/3	6,70	6,40	5,40	4,00	4,13	3,93
05	1/2	1/2	0	6,30	6,57	5,07	4,73	4,97	4,87
06	1/2	0	1/2	6,10	6,37	5,10	5,50	5,43	4,87
07	0	1/2	1/2	7,03	6,73	6,21	4,97	5,38	4,83
08	1/6	2/3	1/6	6,50	6,60	5,90	5,60	5,20	5,17
09	1/6	1/6	2/3	6,73	7,68	5,80	5,33	5,30	4,83
10	2/3	1/6	1/6	7,63	7,67	6,50	5,97	6,53	6,13

V.2.1. Estimation statistique du modèle mathématique

L'optimisation des réponses s'avère souvent utile dans le développement de produits, lorsque nous devons par exemple déterminer les conditions de fabrication qui donneront un produit ayant les propriétés souhaitées. Dans notre cas, c'est la détermination des proportions des ingrédients utilisés qui optimisent la couleur et le goût de notre recette pour cette raison on a effectué un traitement des résultats par le MINI TABE 19.

a) Analyse du mélange pour la réponse couleur avant cuisson

L'équation du modèle ajusté est :

$$Y = 6,45803 * F + 6,66803 * O + 7,00349 * P - 0,347861 * F * O - 1,59695 * F * P + 0,863048 * O * P + 9,42353 * F * O * P$$

Le modèle obtenu est valide avec une probabilité de 0,9614.

➤ **Optimiser la réponse**

Dans le but de maximiser la couleur avant la cuisson, le plan de mélange indique que les proportions des ingrédients doivent présenter les valeurs résumé dans le tableau ci-après :

Tableau 10 : Valeurs de l’optimisation de la réponse (couleur avant cuisson) de chaque facteur.

Facteur	Bas	Haut	Optimum
F	0,0	1,0	0,00000228226
O	0,0	1,0	0,305811
P	0,0	1,0	0,694186

L’analyse des graphes de la surface sont présentées dans la **Figure 34**, nous indique que le paprika est le facteur limitant qui différencier le mieux entre les recettes avant la cuisson.

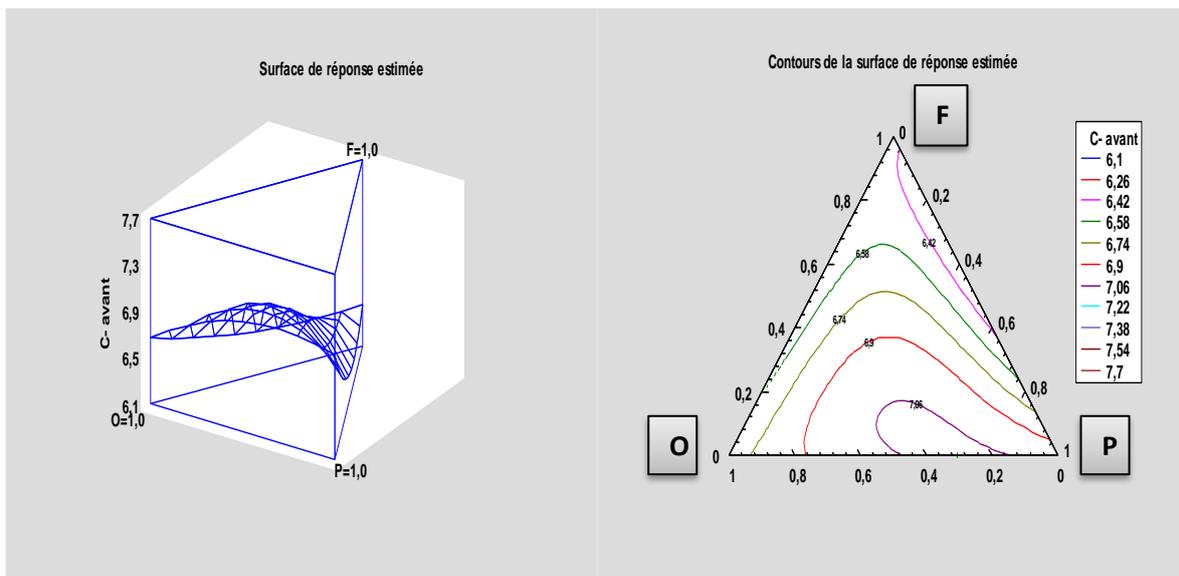


Figure 34 : Graphes de la surface de la réponse couleur avant cuisson.

b) Analyse du mélange pour la réponse couleur après cuisson

L'équation du modèle ajusté est :

$$Y' = 6,39647 * F + 6,82647 * O + 6,86647 * P + 0,605882 * F * O - 0,114118 * F * P - 1,13412 * O * P + 4,40471 * F * O * P$$

Le modèle obtenu est valide avec une probabilité de 0,9969.

➤ Optimiser la réponse

Dans le but de maximiser la couleur après la cuisson, le plan de mélange indique que les proportions des ingrédients doivent présenter les valeurs résumé ci-après.

Tableau 11 : Valeurs de l'optimisation de la réponse (couleur après cuisson) de chaque facteur.

Facteur	Bas	Haut	Optimum
F	0,0	1,0	0,0
O	0,0	1,0	0,0
P	0,0	1,0	1,0

L'analyse des graphes de la surface sont illustrées dans la **Figure 35**, nous indique que le paprika est le facteur limitant qui différencier le mieux entre les recettes après la cuisson.

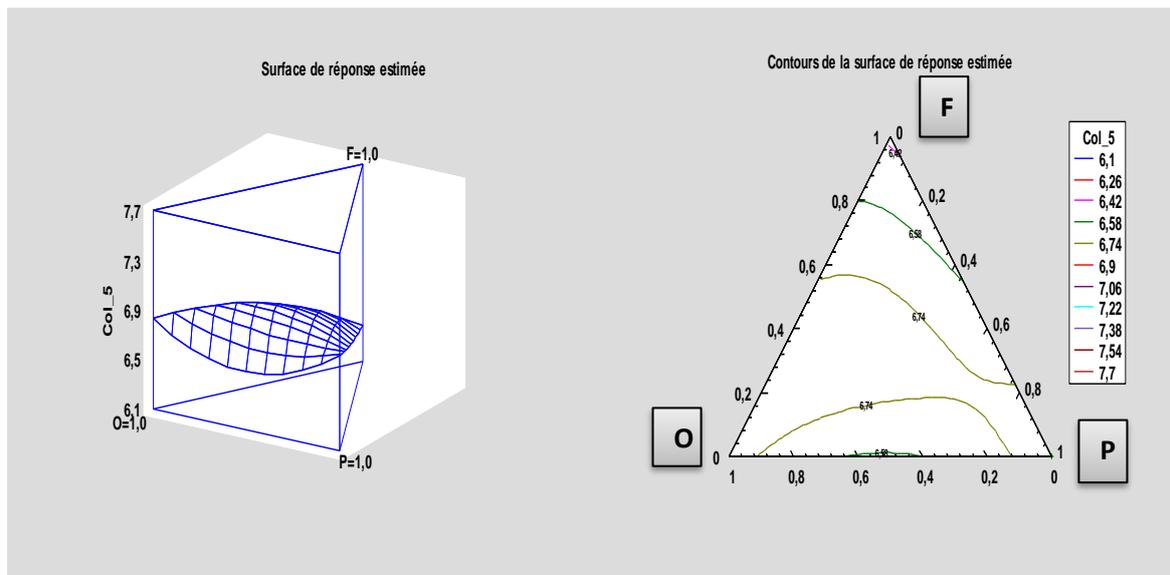


Figure 35 : Graphes de la surface de la réponse couleur après cuisson.

c) Analyse du mélange pour la réponse goût

Les modèles obtenus sont :

$$\text{Goût P} = 2,50885 * F + 4,64158 * O + 3,2634 * P + 6,98086 * F * O + 12,0645 * F * P + 5,16995 * O * P - 27,0106 * F * O * P$$

$$\text{Goût O} = 3,27505 * F + 5,37687 * O + 2,98778 * P + 2,62385 * F * O + 10,9257 * F * P + 3,4093 * O * P - 20,1176 * F * O * P$$

$$\text{Goût S} = 2,35711 * F + 2,91711 * O + 3,15166 * P + 10,6684 * F * O + 9,69754 * F * P + 7,05754 * O * P - 23,1671 * F * O * P$$

Les modèles obtenus en se basant sur le goût sont inadéquats, car la probabilité des modèles est de l'ordre de 0.4838, 0.5576 et 0.4787 respectivement pour le goût O, P, S et F.

V.3. Résultats de la caractérisation physicochimique

V.3.1. Dosage de la matière grasse

Les résultats de la teneur en matière grasse des produits élaborés sont représentés dans le **tableau 12**.

Tableau 12 : Résultat de la teneur en matière grasse des produits élaborés.

Détermination	Produit J	Produit K (Témoin)	Norme	Méthode
Matière grasse	3,2%	1,72%	Max 25%	JORA N°35 26.06.2006

La teneur en matière grasse des deux produits est conforme en comparaison aux normes.

D'après les résultats obtenus, on remarque que la teneur en matière grasse dans le produit J est deux fois plus élevée que celle du produit K (témoin).

Cette différence est le résultat d'incorporation du paprika doux et les graines de fenouil dans le mélange J, les teneurs moyennes en lipides dans ces derniers sont : 12,9g pour le paprika (**Ciaqual, 2016**), et 14,9g pour les graines de fenouil (**Catherine, 2019**).

Ainsi que la présence de l'ail dans le mélange K, qui joue le rôle d'un absorbant des matières grasses (Il réduit le métabolisme lipidique (**Goetz and Ghédira, 2012**)).

V.3.2. Mesurage du pH

Les résultats de pH des produits élaborés sont représentés dans le **tableau 13**.

Tableau 13 : Résultats de pH des produits élaborés.

Détermination	Produit J	Produit K (Témoin)	Norme	Méthode
pH	6,28	6,63	7	JORA N° 35 26.06.2006

Lors du mesurage du pH on a obtenu presque les mêmes valeurs pour les deux produits.

D'après les résultats illustrés dans le tableau ci-dessus, on remarque que : des valeurs de 6,28 - 6,63 ont été enregistré pour le produit J et le produit K (témoin). Ces derniers sont conformes aux normes du **JORA N°35 26.06.2006**.

V.3.3. Teneur en humidité

Les résultats de la teneur en humidité des deux produits élaborés sont représentés dans le **tableau 14**.

Tableau 14: Résultat de la teneur en humidité des produits élaborés.

Détermination	Essai	Produit J	Produit K (Témoin)	Norme	Méthode
Humidité	1 ^{er} essai	70,88%	67,66%	60%	JORA N°1 08.01. 2006
	2 ^{eme} essai	72,64%	68,14%		

Les résultats obtenus pour le produit J sont 70,88% pour le 1^{er} essai et 72,64% pour le 2^{eme} essai, ces derniers ont légèrement dépassé les normes car la quantité d'eau des ingrédients incorporé dans le produit J sont comme suite: 11,2g pour le paprika (**Ciaqual, 2016**), 8,81g pour les graines de fenouil (**Catherine, 2019**) et 90,30g pour l'oignon (**Birlouez,**

2016). Alors que des valeurs de 67,66%- 68,14% ont été également notées pour le témoin (k) qui répondant aux normes.

On observe une différence entre les résultats des deux produits (J et K), lehaussement d'humidité est dû à l'incorporation des oignons frais dans le mélange J.

V.4. Résultats de la caractérisation microbiologique

Les résultats de l'analyse microbiologique de salmonelles des produits élaborés sont représentés dans le **tableau 15**.

Tableau 15 : Résultats de degré de contamination par les salmonelles.

Détermination	Produit J	Produit K (Témoin)	Résultat (UFC/g)	Norme	Réf
Salmonelles	Abs	Abs	Abs dans 25g	Abs	Journal officiel N°39 02.07.2017

Après les trois étapes d'identification, aucune des colonies n'apparaissent dans le milieu hektoéne, dans ce cas nos résultats sont négatifs.

L'absence totale des salmonelles dans les deux échantillons, donc les résultats répondent aux normes de **JO N°39 : 02.07.2017**, ce qui indique que les burgers préparés sont de bonne qualité microbiologique et hygiénique, et c'est une preuve que les produits ont étaient conditionnés, transportés, et stockés dans des bonnes conditions.

Conclusion

Conclusion

La présente étude a été réalisée au sein de VMF Mane et les deux laboratoires de microbiologie et de biochimie de répression des fraudes à S.E.G. Au cours de ce travail nous avons utilisé le plan de mélange pour préparer un burger à 51 % de viande et de substituer le reste avec des protéines d'origine végétale et d'autres ingrédients (graines de fenouil ; oignons frais ; paprika doux).

D'après l'analyse sensorielle et les diagrammes qui représentent les résultats de dégustation, on déduit que les essais J (26,66g GF ; 6,66g O ; 6,66g P), H (6,66g GF ; 26,66g O ; 6,66g P) et F (20g GF et 20g P), sont les plus acceptables en caractères organoleptiques (couleur, goût) et que l'essai J est le plus appréciable parmi ces trois, du fait que les dégustateurs ont préféré ces produits par rapport au témoin.

Ces résultats ont été évalués par logiciel MINI TAB 19 qui a étudié la signification des effets du caractère couleur avant et après cuisson et nous a permis d'obtenir les modèles mathématiques présentés ci-après :

- Modèle obtenu par le critère couleur avant cuisson

$$Y = 6,45803 * F + 6,66803 * O + 7,00349 * P - 0,347861 * F * O - 1,59695 * F * P + 0,863048 * O * P + 9,42353 * F * O * P$$

- Modèle obtenu par le critère couleur après cuisson :

$$Y' = 6,39647 * F + 6,82647 * O + 6,86647 * P + 0,605882 * F * O - 0,114118 * F * P - 1,13412 * O * P + 4,40471 * F * O * P$$

Les deux modèles sont valides avec des probabilités de 0,9969 et 0,9614 respectivement.

Les modèles mathématiques obtenus par le critère goût sont invalides, ce qui signifie que le critère goût ne peut pas être utilisé comme paramètre d'optimisation.

Les résultats de quelques analyses physicochimiques montrent une stabilité relative et normale des paramètres de contrôles (pH, matière grasse, humidité). Ce qui prouve la bonne qualité et la conformité de notre produit.

Les résultats de la présente étude font preuve de la bonne qualité du produit vis-à-vis des analyses microbiologiques (salmonelles).

Afin d'approfondir ce travail, il sera souhaitable de le compléter avec des études complémentaires nécessaires pour avoir une étude économique détaillée ; et de réaliser le dosage des protéines par l'électrophorèse pour avoir plus de précision. Ainsi ça sera préférable d'utiliser les résultats de dosage des protéines comme réponse pour notre optimisation.

Annexes

Annexe 1

Aspect des steaks préparés avant et après cuisson

Mixtures	Avant cuisson	Après cuisson
01	 A white kitchen mixer labeled 'Mixer PE 2000' is shown with a bowl containing a dark, textured mixture. The digital display shows '70'.	 A round, dark brown steak is shown on a piece of aluminum foil. A pink sticky note with the letter 'A' is placed above it. A timestamp '29.05.2021 21:47' is visible in the bottom right corner.
02	 A white kitchen mixer labeled 'Mixer PE 2000' is shown with a bowl containing a bright orange-red mixture.	 A round, bright orange-red steak is shown on a piece of aluminum foil. A pink sticky note with the letter 'B' is placed above it. A timestamp '29.05.2021 21:50' is visible in the bottom right corner.
03	 A white kitchen mixer labeled 'Mixer PE 2000' is shown with a bowl containing a bright orange-red mixture.	 A round, bright orange-red steak is shown on a piece of aluminum foil. A pink sticky note with the letter 'C' is placed above it. A timestamp '29.05.2021 21:50' is visible in the bottom right corner.
04	 A white kitchen mixer labeled 'Mixer PE 2000' is shown with a bowl containing a bright orange-red mixture.	 A round, dark brown steak is shown on a piece of aluminum foil. A yellow sticky note is placed above it.
05	 A white kitchen mixer labeled 'Mixer PE 2000' is shown with a bowl containing a bright orange-red mixture.	 A round, dark brown steak is shown on a piece of aluminum foil. A pink sticky note with the letter 'E' is placed above it. A timestamp '29.05.2021 22:06' is visible in the bottom right corner.

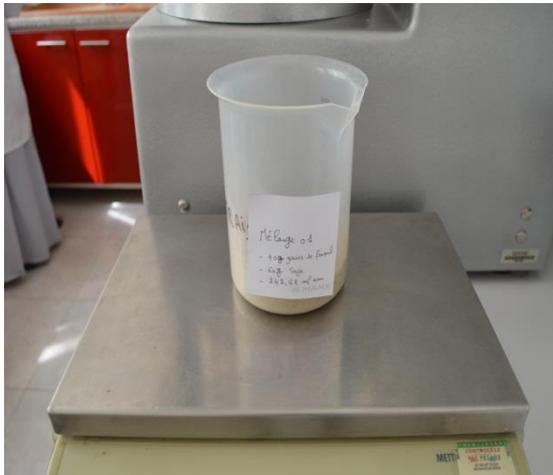
06		
07		
08		
09		
10		



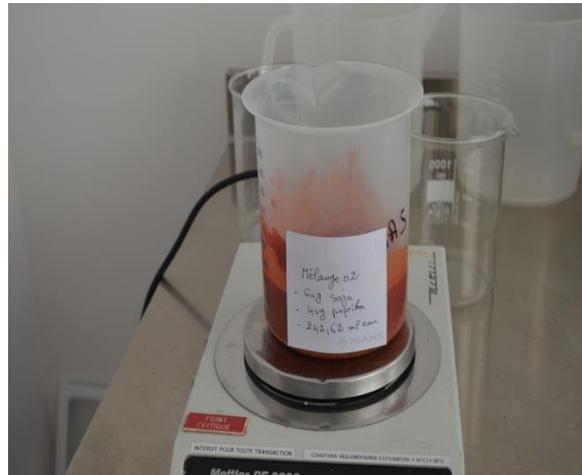
Figure 01 : Aspect des steaks hachées préparées avant et après cuisson.

Annexe 2

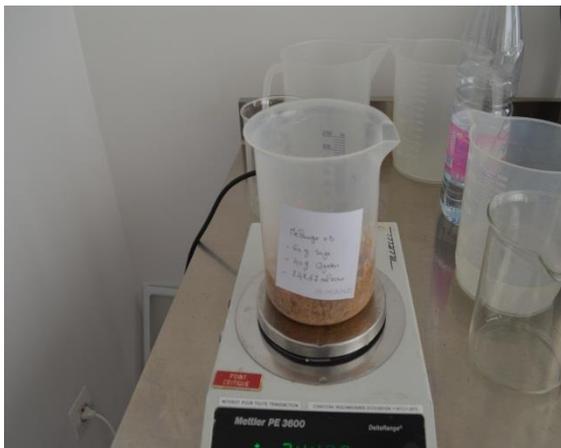
Réhydratation des mélanges technologiques



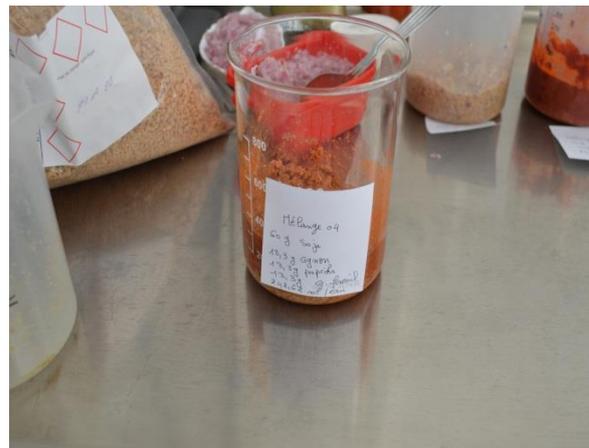
Mélange 01



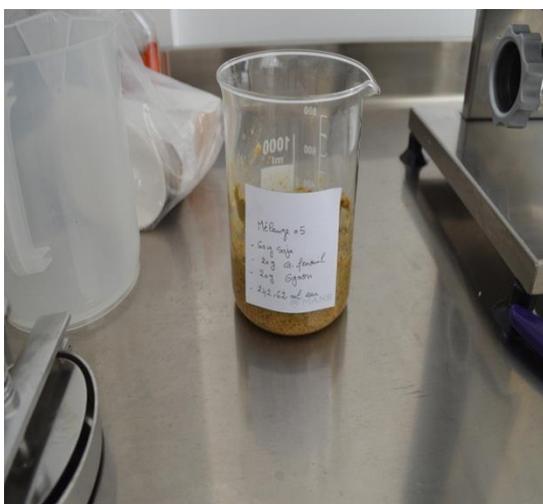
Mélange 02



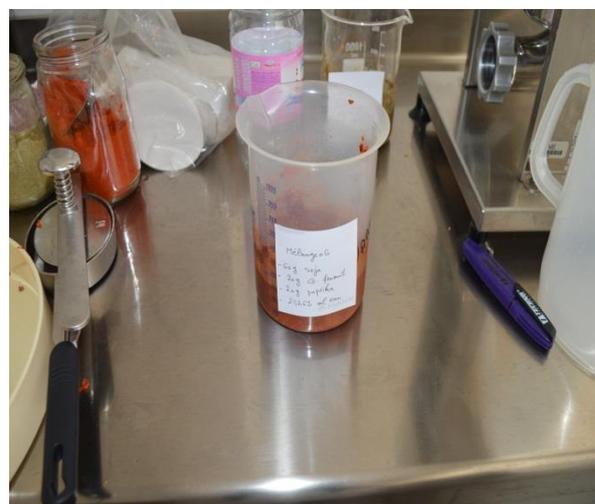
Mélange 03



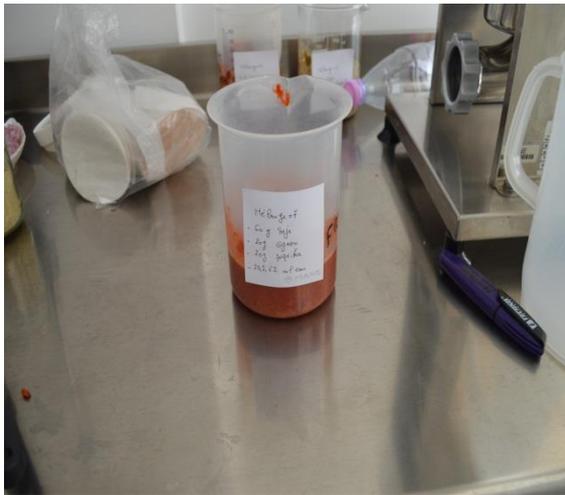
Mélange 04



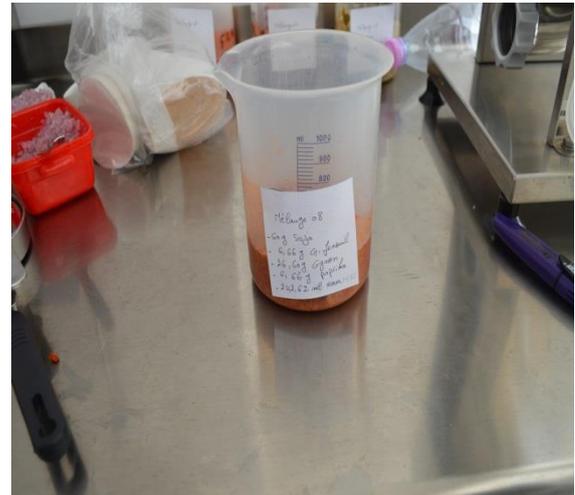
Mélange 05



Mélange 06



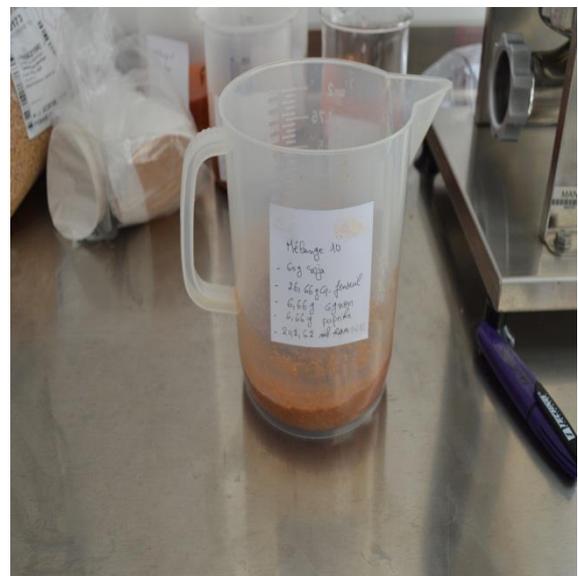
Mélange 07



Mélange 08



Mélange 09



Mélange 10



Mélange 11 (Témoin)

Figure 02 : Étapes de réhydratation de chaque mélange.

Annexe 3

Fiche de dégustation pour des burgers (viande hachée préparée)

Nom :

Date :

Sexe :

Age :

Critère		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Couleur	Avant cuisson											
	Après cuisson											
Gout	Épices											
	Sucre											
	Salé											
	Fenouil											
	Oignon											
	Paprika											
	Amer											
	Soja											
Piquant												
Jutosité	—											
Tendreté	—											
Texture	Collante											
	Homogène											
	Sèche											
Odeur	Oignon											
	Fenouil											
	Paprika											
	Non identifiée											
	viande											
Arrière-gout	—											
Aspect	Avant cuisson											
	Après cuisson											
Persistance d'arome	—											

Échelle d'évaluation : de 0 à 9

0 : Extrêmement inappréciable / 9 : Extrêmement appréciable

Annexe 4

1. Équipements

Les équipements qui ont été utilisés lors de la préparation des produits et leur caractérisation sont :



Boîtes pétris



Bécher



Entonnoir



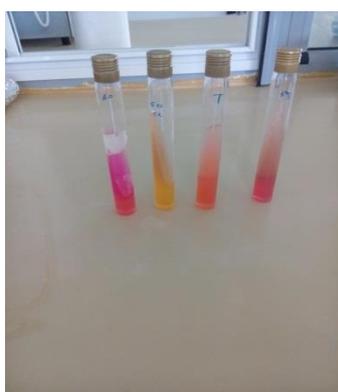
Bec buzen



Flocon stérile



Fiole jaugée



Tubes à essais



Plaque chauffante



pH-mètre



Disicateur



Extracteur soxhlet



Broyeur homogénéisateur

Stomacher



Capsules à bec en verre



Soudeuse de sachets



Diluteur



Autoclave



Étuve de séchage



Façonneuse de burger

**Hachoir à viande****Pétrin****Balance analytique**

Figure 03 : Équipement utilisés pour la préparation et la caractérisation des produits.

2. Produits chimiques et réactifs

Les produits chimiques et les réactifs qui ont été utilisés pour la réalisation de ce travail sont :

- Hexane ;
- Chlorure de sodium ;
- L'acide chlorhydrique ;
- Eau peptonée tamponnée ;
- Rappaport-Vassiliadis avec Soja ;
- Muller Kauffmann au Tétrathionate-novobiocine ;
- Bismuth ;
- Eau distillée ;
- Gélose xylose lysine désoxycholate ;
- Brillant Green Agar.

➤ **Produits utilisés**



Oignons frais



Paprika et grains de fenouil

Figure 04 : Ingrédients utilisés pour la préparation des dix recettes de burgers.

Annexe 5

Méthode de détermination de la teneur en matière grasse Totale

➤ **Définition**

La teneur en matière grasse totale des viandes et produits à base de viande s'exprime en pourcentage en masse.

➤ **Prise d'essai**

Selon la teneur en matière grasse supposée, peser à 0,001 g près, de 3 à 5 g de l'échantillon broyé et les introduire dans la fiole conique de 250 ml.

Annexe 6

Plans de mélanges

1. Plans de mélanges

1.1. Généralités

Les facteurs d'étude des plans de mélanges sont les proportions des constituants du mélange (**Goupy, 1997**). Or ces constituants ne sont pas indépendants les uns des autres. La somme des proportions d'un mélange est toujours égale à 100 %. Le pourcentage du dernier constituant est imposé par la somme des pourcentages des premiers composés. C'est la raison pour laquelle les plans de mélanges sont traités à part.

Les plans de mélanges sont aussi caractérisés par de nombreuses contraintes qui peuvent peser sur le choix des proportions des constituants. Par exemple, la concentration d'un produit doit être au moins de x pour-cent ou cette concentration ne peut excéder une valeur donnée. En fonction de ces contraintes, la planification de l'étude est modifiée et elle doit être adaptée à chaque cas (**Goupy, 1997**).

1.2. Intérêts

Les plans de mélange sont utilisés dans les études industrielles en recherche et développement. Ils interviennent dans de nombreux domaines industriels. Leur succès réside dans la possibilité d'interprétation de résultats expérimentaux avec un effort minimal sur le plan expérimental : la minimisation du nombre nécessaire d'expériences permet un gain en temps et en coût financier (**Philippe, 2008**).

- arriver rapidement aux meilleurs résultats possibles.
- éviter de réaliser des expériences inutiles.
- Diminution du nombre d'essais.
- Connaissance des effets des paramètres, déduction des paramètres influents.
- Possibilité d'évaluer les effets des interactions entre les paramètres.
- Meilleure précision des résultats.
- Modélisation mathématique de l'expérience.

1.3. La représentation géométrique des mélanges

1.3.1. Les mélanges à 3 constituants :

On utilise un triangle équilatéral pour représenter les mélanges à 3 composants. Les produits purs sont aux sommets du triangle équilatéral, les mélanges binaires sont représentés

par les côtés du triangle, un point de la surface intérieure du triangle équilatéral représente un mélange tertiaire et les compositions de chaque produit se lisent sur les côtés du triangle.

Les propriétés géométriques du triangle équilatéral assurent que la contrainte fondamentale des mélanges est bien respectée.

La Figure 05 représente les mélanges à trois constituants sur un triangle équilatéral.

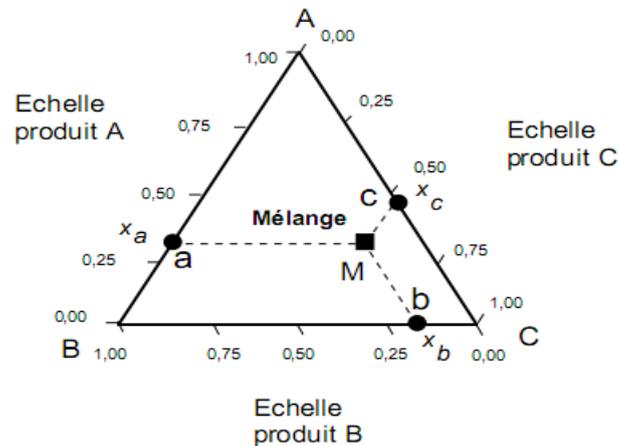


Figure 05: Représentation des mélanges à trois constituants sur un triangle équilatéral (Jacques et autre, 2006).

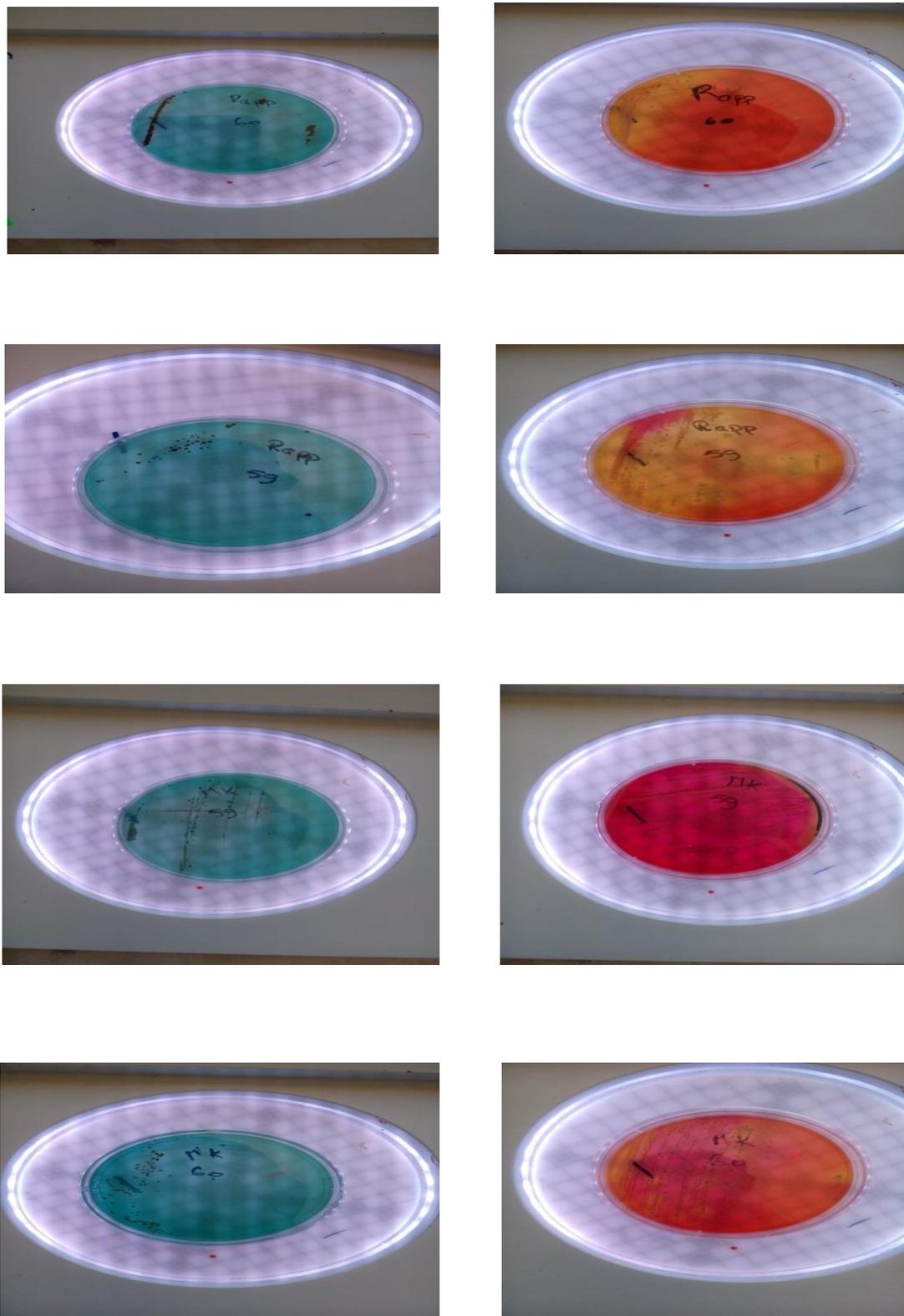
✓ Le modèle mathématique est présenté comme suit :

$$Y = b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3$$

✓ La validation de ce modèle s'effectue comme suit :

$$Y = b_1 (1/3) + b_2 (1/3) + b_3 (1/3) + b_{12} (1/9) + b_{13} (1/9) + b_{23} (1/9) + b_{123} (1/27).$$

Annexe 7

Résultats de l'enrichissement en milieux sélectifs liquides : ensemencement du bouillon MSR/V et d'un bouillon MKTTn**Figure 06 :** Résultats de l'enrichissement des salmonelles.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Abis Sébastien, (2011).** Actualité agricoles, alimentaires et environnementales de l'espace méditerranéen, Revue de presse du CIHEAM, p. 10.
2. **ACTIA (1999).** Evaluation sensorielle, guide de bonnes pratiques.
3. **Afssa/Afssaps. (2005).** Sécurité et bénéfices des phyto-estrogènes apportés par l'alimentation - Recommandations. Recommandations, Agence française de sécurité sanitaire des aliments. Consulté le Mars 05, 2013.
4. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Table de composition nutritionnelle des aliments Ciquial 2020. Consultée le 25/09/2020 depuis le site internet Ciquial <https://ciquial.anses.fr/>.
5. **Akkouche S., (2013).** Viandes rouges et blanches : Les Algériens en ont consommé près de 30.000 tonnes en dix jours. Le Soir d'Algérie du 23-07-2013.
6. **Aliane.z, (2016).** Analyses microbiologique et physicochimique du cachir, master en science des aliments, université de Tlemcen.
7. **Aziza M., (2013).** Filière avicole une nouvelle exonération sous conditions. Le quotidien Oran, 27.07.2013, p. 03.
8. **Banque nationale de développement agricole,** Fiche technique soja, 1.0.
9. **Bau, H.-M., Villaume, C., Giannangeli, F., Nicolas, J.-P., & Mejean, L. (2001).** Optimisation du chauffage et valeurs nutritionnelle et fonctionnelle des protéines de soja. Cahiers de nutrition et de diététique, 36(2), pp. 96-102. Consulté le Janvier 16, 2013.
10. **Bauchard D., Chantelot F., Gandermer G. (2008).** Qualités nutritionnelles de la viande et des abats chez le bovin : données récentes sur les principaux constituants d'intérêt nutritionnel. Cah. Nutr. *Diététique*, 2008, 43 : HS1, 29-39.
Birlouez E. Garlic, onion, and other Alliaceae: Historical and cultural approach. *Phytothérapie*. 2016;14:141-8.
11. **Birlouez E. (2016).** Garlic onion, and other Alliaceae: Historical and cultural approach. *Phytothérapie*. 2016;14:141-8.
12. **Cartier., Moëvi I. (2007).** Le point sur la qualité des carcasses et des viandes de gros bovins. Institut de l'Élevage: Paris, 2007, 72 p.

Références bibliographique

13. **Cathrine. C., (2019).** Valeurs nutritionnelles des grains de fenouil. Consulté le 19/11/2019 à 17 :30. <https://sante.journaldesfemmes.fr/fiches-sante-du-quotidien/2554724-fenouil-bienfait-sante-tisane-maigrir-allaitement/>.
14. **Chatenet, C. (2007).** Le soja, une plante étonnante, un aliment incontournable. Actualités pharmaceutiques(469), p. 37. Consulté le Décembre 14, 2012
15. **Chikhi K. et Padilla M., (2014).** L'alimentation en Algérie : quelles formes de modernité ?. New Medit, Vol 13, n. 3, Bari (Italie).
16. **Ciqual, (2016).** Fiche paprika, Table de composition nutritionnelle des aliments.
17. **Ciqual, (2020).** Fiche oignons rouges, Table de composition nutritionnelle des aliments.
18. **Clinquart A., Leroy B., Dottreppe O., Hornick J.L., Dufrasne I.L., Istass L. (2000).** Les facteurs de production qui influencent la qualité de la viande des bovins Blanc Bleu belge. In : L'élevage du Blanc Bleu Belge, Journée du Centre d'Excellence du Secteur agricole et son Management (CESAM), 26 mai 2000, Mons, 2000, 19 p.
19. **Cnuced, New York et Genève, (2016).** Soja. Un profil de produit de base par INFOCOMM. Fonds de la CNUCED pour l'information sur les marchés des produits de base agricoles.
20. **Code d'usage en matière d'hygiène pour la viande, Cac.Rcp, 58-2005.**
21. **Codex Alimentarius. (2005).** Description de la viande.
22. **Conférence des nations unies sur le commerce et le développement, new York 2016.**
23. **Coibion L., (2008).** Acquisition des qualités organoleptiques de la viande bovine : adaptation à la demande du consommateur. (Mémoire pour l'obtention du grade de Docteur vétérinaire). École nationale vétérinaire de Toulouse : Toulouse, 2008, 97 p.
24. **Danie P. (2017).** Paprika : paprika présentation, consulté le 30/05/2017.
25. **Daoudi A. (2006).** Charcuterie : Ingrédients et additifs « eau ». Université de Chlef-Hassiba Benbouali, master en Biologie.
26. **Dossier scientifique de l'IFN, les protéines N°9bis, mai 1997.**
27. **Dransfield E. (1994).** Tenderness of meat, poultry and fish. In: Pearson A.M., Dutson T.R. (Eds), Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. Blackie Academic & Professional: London, 1994, 289-336.
28. **DURAND P., (2009).** Ingrédient et additifs ; in Technologie des Produits de Charcuteries et des Salaisons. Tec. & Doc., Lavoisier, Paris.

Références bibliographique

29. **Gennaro L, Leonardi C, Esposito F, Salucci M, Maiani G, Quaglia G, Fogliano V. (2002).** Flavonoid and Carbohydrate Contents in Tropea Red Onions: Effects of Homelike Peeling and Storage. *J Agric Food Chem.* 2002;50(7):1904-10.
30. **Goetz, P., Ghédira, K., (2012).** Phytothérapie anti-infectieuse, Collection phytothérapie practice. Springer, Paris.
31. **Goldman Saches. (2019).** 20 ans après Rio, le développement durable s'universalise. 21, Montpamasse, 75006 Paris.
32. **Hbi A. (2016).** Contributions à l'étude des analyses physicochimique et microbiologique du pâté, Université de Tlemcen, master en riches des aliments.
33. **Hendawy S.F. and Ezz El-Din A.A., (2010).** Growth and yield of *Foeniculum vulgare* var. *azoricum* as influenced by some vitamins and amino acids. *Ozean Journal of Applied Sciences* 3(1), pp.113-122.
34. **Hocquette J.F., Cassar-Malek I, Listrat A., Jurie C., Jailler R., Picard B. (2005).** Evolution des recherches sur le muscle des bovins et la qualité sensorielle de leur viande. II : Influence des facteurs d'élevage sur les caractéristiques musculaires. *Cah. Agric.*, 2005, 14, 365-372.
35. **Hubert, J. (2006).** Caractérisation biochimique et propriétés biologiques des micronutriments du germe de soja – Etude des voies de sa valorisation en nutrition et santé humaines. Thèse de doctorat, École doctorale des Sciences Écologiques, Vétérinaires, Agronomiques et Bioingénieries, Qualité et sécurité des aliments, Toulouse. Consulté le Décembre 18, 2012.
36. **ISO 6759-1:2017.** Microbiologie alimentaire : Spécifie une méthode horizontale de recherche des Salmonella.
37. **Jardin d'essai, (2020).** Goût des gaines de fenouil.
38. **Jacotot et al. , (1983),** Aperçus sur la viande et ses défauts : Importance de la viande dans l'alimentation. Université de Kinshasa - Agronome 2011.
39. **Jean-Paul Charvet. (2021).** « SOJA », *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté le 20 juin 2021. URL : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/soja/>.
40. **Jeong C-H, Heo HJ, Choi SG, Shim K-H. (2009).** Antioxidant and Anticancer Properties of Methanolic Extracts from Different Parts of White, Yellow, and Red Onion. *Science et biotechnologie alimentaires*; (1):108–12.
41. **Jin-Seong M, Hee-Dae K, In-Jong Ha, Sun-Young L, Jong L, Sang-Dae L.** Chemical Component of Red Onion (*Allium cepa* L.) according to Cultivars and Growing Areas. *Horticultural Science & Technology.* 2010;28(6):921-7.

Références bibliographique

42. **Kaur G.J. and Arora D.S., (2010).** Bioactive potential of *Anethum graveolens*, *Foeniculum vulgare* and *Trachyspermum ammi* belonging to the family Umbelliferae - Current status. *Journal of Medicinal Plants Research* Vol. 4(2), pp. 087-094.
43. **La beva nutrition**, Focus scientifique « protéine animale ou végétale »,02 2012.
44. **LAMELOISE P., ROUSSEL-CIQUARD N., ROSSET R., (1984),** Evolution des qualités organoleptiques : les viandes : hygiène, technologie. *Inf. Tech. Serv. Vet.*, 88-91, 121-125.
45. **La revue scientifique Viandes & Produits Carnés**, VPC-2018-34-3-2, 13 juillet 2018.
46. **Lecerf, J.-M. (1995).** L'intérêt nutritionnel du soja. *Nutrition clinique et métabolisme*(9), p. 137. Doi: 10.1016/S0985-0562(05)80091-3.
47. **Leske, K., Jevne, C. J., & Coon, C. N. (1993).** Effect of oligosaccharide additions on nitrogencorrected true metabolizable energy of soy protein concentrate. *Journal of British Poultry Science*(72), pp. 664-668. Consulté le Mars 08, 2013.
48. **Louisot P, (1997).** Céréales, légumes secs, légumineuses et protéines végétales. *Bulletin de l'alimentation et de la nutrition*, Vol. 5 N° 1.
49. **LAWRIE, R. A. (1991),** Chemical and Biochemical Constitution of Muscle. Pages 70-123 in : *Lawrie's Meat Science*. 2nd ed. Pergamon Press, Oxford, NY.
50. **Mebtoul M., (2007).** Quand les habitudes alimentaires mettent en défaut les normes médicales. *El Joumhouria*, p.19.
51. **Media Sens "Agence conseil en média et publicité", (2009).** Les modes de consommation des Algériens. *El Chorouk El Yaoumi*, quotidien Algérien (en Arabe), du 30-07-2009, 09-08-2009 et 10-08-2009.
52. **Ministère de l'agriculture de l'agroalimentaire et de la forêt.** DGL.SDSSA. France, 2012-8181.
53. **Mlcek J, Valsikova M, DruzvikovaH, Ryant P, JurikovaT, Sochor J, Borkovcova M. (2015).** The antioxidant capacity and macroelement content of several onion cultivars. *Turk J Agric For.* 2015;39:999-1004.
54. **Moëvi. I., (2006).** Le point sur la couleur de la viande bovine. Institut de l'élevage : <http://www.inst-elevage.asso.fr>.
55. **Monin G. (1991).** Facteurs biologiques des qualités de la viande bovine. *Prod.Anim.*, 1991, 4, 151-160.

Références bibliographique

- 56. Murdock D.H., (2002).** The Encyclopedia of Foods: A Guide to Healthy Nutrition. Elsevier's Science & Technology. Oxford, UK ; 529p. Mémoire de Magister. Département de biotechnologie alimentaire, I.N.A.T.A.A. Constantine.
- 57. Nedjraoui D. (2012).** Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Profil fourrager (Algérie). [En ligne] FAO, Janvier 2012. [Citation : 08 Juin 2015.] <http://www.fao.org/ag/agp/AGPC/doc/Counprof/Algeria/Algerie.htm>.
- 58. Normand J. (2005).** Couleur de la viande de veau et de gros bovins. Interbev : Paris, 28 p.
- 59. Olsson M.E, Gustavsson K-E, Vagen IM. (2010).** Quercetin and Isorhamnetin in Sweet and Red Cultivars of Onion (*Allium cepa* L.) at Harvest, after Field Curing, Heat Treatment, and Storage. *J. Agric. Food Chem.*; 58(4)2323-30.
- 60. Ouali A., Herrera-Mendez C.H., Coulis G., Becila S., Boudjellal A., Aubry L., Sentandreu M.A. (2006).** Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat SCI.*, 2006, 74, 44 58.
- 61. Paul D. (2006).** Technologie des produits de charcuteries et des salaisons, Paris : Ed, Tee, Doc, La voiser -530p.
- 62. Pérez-Gregorio RM, García-Falcón MC, Simal-Gándara J, Rodrigues AS, (2010).** PF Almeida A. Identification and quantification of flavonoids in traditional cultivars of red and white onions at harvest. *Journal of Food Composition and Analysis.*; 23(6):592-8.
- 63. Pierlot, C. (2010).** Contribution des plans d'expériences à l'oxydation et à la formulation (Habilitation à diriger des recherches). Université des sciences et technologies de Lille 1.
- 64. Pitrat, M. (2009).** Histoires de légumes: Des origines à l'orée du XXIe siècle. Éditions Quae. Consulté le 05 Mars, 2013.
- 65. Rahami R. & Ardekani M.R.S. (2013).** Medicinal properties of *Foeniculum vulgare* Mill. In traditional Iranian medicine and modern phytotherapy. *Chin J integr Med*, 19(1): 73-79. Mémoire de Magister. Département de Biologie physico-chimique, (UAMB) Bejaia.
- 66. Renerre, M., (1997).** Viandes et produits Camés, 2(5), 10_16
- 67. Rickard, S. E., & Thompson, L. U. (1997).** Interactions and biological effects of phytic acid. *Antinutrients and Phytochemicals in Food* (662), pp. 294-312. Consulté le 20 Octobre, 2013.

Références bibliographique

- 68. Rock (2002).** Les apports en micronutriments par la viande. In : 9e Journées des Sciences du Muscle et Technologies de la Viande, Clermont Ferrand, 15-16 octobre 2002, 2002.
- 69. Rodolphe (2004).** Vertus thérapeutique de soja.
- 70. Roland. (2019).** Bien être et diététique. Les graines de fenouil : propriétés, bénéfices et utilisations médicinales. Consulté le 02 Juin 2019 : <https://www.missions-sante.com/les-graines-de-fenouil-proprietes-benefices-et-utilisations-medicinales/>.
- 71. Sadoud M. (2011).** Place de l'activité bouchère dans la filière viande rouge algérienne. Arch. Zootec., 60 (230), p. 309-312.
- 72. Simy Danan et Jacques Denarnaud, (1994).** *La nouvelle cuisine judéo-marocaine*, ACR Édition, 1^{er} janvier, 192 p.
- 73. Stefanini M.B., Ming L.C., Marques M.O.M., Facanali R., Meireles M.A.A., Moura L.S., Marchese J.A. and Sousa L.A., (2006b).** Essential oil constituents of different organs of fennel (*Foeniculum vulgare* var. *vulgare*). Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu, Vol.8, pp.193- 198.
- 74. Touraille C., Aurier B., Lepetit J., Bayle M.C. (1990).** Viandes et Produits CarnCs 11:291-292.
- 75. Utsumi S. (1992)** - Plant food protein engineering. Advances in Food and Nutrition Research, 36, 89-208.
- 76. Uzzan A., Delfly P.** - In Protéines végétales, B. GODON, Lavoisier, chapitre 10, 1996.
- 77. Vienna C.F., Bauer R., Carle R., Tedesco D., Tubaro A. and Zitterl-Eglseer K., 2005.** Assessment of plants/herbs, plant/herb extracts and their naturally or synthetically produced components as “additives” for use in animal production. FEEDAP; 297p.
- 78. Williamson C.S., Foster R.K., Stanner S.A. (2005).** Red meat in the diet. Brit. Nutr. Found. Nutr. Bull., 2005, 30, 325-355.

Résumé

Les aliments d'origine animale, comme la viande ont une importante source protéique et qui est un aliment par excellence dans notre consommation. La production d'aliments protéinés devrait être considérablement augmentée pour répondre à la croissance de la population mondiale et à son abondance dans les décennies à venir. L'objectif principal de notre étude est d'élaborer un produit carné à seulement 51 % de protéines d'origine animale et 49 % de protéines d'origine végétale (soja), par "le plan de mélange". La qualité physico-chimique (analyse de pH, la matière grasse et l'humidité) et microbiologique (dénombrement des germes pathogènes) de produit fini a été évaluée. Une analyse organoleptique (texture, jutosité, goût, couleur, aspect, odeur, tendreté, persistance d'arôme et l'arrière-goût) du produit fini a été effectuée par un test de dégustation pour déterminer le degré d'acceptabilité du produit élaboré en comparaison avec un produit déjà commercialisé.

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montrés qu'il s'agit d'un produit maigre avec une teneur en matière grasse de 3,2 % et une valeur de pH de 6,28 et ce qui est conforme aux normes, et pour la teneur en humidité on a trouvé les résultats suivantes : produit J : 70,88% pour le 1^{er} essai et 72,64% pour le 2^{ème} essai, ces derniers ont légèrement dépassée les normes, alors que des valeurs de 67,66%- 68,14% ont été également notées pour le témoin (k) qui répondant aux normes. Une absence totale des germes pathogènes a été constatée ce qui signifié que le produit élaboré a été préparé dans des bonnes conditions d'hygiène et à partir des matières premières de bonne qualité.

En conclusion le produit élaboré est de qualité hygiénique et organoleptique satisfaisante.

Mots clés : Formulation, protéine, analyse sensorielle, soja, mélange technologique, plan de mélange.

Abstract

Food of animal origin, such as meat, has an important protein source and is a food par excellence in our consumption. The production of protein foods is expected to be significantly increased in response to global population growth and abundance in the coming decades. The main objective of our study is to produce a meat product with only 51% animal protein and 49% plant protein (soya), by "mixing plan". The physico-chemical (pH, fat and moisture) and microbiological (pathogen count) quality of the finished product was evaluated. Organoleptic analysis (texture, juiciness, taste, colour, appearance, odor, tenderness, aroma persistence and aftertaste) the final product was tested by a tasting test to determine the acceptability of the product as compared to a product already on the market.

The results of the physico-chemical analyses showed that it is a lean product with a fat content of 3.2% and a pH value of 6.28 and that it complies with the standards, and for the moisture content the following results were found: product J: 70.88% for the first test and 72.64% for the second test, the latter slightly exceeded the standards, while values of 67.66%- 68.14% were also noted for the control (k) that met the standards. A total absence of pathogenic germs was found which meant that the product prepared was prepared under good hygiene conditions and from the raw materials of good quality.

In conclusion, the product produced is of satisfactory hygienic and organoleptic quality.

Keywords: Formulation, protein, sensory analysis, soybean, technological mixture, mixing plan.

ملخص

تعتبر المنتجات الغذائية من أصل حيواني، مثل اللحوم، مصدرا مهما للبروتين، كما انها تستهلك بشكل كبير. إنتاج المنتجات الغذائية البروتينية يجب ان يزيد استجابة للنمو السكاني العالمي. الهدف الرئيسي من دراستنا هو تطوير منتج لحم يحتوي على 51% من البروتين من أصل حيواني و49% من بروتين نباتي (فول الصويا) وذلك من خلال تطبيق طريقة الخطة التجريبية "خطة الخلط". تم تقييم جودة المواد الكيميائية الفيزيائية (درجة الحموضة والدهون ودرجة الرطوبة) والمكروبيولوجي للمنتج النهائي. حيث تم إجراء تحليل الحسية (المظهر، العصارة، الذوق، والنكهة) للمنتج النهائي من خلال اختبار التذوق لتحديد درجة قبول المنتج بالمقارنة مع منتج مسوق.

وأظهرت نتائج التحليل الفيزيائية الكيميائية أن المنتج المحضر يحتوي على نسبة دهون تبلغ 3.2% ودرجة الحموضة قدرها 6.28 وهذا الأخير يتوافق مع معايير الجريدة الرسمية، وبالنسبة لمحتوى الرطوبة فقد وجدت النتائج التالية: بالنسبة للمنتج النهائي : 70.88% بالنسبة للتجربة الأولى و72.64% بالنسبة للتجربة الثانية، فقد تجاوز هذا الأخير المعايير قليلاً، في حين لوحظت أيضاً قيم تتراوح بين 67.66% و68.14% بالنسبة للمنتج الشاهد وهذا الأخير يتوافق مع معايير الجريدة الرسمية. وقد وجد غياب تام للجراثيم المسببة للأمراض مما يعني أن المنتج المعد قد أعد في ظروف صحية جيدة و المواد الأولية جيدة النوعية.

في الختام، فإن المنتج المحضر ذو جودة صحية وحسية مرضية.

الكلمات المفتاحية: الصياغة، البروتين، التحليل الحسي، فول الصويا، خطة الخلطة، المزيج التكنولوجي.