

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Saad Dahlab Blida -1-



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département Sciences Alimentaires

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master en
Spécialité : Agro- alimentaire et contrôle de qualité

Filière : Sciences Alimentaires

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

THEME

Enrichissement des pâtes alimentaires par la farine de sésame

Réalisé et présenté par :

M^{elle} BELKACEMI Fatima M^{elle} BENATIA Imène M^{elle} TAHRAOUI Hayet kalthoum

Soutenu le 17/7/2022

Devant le jury composé
de :

Dr BOUZAR A.C.	M.C.A.	Université de Blida 1	Président
Dr KADRI B.	M.C.B.	Université de Blida 1	Examineur
Dr BENLEMMANE S.	M.C.B.	Université de Blida 1	Promotrice
Dr ALILECHE KH.	M.R.B.	CRAPC	Co-promotrice

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciements

Notre première gratitude va au tout-puissant ALLAH ﷻ, pour nous avoir donné la vie, le b nedic t  et la force d'accomplir ce travail, et à toutes les personnes qu'il a mises notre chemin dans les coulisses et qui ont contribué à la réalisation de ce modeste travail.

Tout d'abord, on tient à remercier notre promotrice, **Dr. BENLEMMANE S**, qui nous a orientée dans le choix de notre thème et guidée nos pas dans la détermination des hypothèses et de leurs mises en œuvre afin d'atteindre les résultats probants.

Nos remerciements les plus chaleureux vont à notre Co-promotrice, **Dr.ALILECHE KH**, pour la qualité de son encadrement, ainsi que ses conseils et sa grande patience dont elle a su faire preuve malgré sa charge professionnelle.

Nos vifs remerciements vont aux membres de jury qui ont bien voulu accepter de juger ce travail ; **Dr BOUZAR A.C**, pour l'honneur qui nous a fait de présider le jury ; nos remerciements vont également au **Dr KADRI B**, qui a aimablement accepté d'examiner ce travail.

Ce projet a pu voir le jour grâce au concours indéfectible de différentes institutions scientifiques. Ainsi nous remercions vivement **Mme Madani** de l'ITGC pour son accord à la réalisation de formulation des pâtes alimentaires. Par ailleurs, on tient à remercier l'ensemble des ingénieurs de laboratoire LRTANH **HAYET** et **ILHAM**, pour leur convivialité.

Nos remerciements sont aussi adressés à la directrice de laboratoire de réception des fraudes de Blida, la responsable du laboratoire physico-chimique **Mme HOURIA** , la responsable du laboratoire microbiologique **Mme YASMINE** et l'ingénieur **Mme HAYET** qui a accordé la possibilité du travail au sein de laboratoire PFE de l'institut vétérinaire .

Nous tenons à remercier profondément au personnel du laboratoire physico-chimique de l'industrie SOPI et BIMO.

Toute notre gratitude à tous nos enseignants qui nous ont formées de la faculté des sciences de la nature et de la vie. Nous tenons également à remercier infiniment toutes les personnes qui, de près comme de loin on put contribuer à ce que cette expérience soit un succès et un enrichissement personnel.

Merci à vous tous

Dédicace

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut, tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance... Aussi, c'est tout simplement que

Je dédie ce mémoire

A MA CHÈRE MÈRE

Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblée avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes côtés pour me consoler quand il fallait. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime. Puisse le tout puissant te donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.

A MON TRÈS CHER PÈRE

Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soit-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Tu as su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Tes conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Ta patience sans fin, ta compréhension et ton encouragement sont pour moi le soutien indispensable que tu as toujours su m'apporter. Que Dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et te protège de tout mal.

A mes chères sœurs Loubna, Nourhane, Mélissa et Maroua.

A ma plus grande source de bonheur mon frère Mohammed Rayan.

*A toute ma famille, mes grands-parents, mes oncles et tantes maternelles et paternelles,
cousins et cousines.*

A mes meilleures amies Aya, Roumaïssa, Amina, yasmine

A ceux qui m'ont supportée, encouragée, et surtout qui m'ont aimée

Et spécialement à mes très chères amies Hayet ET Imene merci pour vos conseils et vos encouragements, mais aussi pour les bons moments qui ont contribué à rendre ces années inoubliables.

Fatima

Dédicaces

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie que je dédie ce travail :

*A Mon très cher Père, **BENATIA Bilel***

Le seul qui m'a toujours épaulé en toutes circonstances. Je te vois un père dévoué à sa famille et ce travail est le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Je t'aime papa et j'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.

*A ma chère mère, **LAHMER Malika***

La seule qui a toujours été la première à m'encourager et à me pousser. Je te vois la maman parfaite, toujours prête à se sacrifier pour le bonheur de ses enfants. Vos prières et votre bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Puisse Dieu, le tout-puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

*A mes très chers petits frères **Abd Allah, Abd -El -Hadi, Haythem** et ma chère sœur **Farah***

Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité. Je vous exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour.

*A mon grand-père **Mohammed** et à ma grand-mère **Fatima Zahra** qui m'ont accompagné par leurs prières, puisse Dieu vous prêter longue vie et beaucoup de santé.*

*A mes chères tantes, **Leila Nawal, Bachira.***

*A l'âme de mes grands-parents **BENATIA** que dieu les accueille dans son vaste paradis.*

*A mes chères cousines **Assia., A Nadjet, Amina, Hayet, Assia .B, Fouzia, Khaoula et Zina***

*A Mes aimables binôme **Fatima** et **Hayet** merci d'avoir fait de ce projet une expérience exceptionnelle, où on a pu partager des rires, des cris et des larmes.*

*A mes chères amies qui me rendent la vie plus belle, **Rym, Kawther, Yasmine.***

*A tous Mes camarades de promotion avec qui j'ai partagé des moments joyeux. Sans oublier tous **les enseignants** que ce soit de primaire, du moyen, du secondaire, ou de l'enseignement supérieure.*

A tous ce que j'aime et que je respecte.

Iméne

Dédicaces

Je dédie ce travail à toutes les personnes que j'aime, en particuliers ;

A mes cher parents ; ma mère et mon père pour leurs amour durant toute mon existence, leurs générosité et sacrifices afin que puisse être la femme d'aujourd'hui et de m'avoir appris à surmonter mes peurs et d'être là quand cela est nécessaire.

*A mes chers frères : **MOHAMED, AHMED** et **EL HACHEMI** qui m'ont soutenue durant toute ma vie, mon cycle et qui n'ont pas cessé de me rendre confiante, courageuse, heureuse et de toujours se sentir d'avoir pas un seul mais trois bras droits.*

*A mes belles sœurs : **MERIEM** et **MORGANE**.*

*A mes neveux et nièces : **ALLA, TESNIME, DJANNA** et **SILYANE** qui sont ma source d'amour, de joie et bonheur.*

*A **ECHCHERKI.A** qui a m'as encouragé, soutenu et qui a toujours étai présent pour moi.*

*A mes chère binôme : **FATIMA** et **IMENE** pour leur sérieux, compréhension, encouragement et qui ont vieilli pour que notre travail sois le meilleur.*

*A mes très chère amies : **YASMINE** et **ZINEB** qui ont toujours cru en moi qui n'ont pas cessé de m'envoyer des ondes positives pour que tout se passe pour le mieux.*

Enfin, que tous ceux qui, de loin ou de près, ont participé à la réalisation de ce travail trouvent ici l'expression de ma sincère gratitude.

Hayet

Table des matières

Résumé

الملخص

Abstract

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction..... 1

Partie I : Etude Bibliographique

Chapitre I : Les pâtes alimentaires..... 6

I.1. Historiques sur les pâtes alimentaire 6

I. 2. La production et consommation des pâtes alimentaires 7

I.3. Processus de fabrication des pâtes alimentaires industrielles 8

I.3. 1 Hydratation 8

I.3. 2 Malaxage..... 8

I.3. 3 Tréfilage (Extrusion)..... 9

I.3. 4 Séchage 10

I.3. 5 Refroidissement 11

I.3. 6 Conditionnement..... 11

I. 4. Classification des pâtes alimentaires 15

I.4.1. Les pâtes extrudées 15

I.4.2. Les pâtes laminées 15

I. 5. Type des pâtes alimentaires 15

I.6 Composition biochimique et la valeur nutritionnelle des pâtes alimentaires 16

I.7. Les matières premières entrant dans la fabrication des pâtes alimentaires 18

I.7.1 Semoule 18

I.7.2. L'eau de fabrication 19

I. 8. Critères de qualité des pâtes alimentaires..... 20

I.8.1 Qualité nutritionnelle et énergétique..... 20

I.8.2. Qualité hygiénique 21

I.8.3. Qualité organoleptique.....	22
I. 9. Stockage des pâtes alimentaires	25
I .10. Les Pâtes alimentaires enrichis.....	25
Chapitre II : Les graines de sésames.....	30
II.1 Généralités sur les graines de sésames.....	30
II.2 production du sésame dans le monde.....	32
II.3 Classification et description botanique	33
II.4 Récolte des graines de sésames.....	36
II.5 Composition biochimique des graines de sésames	38
II.6 Huile de sésame	45
II.6.1 Tourteau du sésame	46
II.7 Utilisation des graines de sésame.....	49
II.7 .1 Utilisations alimentaires	49
II.7.2 Utilisation cosmétique	50
II.7.3 Utilisations non-alimentaires des graines	50
II. 7.4 Utilisation pharmacologiques.....	50
II.7 .5 Utilisations des autres parties de la plante.....	51
II.8 L'allergie alimentaire du sésame	53
Partie II :Etude Expérimentale	
Chapitre I : Matériels et Méthodes	56
I.1 Objectif de l'expérimentation.....	56
I.2 Condition expérimentale	56
I.3 Matériel	57
I.3 Matériel végétal	57
I.3.1 La semoule de blé dur.....	57
I.3.2 Les graines de sésames	57
I.3.4 Autres Matériels.....	58
I.4 Méthodes	59
I.4.1 Analyses physico-chimiques des matières premiers.....	59
I.4.1.1 Détermination de la teneur en eau	59
I.4.1.2 Détermination du taux de cendres	60
I.4.1.3 Analyse par infrarouge infra-tec méthode rapide	62
I.4.1.4 Analyse de la matière grasse.....	63
I.4.1.5 La teneur en glucides totaux	64
I.4.1.6 Dosage de l'acidité grasse.....	65

I.4.2 Analyses technologiques des matières premières	66
I.4.2.1 Taux d'affleurement granulométrie	66
I.4.2.2 Détermination de la teneur en gluten	67
I.4.2.3 Détermination de l'indice de chute	70
I.4.2.4 Détermination de la couleur par colorimètre Minolta.....	71
I.4.2.5 Test de sédimentation en milieu SDS	71
I.4.3 Analyses de la teneur nutritionnelle sur les matières premières	72
I.4.3.1 Détermination de la teneur en fibres totales	72
I.4.3.2 Détermination de la teneur en cellulose brute.....	73
I.4.3.3 Analyse des sucres totaux	74
I.4.3.4 Analyse des polyphénols totaux	76
I.4.3.5 Dosage des Flavonoïdes.....	78
I.4.3.6 Evaluation de l'activité antioxydante.....	79
I.4.3.7 Détermination quantitative et qualitative des sels minéraux	82
I.4.3.8 Dosage de la teneur en protéines	82
I.4.4 Essais de fabrication des pâtes alimentaires enrichis par la farine de sésame	85
I.4.4.1 Etape de fabrication des pâtes alimentaires	85
I.4.5 Les analyses physico-chimiques et biochimiques des pâtes alimentaires.....	89
I.4.5.1 Détermination de la teneur en eau	89
I.4.5.2 Détermination du taux de cendres	89
I.4.5.3 Dosage des protéines totaux	89
I.4.5.4 Dosage des lipides libres.....	89
I.4.5.5 Teneur en glucide totaux.....	89
I.4.6 La valeur énergétique des pâtes alimentaires.....	90
I.4.7 Analyses physiques des pâtes alimentaires	90
I.4.8 Evaluation de la qualité culinaire des pâtes alimentaires.....	90
I.4.9 Analyses sensorielles	92
I.4.10 Caractéristiques microbiologiques.....	93
1.4.10.1 Préparation de la solution mère et les dilutions décimales.....	94
I.4.10.2 Recherche et dénombrement des moisissures	96
I.4.10.3 Recherche et dénombrement des anaérobies et bactéries sulfito- réductrices	99
I.4.10.4 Recherche et dénombrement de Escherichia coli	101
I.4.11.5 Recherche et dénombrement de Salmonella	103
Figure 40: Mode opératoire du dénombrement de Salmonella	104
Chapitre II : Résultats et discussion.....	106
II.1 Caractéristiques des matières premières	106

II.1.1. Teneur en eau	106
II.1.2. Teneur en cendres.....	107
II.1.3. Teneur en protéines	108
II.1.4. Teneur en lipides libres	110
II.1.5. Analyse de glucides totaux.....	110
II.1.6. Acidité grasse	112
II.1.7. Gluten	113
II.1.7. Détermination de la couleur par le colorimètre Minolta	114
II.1.8 Détermination de l'indice de chute.....	116
II.1.9 Détermination de l'indice de sédimentation.....	117
II.1.10. Granulométrie de la semoule.....	117
II.1.11. Dosage des fibres totaux.....	119
II.1.12. Dosage des celluloses	120
II.1.13. Dosage des polyphénols totaux et flavonoïdes.....	120
II.1.15. Dosage de l'activité antioxydants.....	121
II.1.16 Dosage des minéraux.....	123
II.1.17 Analyses microbiologiques	123
II.1.18 Caractéristiques de l'huile de sésame	124
II.2 Caractéristiques des pâtes alimentaires	126
II.2.1. Teneur en eau	128
II.2.2. Teneur en cendres.....	128
II.2.3. Teneur en protéines	128
II.2.4. Teneur en lipide.....	128
II.2.5. L'aspect des pâtes crues	129
II.2.6. Test de cuisson	131
II.2.7 Analyses sensorielles.....	136
II.2.8. Analyses microbiologiques	144
II.2.9 La qualité nutritionnelle	144
Conclusion	147
Références bibliographiques	
Annexes	

Résumé

Après le pain, les pâtes alimentaires font partie des produits alimentaires les plus populaires, les plus faciles à préparer et les plus polyvalents. Elles constituent une source riche en glucides complexes (74-77%) et en protéines (11-15%) et une source pauvre en sodium, en fibres et en graisses totales. D'où on s'est inspiré et réaliser ce travail qui porte sur la possibilité de valoriser les graines de sésame dans le but d'améliorer essentiellement la qualité nutritionnelle, technologique et culinaire des pâtes alimentaires. La présente étude propose d'incorporer la farine de sésames en différents taux (témoin, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% et 30%), dans la semoule du blé dur pour l'obtention des pâtes alimentaires enrichies en nutriments essentiels (protéines, fibres, lipides, éléments minéraux et principes actifs.). Nous avons évalué les différents paramètres physico chimiques, technologiques et la teneur nutritive de la semoule, la farine de sésame, et par la suite la qualité du produit fini.

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sont conformes aux normes et ne dépassent pas les limites. Des conclusions intéressantes sur le plan physicochimique du produit fini ont été observé, une humidité plus au moins basses, une composition minérale élevée, des pâtes faible en gluten, et des rendements plus en plus élevée en matière grasse, qui sont respectivement de 4.429%, 6.98%, 9.476%, 11.896, 14.46%, et 16.952%.

Sur le plan microbiologique, la farine de sésame et la semoule ainsi que les six types des pâtes alimentaires présentent des caractéristiques conformes aux normes du journal officiel. L'incorporation de la farine de sésames a fait sa preuve d'amélioration de la qualité nutritionnelle du produit fini, on constate une richesse en protéines dans les pâtes alimentaires enrichies par la farine de sésame de l'ordre de 15.045% dans le témoin, et 16.07%, 16.88%, 17.375%, 17.68%, 18.27%, 20.158% dans les pourcentages. Les valeurs des fibres soulignent bien la richesse de la farine de sésame en ce dernier qui est de 15g/100g et de 3.425g/100g dans la semoule. Nous avons aussi noté la présence non négligeable des micronutriments spécialement calcium qui est de 9.8619% dans la semoule contre une valeur de 54,3095% dans la farine de sésames, le magnésium qui est de 2.9341% dans la semoule et 3,724% dans le sésame ainsi une élévation dans le pourcentage du Zinc de 1.0775% dans la semoule à 1,5456% dans la farine de sésame. Les résultats obtenus révèlent une bonne acceptabilité par le jury de dégustations

Mot clé :

Farine de sésame, pâtes alimentaires, incorporation, qualité nutritionnelle, qualité culinaire

الملخص

بعد الخبز، تعد العجائن الغذائية واحدة من أكثر المنتوجات الغذائية شيوعاً وأسهلها في التحضير وأكثرها تنوعاً. فهي مصدر غني للكربوهيدرات المعقدة (74-77٪) والبروتين (11-15٪) ومصدر منخفض للصوديوم والألياف والدهون الكلية. وعليه استلهمنا ونفذنا هذا العمل الذي يتعلق بإمكانية تقييم بذور السمسم بهدف تحسين الجودة الغذائية والتكنولوجية والطهوية للعجائن الغذائية بشكل أساسي. تقترح هذه الدراسة دمج دقيق السمسم بنسب مختلفة (الخالي من دقيق السمسم، 5٪، 10٪، 15٪، 20٪، 25٪ و30٪) في سميد القمح الصلب للحصول على عجائن غذائية غنية بالمغذيات الأساسية (البروتينات، الألياف، الدهون، العناصر المعدنية والمبادئ الفعالة ... إلخ) قمنا بتقييم العوامل الفيزيائية والكيميائية والتكنولوجية المختلفة والمحتوى الغذائي للسميد ودقيق السمسم، مع جودة المنتج النهائي.

نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية المنفذة للمنتج النهائي تتوافق مع المعايير ولا تتجاوز الحدود حيث لوحظت استنتاجات مثيرة للاهتمام حول هذه التحليلات، رطوبة منخفضة إلى حد ما، تركيبة معدنية عالية، عجائن غذائية منخفضة الغلوتين، وتزايد تدريجي للمواد الدهنية والتي هي على التوالي 4.429٪، 6.98٪، 9.476٪، 11.896، 14.46٪ و16.952٪.

من الناحية الميكروبيولوجية، أبدى دقيق السمسم والسميد بالإضافة إلى ستة أنواع من العجائن الغذائية توافق مع خصائص معايير الجريدة الرسمية. أثبت إدخال دقيق السمسم تحسين للجودة الغذائية لمنتجاتنا النهائية، فهناك نسبة عالية من البروتين في العجائن الغذائية المحسنة بدقيق السمسم والتي تبلغ حوالي 15.045٪ في المنتج الخالي من دقيق السمسم، و16.07٪، 16.88٪، 17.375٪، 17.68٪، 18.27٪، 20.158٪ على الترتيب. تؤكد قيم الألياف ثراء دقيق السمسم حيث قدر بقيمة 15 جم / 100 جم و3.425 / 100 جم بالنسبة للسميد. كما لاحظنا الوجود الكبير للمغذيات الدقيقة وخاصة الكالسيوم الذي يبلغ 9.8619٪ في السميد مقابل 54.3095٪ في دقيق السمسم والمغنيسيوم 2.9341٪ في السميد و3.724٪ في السمسم وأيضاً زيادة في نسبة الزنك من 1.0775٪ إلى 1.5456٪ في دقيق السمسم. من جهة أخرى بينت النتائج الحسية مقبولية جيدة من قبل لجنة التذوق.

الكلمات المفتاحية:

دقيق السمسم، العجائن الغذائية، المحسنة، الجودة الغذائية، الجودة الطهوية.

Abstract

Besides bread, pasta is one of the most popular, easiest to prepare and most versatile food products. They are rich in complex carbohydrates (74-77%) and proteins (11-15%) while low in sodium, fiber and total lipids. Hence, the inspiration and realization of this work which deals with the possibility of valorizing sesame seeds in order to improve essentially the nutritional, technological and culinary quality of pasta. The present study aims at incorporating sesame flour in different rates (standard, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% and 30%), in durum wheat semolina to obtain pasta enriched in essential nutrients (proteins, fibers, lipids, mineral elements and active principles.) We have evaluated the different physico-chemical, technological parameters also the nutritional content of semolina, sesame flour, and subsequently the quality of the final product.

The results of the physico-chemical analyses carried out are in accordance with the standards and do not go beyond the limits. Interesting conclusions on the physicochemical plan of the final product have been noticed, a more or less low humidity, a high mineral composition, doughs low in gluten, and higher yields of fat, which are respectively of 4.429%, 6.98%, 9.476%, 11.896, 14.46%, and 16.952%.

Microbiologically, sesame flour and semolina as well as the six types of pasta have characteristics that are in accordance with the standards of the official journal. The incorporation of sesame flour has demonstrated its improvement in the nutritional quality of the final products; we find a significant protein content in pasta enriched with sesame flour in the order of 15.045% in the standard, and 16.07%, 16.88%, 17.375%, 17.68%, 18.27%, 20.158% in percentages

The fiber rates clearly emphasize the richness of sesame flour in the same, which is 15g/100g, and 3.425g/100g in the semolina. We also noted the considerable presence of micronutrients especially calcium which is 9.8619% in the semolina against a value of 54.3095% in sesame flour, magnesium which is 2.9341% in the semolina and 3.724% in sesame as well as an increase in the percentage of zinc from 1.0775% in the semolina to 1.5456% in sesame flour. The results obtained reveal a good acceptability by the tasting panel.

Keyword:

Sesame flour, pasta, incorporation, nutritional quality, culinary quality.

LISTE DES ABREVIATIONS

100-L	: Indice de brun
AFNOR	: Association Française de Normalisation
AG	: Acidité grasse
ASR	: Anaérobie sulfito-réducteurs
b*	: Indice de jaune
BIMO	: Biscuiterie moderne
C⁵⁰	: La concertation inhibitrice de 50% des radicaux
CRAPC	: Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico- Chimiques
D/C	: Double Concentration
DDPH	: 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl
DG18	: Gélose dichloran à 18 de glycérol
EAG	: Équivalent acide gallique
EC	: Bouillon milleu sélectif
EP	: Eau peptonée
EPT	: Eau peptonée tamponée
EQ	: Équivalent de quercitine
ES	: Essai
FAO	: Food and Agriculture Organization
FDA	: Food and Drug Administration
g	: Gramme
GH	: Gluten humide
GS	: Gluten sec
H	: Humidité
µm	: Microlitres
ISO	: International Organization for Standardization
ITGC	: Institut Technique des Grands Culture
JORA	: Journal Officiel de la République Algérienne
L	: Litre
L*	: Indice de clarté
LRTAH	: Laboratoire de recherche de technologie alimentaire et de nutrition humaine
LS	: Bouillon au Lauryle de sulfate
MG	: Matière grasse
mg	: milligramme
MKKTn	: Bouillon Muller-Kauffman au Tétrathionate-navobiocine
ml	: Millilitre
MS	: Matière sèche
MY	: Moyenne
NA	: Normes Algériennes
NF	: Normes française
NPP	: Nombre Plus Probable
OMS	: Organisation Mondial de la Santé
PA	: Pâte alimentaire
PE	: Pâte enrichie
PT	: Pâte témoin
RVS	: Bouillon Rappaport-Vassiliadis avec soja

S/C	: Simple Concentration
SDS	: Sodium Dodecyl Sulfate
SFB	: Bouillon Sélénite-Cystéine
SM	: Solution mère
SOPI	: Société des pâtes industrielle
TSC	: Gélose Tryptose-sulfate à la cytosérine
TSE	: Tryptone sel eau
UFC	: Unité Formant Colonie
UV	: Ultra-violet
XLD	: Gélose xylose lysine désoxycholate

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Paramètre affectant sur la qualité des pâtes alimentaires	14
Tableau 2: Critères de différenciation des pâtes alimentaires	15
Tableau 3: Composition biochimique des pâtes alimentaires.....	17
Tableau 4: Composition chimique et biochimique de la semoule.....	19
Tableau 5: Composition des pâtes alimentaires issues du blé dur.....	21
Tableau 6: Quinze premiers pays producteurs mondiaux de graines de sésames	33
Tableau 7: Classification systématique de la plante	34
Tableau 8: Composition biochimique des graines de sésame.....	38
Tableau 9: Teneur en huile, acides gras libres, indice de saponification.....	40
Tableau 10: Composition des éléments minéraux de la graine de sésames.....	41
Tableau 11: Composition minérale des graines de <i>Sesamum indicum</i> L.....	42
Tableau 12: Teneur en minéraux de grain de sésame	42
Tableau 13: Composition en tocophérols (%) de graines oléagineuse de sésame.....	42
Tableau 14: Les propriétés des nutriments du sésame.....	43
Tableau 15: Résultats du screening phytochimique des graines <i>Sesamum indicum</i> .L ...	44
Tableau 16: Composition et profil des acides gras dans l'huile de sésame	45
Tableau 17: Propriétés organoleptiques des huiles de sésame	46
Tableau 18: Caractéristiques physico-chimiques de l'huile de graine de Sésame	46
Tableau 19: Composition chimique (%MS) et valeur nutritive du tourteau de sésame .	47
Tableau 20: Variation de composition fonctionnelle dans les graines et l'huile.....	48
Tableau 21: Les propriétés pharmaceutique et nutraceutique des phytoconstituents.....	51
Tableau 22: Ingrédients pour la préparation des pâtes alimentaires	85
Tableau 23: Germe recherchés dans la semoule et les pâtes alimentaires.....	93
Tableau 24: Résultats de l'indice de coloration des matières premières déduits.....	115
Tableau 25: Echelle de classification des indices de coloration	115
Tableau 26: Normes de l'indice de chute selon le règlement	116
Tableau 27: Résultat de test de sédimentation effectué sur la semoule.....	117
Tableau 28: Résultat d'analyse du taux d'Affleurement sur la semoule.	117
Tableau 29: Résultat des essais d'analyse de cellulose brutes.....	120
Tableau 30: Résultats d'Activité de piégeage.....	122
Tableau 31: Les résultats du dosage des minéraux des matières premières.	123
Tableau 32: Résultat d'analyse microbiologique des matières premières.....	123
Tableau 33: Teneur des acides gras Huile de sésame	124
Tableau 34: Analyse des propriétés de l'huile de sésame	125
Tableau 35: Résultat récapitulatif sur les analyses effectuées sur les pâtes alimentaires.	
Tableau 36: Les résultats de l'analyse sensorielle	136
Tableau 37: Résultats des analyses microbiologiques	144

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : "Marché en Italie" Italiens dégustant des pâtes par Jean Mieg, XIXe siècle.....	7
Figure 2 : Procédé de fabrication.....	8
Figure 3 : Malaxeur.....	9
Figure 4 : Pré séchage et séchage finale.....	11
Figure 5 : Le refroidissement.....	11
Figure 6 : Silos de stockage.....	12
Figure 7 : Diagramme général de la fabrication industrielle des pâtes alimentaires.....	14
Figure 8 : Effet de l'enrichissement des pâtes et les facteurs influençant l'acceptation des pâtes alimentaires par les consommateurs.....	28
Figure 9: La plante de sésame	31
Figure 10: Carte de répartition du sésame (<i>Sesamum indicum L.</i>) dans le monde	32
Figure 11 : Diversifications de la plante de sésames en fonction de la morphologie de la tige et leurs couleurs.....	34
Figure 12 : Les différentes formes des feuilles du sésame.....	35
Figure 13 : Morphologie de la racine de sésame.....	36
Figure 14 : Plante, fleurs, fruits et graines de sésame.....	36
Figure 15 : La récolte du sésame.....	37
Figure 16 : Processus de la récolte des graines de sésames	38
Figure 17 : Halawa tehina.....	50
Figure 18 : Le traitement des graines de sésames.....	52
Figure 19: Matière première ; semoule commercial (originale).....	57
Figure 20: Diagramme de fabrication de la farine de sésame frais.....	58
Figure 21: Matières premières ; semoule et la farine de sésame (Originale).....	58
Figure 22 : Photo représentatif de l'étape de dosage de l'acidité grasse (originale).....	66
Figure 23 : Extraction et essorage du gluten (originale).....	69
Figure 24 : Mode opératoire du glutin index	70
Figure 25 : Photo représentative d'étape de teste de sédimentation (originale).....	72
Figure 26 : Mode opératoire de dosage de la cellulose.....	74
Figure 27 : Matériels utilisés dans l'extraction des celluloses.....	74
Figure 28: Courbe d'étalonnage pour l'analyse des sucres totaux.....	76
Figure 29 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols.....	77
Figure 30 : Courbe d'étalonnage pour le dosage de flavonoïdes.....	78
Figure 31 : Virage de couleur dans l'analyse de pouvoir anti – radical DPPH (originale).....	81
Figure 32 : Photo représentative des étapes de dosage de la teneur en protéines (originale)	84
Figure 33 : Diagramme de fabrication des pâtes alimentaires	87
Figure 34 : Les pâtes alimentaires témoin et enrichies (5, 10, 15, 20,25, 30%) l'ors de séchage à l'aire libre (originale).....	88
Figure 35 : Les pâtes alimentaires sèches (originale).....	89
Figure 36 : Fiche de dégustation des pâtes alimentaires	93
Figure 37 : Principe de dilutions décimales	96
Figure 38 : Recherche et dénombrement des moisissures.....	99

Figure 39: Mode opératoire de dénombrement des Escherichia coli	103
Figure 40: Mode opératoire du dénombrement des Salmonella	104
Figure 41: Histogramme illustrant les résultats de l'humidité des matières premières et les différentes incorporations.....	106
Figure 42 : Histogramme illustrant les résultats des cendres des matières premières et les différentes incorporations.....	107
Figure 43 : Histogramme illustrant les résultats de protéines des matières premières et les différentes incorporations.....	109
Figure 44: Histogramme illustrant les résultats de la matière grasse des matières premières et les différentes incorporations.....	110
Figure 45 : Histogramme illustrant les résultats des glucides des matières premières	111
Figure 46 : Histogramme illustrant les résultats de l'acidité grasse des matières premières	112
Figure 47 : Histogramme illustrant l'influence de taux d'enrichissement de gluten humide, sec et index sur les matières premières et les mélanges	113
Figure 48 : Histogramme illustrant les résultats de l'indice de chute sur les matières premières et les mélanges.	116
Figure 49 : Courbe représentant le taux d'affleurement des semoules en fonction des ouvertures de tamis	118
Figure 50 : Histogramme illustrant les résultats des fibres sur les matières premières.....	119
Figure 51 : Histogramme illustrant le taux de polyphénols et de flavonoïdes en utilisant différents solvant ; éthanol et hexane	120
Figure 52 : Inhibition du radical DPPH• par un antioxydant	122
Figure 53 : Photo représentatives des pâtes alimentaires crus (originale)	130
Figure 54 : Courbe de variation de la perte à la cuisson des pâtes en fonction des pâtes alimentaires enrichies	132
Figure 55 : Courbe de variation de gonflement en fonction des pâtes alimentaires enrichies ..	133
Figure 56 : Photo représentative des pâtes alimentaires témoin et enrichies à 5% de farine de sésame après cuisson (originale)	134
Figure 57 : Photo représentative des pâtes alimentaires enrichies a 10 et 15% de farine de sésame après cuisson (originale)	134
Figure 58 : Photo représentative des pâtes alimentaires enrichies 20, 25 et 30 % de farine de sésame après cuisson (originale)	135
Figure 59 : Taux d'acceptabilité de la couleur pour les pâtes alimentaires enrichies	137
Figure 60 : Taux d'acceptabilité de l'odeur pour les pâtes alimentaires enrichies.	140
Figure 61 : Taux d'acceptabilité de l'odeur pour les pâtes alimentaires enrichies.	140
Figure 62 : Taux d'acceptabilité de la texture pour les pâtes alimentaires enrichies	141
Figure 63 : Taux d'acceptabilité de gout pour les pâtes alimentaires enrichies	142

Introduction

Les pâtes sont un aliment populaire auprès des consommateurs du monde entier. Elles ont une valeur énergétique élevée, un faible coût et une longue durée de conservation. Cependant, la valeur biologique de ces produits est assez faible. L'ajout des composants riches en fibres alimentaires, en vitamines et en minéraux à leur composition améliore considérablement leur valeur nutritionnelle. Un régime riche en ces composés joue un rôle important dans la prévention des maladies cardiovasculaires, du diabète et du cancer (**Maryna et al, 2022**).

Les pâtes traditionnelles ne fournissent qu'environ 5% de l'apport quotidien recommandé en magnésium et en zinc. Les pâtes à base de blé complet sont très nutritives mais ont des propriétés sensorielles médiocres. Ces dernières années, on observe une tendance mondiale à la consommation des produits céréaliers enrichis de différentes matières végétales riches en antioxydants, en fibres alimentaires (FO), en protéines, en vitamines et en minéraux (**Dziki, 2021**). Des recettes des pâtes innovantes incluant le remplacement de la semoule par des ingrédients alternatifs ont déjà été proposées, et des matières premières non traditionnelles, farines ou isolats de soja, pois, haricot, pois chiche, légumineuses, oléagineuses, mais aussi des produits laitiers tels que les protéines de lactosérum, la caséine et le lait en poudre, ont pu être utilisées (**Messia et al, 2021**).

Les plantes sont une source riche de nombreux composés bioactifs aux propriétés antioxydants, tels que les composés phénoliques, les vitamines, les alcaloïdes et autres substances phytochimiques, qui ont une influence positive sur la santé humaine et pourraient réduire le risque du développement de nombreuses maladies (**Dziki, 2021**).

La crise sanitaire consécutive à la propagation du coronavirus en Algérie et dans le monde en 2019 a eu un impact inédit sur les consommateurs, en les contraignant à revoir leurs habitudes. Au-delà des pratiques quotidiennes la pandémie a évolué certains de nos comportements alimentaires et à changer le contenu de notre assiette. Manger sainement est maintenant le premier souci des consommateurs (**Avelin, 2020**).

S'inspirant de la problématique sanitaire de ces trois dernières années dans le monde et dans le but de trouver un moyen de renforcer le système immunitaire vu la consommation des pâtes alimentaires qui ont eu une augmentation remarquable, selon L'OMS et la FDA qui considèrent les pâtes comme un véhicule adéquat pour l'incorporation des nutriments dans le but d'améliorer la qualité nutritionnelle et sensorielle de ces produits, et ceci est dû principalement à leur large consommation (**Giménez et al, 2013**). Nous avons donc essayé à travers de cette étude d'enrichir nos pâtes alimentaires par une graine oléagineuse ancienne vu sa richesse en oligoélément, fibre, polyphénols et antioxydant : *Sesamum indicum* connu sous le nom de sésame ou simsim chez les arabes, la plante à de multiples usages, tant thérapeutique que nutritionnel (**Rakotosamimanana, 2014**).

Des nombreuses études ont déjà été conduites et ont montrés les bienfaits de l'utilisation du sésame comme un complément nutritionnel dans des biscuits, dans des plats traditionnels, les pains, et les gâteaux traditionnels ainsi que dans les régimes, ou pour l'alimentation infantile. On attribue à cette plante oléagineuse une valeur nutritionnelle élevée, selon Obiajunwa et al. (2015) ont affirmé que les graines de sésame sont riches en protéines, en fibres et en hydrates de carbone, (**EL Mehiry, 2022**), ainsi qu'en acides aminés soufrés, en acides gras essentiels, en vitamines du complexe B et en minéraux tels que Mn, Cu, Ca, Mg, Fe et P23. Les avantages de la graine de sésame pour la santé, en termes de réduction du cholestérol LDL dans le sang et de la pression artérielle, de diminution des risques de cancer et de maladies cardiovasculaires et d'amélioration de la synthèse de l'ADN, ont été confirmés par Gerstenmeyer et Nik maram (**Filipovic, 2017**).

L'introduction de la farine de sésame dans un aliment économique et touchant une grande partie de la population telle que les pâtes alimentaires permettrait d'accroître leur production et leur consommation. Les nouvelles pâtes mixtes, nées de l'association de la semoule de blé dur et la farine de sésame, bénéficieraient des qualités nutritionnelles des deux matières premières.

Notre but dans cette recherche est d'essayer d'augmenter sa valorisation nutritifs sans trop altéré la qualité organoleptique des pâtes alimentaires.

L'amélioration de la qualité des pâtes alimentaires s'avère nécessaire car elle va leur permettre de rester compétitives sur le marché. Les problèmes que rencontrent les producteurs sont nombreux, et entre autres : la carences des pâtes alimentaires en différents éléments nutritionnelles et leur richesse en gluten qui s'avère préjudiciable à la santé. Ainsi au cours des dernières décennies, les consommateurs deviennent soucieux de leur santé, et préfèrent un

produit riche en protéines, en lipides sains, ce qui les oblige à satisfaire les consommateurs en envisageant sur d'autres solutions.

Notre mémoire se base sur ces problèmes et propose un coupage entre la semoule de blé dur et la farine de sésame qui est considérée comme un aliment précieux, d'où elle enrichi le régime alimentaire grâce à son arôme et sa saveur agréables (**Pathak et al 2014**), et améliore la qualité nutritionnelle des pâtes alimentaires algériennes, sans ajout d'additifs alimentaires. Afin d'aider les industries à maintenir une bonne qualité alimentaire et marchande de leurs pâtes et permettre par ailleurs au consommateur algérien de manger 'BIO'.

C'est dans cette optique, que nous avons réalisé des pâtes alimentaires longues avec différents pourcentages de coupage :

- Pâtes alimentaires fabriquées à partir de : 95% semoule et 5% farine de sésame, 90% semoule et 10% farine de sésame, 85% semoule et 15% farine de sésame, 80% semoule et 20% farine de sésame, 75% semoule et 25% farine de sésame, 70% semoule et 30% farine de sésame. Les produits obtenus ont été testés du point de vue des aptitudes technologiques et de la valeur nutritive par rapport aux pâtes fabriquées avec 100% de semoule.

Les principaux objectifs de cette étude :

- Fabrication d'un nouveau type des pâtes alimentaires.
- Amélioration de la valeur nutritionnelle des pâtes alimentaires et l'approfondissement sur la qualité et l'acceptabilité du produit enrichi, ainsi que l'étude des effets d'addition de la farine de sésame à différentes doses (5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%) sur la qualité finale des pâtes sèches (l'aspect visuel) et leur qualité culinaire.
- Une étude basée sur des analyses physicochimiques, analyses de la teneur nutritionnelle, microbiologiques et organoleptique des matières premières et produit fini.

Ce manuscrit est structuré en deux parties :

- Une synthèse bibliographique sur les pâtes alimentaires, la technologie de leur fabrication et les critères de la qualité ainsi des généralités sur les grains sésames.
- Une étude expérimentale où sont présentés le matériel et les méthodes utilisés, les résultats ainsi que leurs interprétations.

Partie I :

Etude Bibliographique

Chapitre I :

Les pâtes alimentaires

Chapitre I : Les pâtes alimentaires

I.1. Historiques sur les pâtes alimentaire

Ils sont le résultat de la dessiccation d'un pâton non fermenté, moins hydraté que celui du pain et obtenu à partir de semoule de blé dur (ou farine de blé tendre). D'après l'OMS (Organisation mondiale de la santé) et la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) les pâtes alimentaires sont qualifiées comme un modèle alimentaire sain, durable et de qualité. En outre, en 2010, l'UNESCO (Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture) a déclaré que les pâtes étaient un patrimoine culturel irremplaçable de l'humanité (**Bresciani et al. 2022**).

Les pâtes alimentaires sont ensuite soumises à des traitements physique tel que laminage, tréfilage, et séchage (**Alais et al. 2003**) et selon la législation algérienne les pâtes doivent être fabriquée à partir de la semoule de blé dur uniquement et leur humidité doit être inférieure à 12.5% on peut y ajouter de différents ingrédient comme : les œufs, lait, gluten, sel. (**Messia et al. 2021**)

La plus ancienne recette des pâtes se trouve dans un traité culinaire mésopotamien datant de 1700 avant J-C. Ce qui ne doit pas surprendre puisque c'est en Mésopotamie (qui constitue la majeure partie de l'Iraq actuel) qui a débuté la culture du blé vers 8000 avant J-C. Donc Contrairement à l'opinion la plus généralement répondue, les pâtes alimentaires ne sont pas originaires d'Italie pour être transmise à l'Inde, puis à la Chine 5000 ans avant. J.C. qui est la seconde patrie des pâtes, la tradition des pâtes confectionnées à partir de blé a plus de 1700 ans.

En 2005, des chercheurs chinois ont découvert un pot de nouilles datant de 4 000 ans, elles mesuraient 50 centimètres de long, ressemblaient à des spaghettis et étaient faites de millet au lieu de blé. Et au Japon 600 ans après. J.C d'où elles gagnent les pays méditerranéens via la Grèce et l'Italie en 1279, une dame nommé **Catherine de Médicis** fait connaître cette spécialité italienne en France lorsqu'elle a épousé le **roi Henri II** en 1533.

Avec le tournant du XIXe siècle naissant le premier mécanisme de fabrication industrielle, vers 1860 apparaissent les premiers appareils véritablement industriels : malaxeurs mécaniques (gramolas) et presses discontinues à pistons, puis la presse mono vis vers 1930 permettant de forcer la pâte à travers une filière sous-pression (**Boudreau et al.1992**). Depuis, elles n'ont jamais quitté nos assiettes. Leurs fabrications est de nos jours complètement robotisée. (**Feuillet.2000**), Et les appareils n'ont cessé de se perfectionner, les

constructeurs Américains, Allemands, Italiens et Suisses mettent aujourd'hui sur le marché des machines modernes à haut rendement, et une panoplie de découpoirs à estamper la pâte comportant plus de 150 formes différentes. La première usine de pâtes alimentaires aux Etats-Unis a été érigée en 1848 à New York par Antoine Zerega, et au Canada dans l'Est de Montréal, par Charles Honoré Catteli en 1867.



Figure 1 : "Marché en Italie" Italiens dégustant des pâtes par Jean Mieg, XIXe siècle.

I. 2. La production et consommation des pâtes alimentaires

Une enquête menée par l'Organisation internationale des pâtes en 2014 a indiqué qu'environ 14,3 millions de tonnes de pâtes sont produites chaque année (**Russo et al.2021**).

Suède, France, Costa Rica, Etonie, Colombie, Japon... Les pays producteurs de pâtes sont nombreux. Pour autant, l'Italie reste première sur le podium des pays producteurs de pâtes, juste devant les Etats-Unis et le Brésil. Le poids de l'Union européenne est d'environ 36,6 % en termes de production, devant l'Amérique centrale et du sud (23,4 %) et les États-Unis (21,1 %). Selon Euronews qui a déposé un article le 25/10/2021 a mentionnée qu'en dix ans (2010-2020), la production annuelle a quasiment doublé, passant de neuf à 17 millions de tonnes, soit un marché estimé à environ cinq milliards d'euros. L'Italie produit plus d'un quart des pâtes mangées dans le monde et exporte 62 % de sa production.

Une étude internationale effectuée par Doxa à la demande de l'Unione Italiana Food et d'ICE, à l'occasion de la Journée mondiale des pâtes (World Pasta Day) le 25 octobre 2020, la consommation mondiale des pâtes a augmenté de 24 % pendant le confinement car à chaque crise, les consommateurs se tournent vers les produits abordables et faciles à stocker.

D'après Euronews : Entre janvier et juin 2021, la consommation enregistre une hausse de 15% aux Etats-Unis, 8 % en Allemagne et 7 % au Japon.

Malgré la crise du Covid, la production des pâtes reste supérieure à la période de l'avant pandémie. Aujourd'hui environ 300 types de pâtes différentes à travers le monde et les producteurs explorent de nouvelles recettes on se concentrant sur des variantes sans gluten ou encore à base de légumineuses comme les pois chiches, avec l'espoir de trouver de nouvelles farines, pour faire face à la demande croissante et éviter une hausse des prix.

I.3. Processus de fabrication des pâtes alimentaires industrielles

Le transfert des semoules est pneumatique du moulin vers l'industrie COUSCOUS MAMA, avec un débit précis, ils utilisent de la semoule extra fine. La réception de la matière première est faite dans des silos.



Figure 2 : Procédé de fabrication.

I.3.1 Hydratation

Dans la première étape de la fabrication des pâtes, la semoule et l'eau d'une humidité qui est initialement aux environ 14-14,5 % de la matière sèche sont soigneusement dosées et mélangées pour former un mélange hydraté avec une humidité totale d'environ 30-32%. La quantité d'eau ajoutée à la semoule (27-29 g/100 g) (Andrea et al .2022), elle se calcule par rapport à l'humidité initiale et cet est fait d'une façon continue et automatique afin de faciliter la pénétration d'eau dans la pâte (Smith et Hui. 2004). L'opération d'hydratation est encore plus critique lorsque des grains autres que ceux du blé dur sont inclus dans la formulation. La reformulation des pâtes rend indispensable l'étude et l'optimisation du niveau d'hydratation car celui-ci affecte non seulement les caractéristiques de la pâte (en particulier son traitement pendant la phase d'extrusion) mais aussi la qualité du produit final (Andrea et al .2022).

I.3.2 Malaxage

Dans les dispositifs innovants, les étapes de prémélange et de mélange sont généralement combinées dans une seule unité opérationnelle (Andrea et al. 2022). Après

l'hydratation, la semoule est malaxée dans une pré-mélangeuse puis à l'aide d'une vise pré-mélangeuse la pâte avance jusqu'à la mélangeuse principale. Le malaxage permet de distribuer l'eau entre les particules de la semoule le plus uniformément possible, de manière à obtenir des grumeaux de taille variable, pouvant atteindre 2 à 3cm de diamètre. A ce stade un vide 50à 70 cm est appliqué, ce vide assure une fonction, d'une part l'absence d'oxygène réduit l'oxydation des pigments caroténoïdes donnent aux pâtes une couleur plus intense, d'autre part, le vide empêche la formation de bulles d'air qui influent négativement sur la qualité des pâtes sèches (pâtes moins brillante, moins translucides, avec une texture collante) **(Smith et Hui. 2004).**



Figure 3 : Malaxeur

I.3. 3 Tréfilage (Extrusion)

Le façonnage ou formage vise à créer une forme bien définie et représente le cœur du processus de fabrication des pâtes **(Andrea et al. 2022).**

Après le malaxage de la semoule le mélange obtenu est extrudé sous vide au moyen d'un vise de compression afin d'envoyer la pâte vers la tête de presse cylindrique qui contient deux moules rectangulaires et pour éviter que certaines impuretés obstruent les filières, l'emploi des filtres en toile d'acier inoxydable à mailles plus ou moins ouvertes selon format de la pâte est nécessaire.

La pression exercée, la chaleur ainsi que le travail de cisaillement, conduit à avoir des réactions biochimiques ; le premier c'est le gonflement des grains d'amidon qui absorbe jusqu'à 9 à 10 fois que le poids initial, le deuxième c'est la formation d'un réseau de gluten squelettique continu dans la pâte, celle-ci devient alors élastique et translucide, la température ne doit pas excéder les 45-50°C. En cas d'une grande élévation de la température la matrice est menée d'un système de refroidissement à circulation d'eau **(Smith et Hui.2004).**

A la sortie du moule le produit sera coupé au niveau de l'étendue, pour éviter toute déformation il y aura une ventilation afin de permettre un séchage léger à la pâte.

Un couteau coupe les fils de pâte, il y a deux type de couteau, le premier est supérieur permet de couper la pâte pour qu'elle puisse se recourber directement sur la canne, le second est un couteau égalisateur qui permet d'avoir la même longueur.

Les chutes produites sont renvoyées pneumatiquement à la mélangeuse de pétrissage.

I.3. 4 Séchage

Une attention particulière est accordée à la dernière étape du processus de fabrication des pâtes : le séchage, qui confère aux pâtes sèches leurs caractéristiques finales de stabilité physique et chimique et permet de prolonger leur durée de conservation.

La qualité globale de cuisson du produit final (fermeté élevée, faible collage et faible perte à la cuisson) est le résultat de plusieurs phénomènes simultanés à l'intérieur des pâtes, dont l'ampleur dépend à la fois des caractéristiques de la matière première et des conditions de température et d'humidité appliquées pendant le séchage. Les pâtes justement extrudées ont une humidité de 29 à 31%. Ces pâtes doivent être séchées de manière à ce que leur humidité finale n'excède pas 12,5% (humidité optimale pour la conservation des pâtes alimentaires)

Un séchage trop lent à une basse température pourrait conduire au développement de moisissures et à la décoloration du produit, tandis qu'un séchage trop rapide nécessitant des températures élevées, peut provoquer la dénaturation des protéines et la gélatinisation de l'amidon induisant l'apparition de fissurations et de gerçures (**Kent et Evers.1994**).

Le séchage des pâtes longues se fait sur les cannes, ces derniers rentrent dans un tunnel de séchage. D'après Jeantet et al (2007), ce séchage s'effectue généralement en deux étapes :

- **Le pré séchage** : ou incartamento, est une phase très importante dans le séchage des pâtes permet d'éliminer 30 à 40% de l'eau contenu dans la pâte en un minimum de temps (30% pour les pâtes courtes, 40% pour les pâtes longues).
- **Le séchage définitif** : ou essiccazione, il se fait d'une manière progressive avec une alternance de phase de séchage et du rééquilibrage d'humidité par une opération nommé le rosage.



Figure 4 : Pré séchage et séchage finale

Le séchage est une étape délicate :

- Il doit exalter et stabiliser les qualités de la matière première et du traitement mécanique précédent
- Il ne doit pas altérer la forme, ni l'aspect des pâtes
- Il doit la rendre insensible aux influences extérieures.
- Il doit réaliser un état d'équilibre entre les principaux constituants (amidon, gluten), tout en gardant un certain degré d'élasticité pour permettre une certaine résistance à la rupture.
- Le gout et la digestibilité sont fonction, pour une large part, de la façon dont le séchage a été conduit.

I.3. 5 Refroidissement

A la sortie du tunnel de séchage, il y aura une zone de refroidissement qui permet de stopper le séchage et mètre le produit à une température ambiante, d'une durée de 4min.



Figure 5 : Le refroidissement.

I.3.6 Conditionnement

Se fait dans un espace qui contient des étages, plus précisément 6 étages où chaque étage contient 338 cannes. Le produit se met un à côté de l'autre. Une décanneuse permet d'enlever les cannes et mettre le produit dans des volets, ces derniers s'ouvrent et le produits se mets dans un tapis et il avance vers deux couteaux qui se situe dans l'extrémité et qui permet d'assurer que tous les produit ont la même taille, et l'autre se situe au milieu pour que le produit puisse entrer dans son emballage. Le refus des extrémités tombe dans un autre tapis qui sera broyé et envoyer vers le moulin où il les incorpore dans leurs processus.



Figure 6 : **Silos de stockage.**

Tableau 1: Paramètre affectant sur la qualité des pâtes alimentaires.

Opération	Objectif	Paramètre intrinsèque affectant les pâtes	Paramètre extrinsèque affectant les pâtes
Dosage, mixage et pétrissage	Doser les bonnes proportions à la fois ; semoule et l'eau Hydrater l'amidon et les protéines	Granulométrie de la semoule ; protéine de semoule, cendre, fibre, teneur en amidon endommagé Activité enzymatiques Température d'eau et de résidus	Présence d'un pré mélangeur degré de vide
Pétrissage et façonnage par extrusion	Former (partiellement) des réseaux de gluten Pétrir et donner une forme à la pâte	Ténacité de gluten Humidité de la pâte Température des pâtes Viscosité de la	Alimentation de mélanges dans l'extrudeuse Caractéristique géométriques de la vis (longueur, conception, etc.) Condition d'extrusion (énergie mécanique spécifique, vitesse de vis, system de régulation thermique) Forme du produit extrudé Matériau de la matrice Surface ouverte de la matrice (nombre et position des inserts)
Séchage	Enlever l'eau Assurer l'intégrité de la forme Maintenir la qualité nutritionnelle	Ténacité du gluten Propriétés collantes de l'amidon	Température de l'air Humidité relative de l'air Temps de séchage

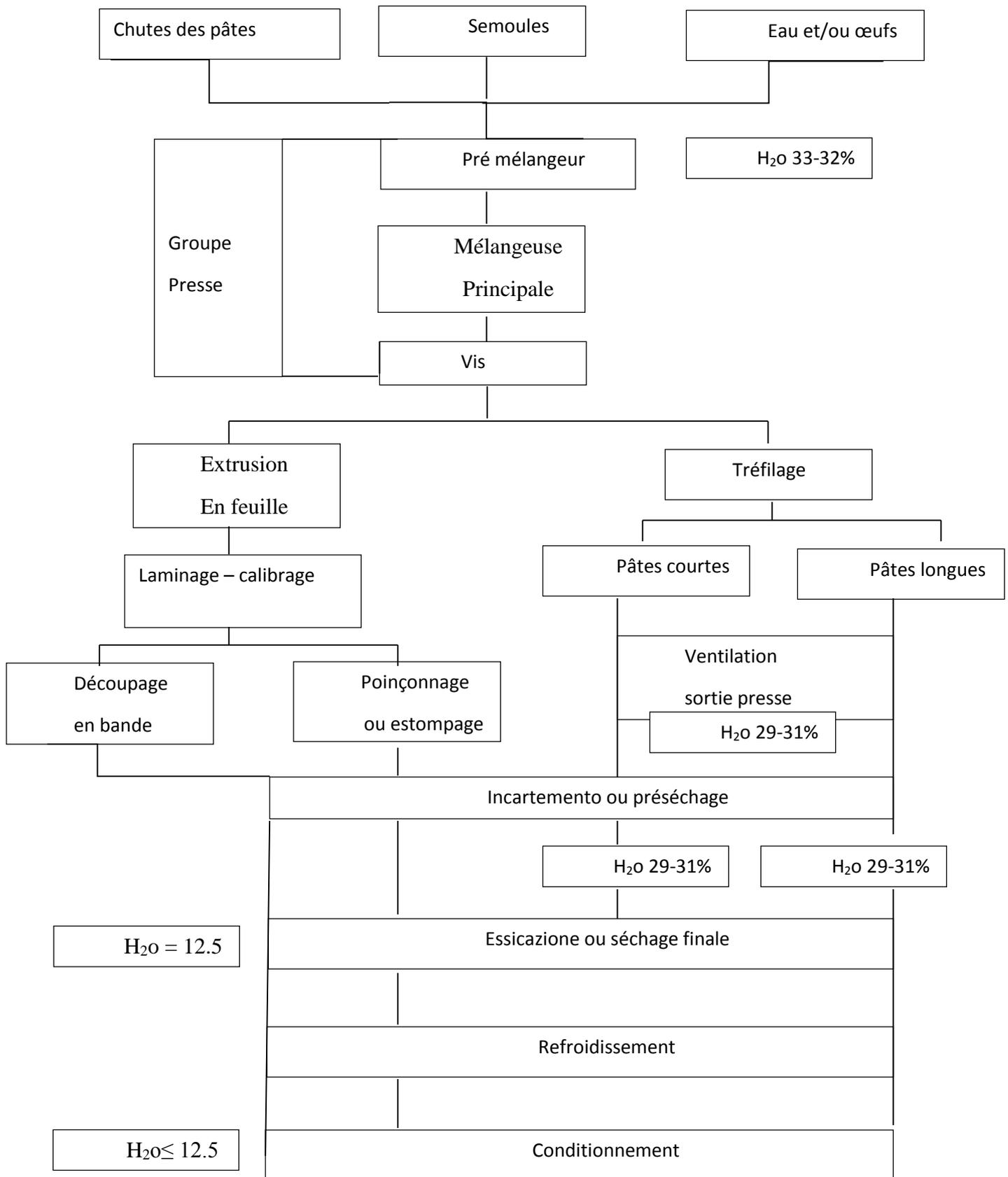


Figure 7 : Diagramme général de la fabrication industrielle des pâtes alimentaires (JEANTET et al, 2007).

I.4. Classification des pâtes alimentaires

Les pâtes alimentaires sont classées en deux groupes selon les machines utilisées pour leur fabrication : Les pâtes extrudées ou pressées et pâtes laminés.

I.4.1. Les pâtes extrudées

Elles sont préparées à l'aide d'une presse mené de filières qui forment les pâtes longues. Elles comportent :

- Les pâtes longues types : macaroni, spaghetti, nouilles.
- Les pâtes coupées types : coquillettes, coudes divers, petites pâtes à potage, vermicelles et certaines formes mises en torsade.

I.4.2. Les pâtes laminées

Elles sont préalablement fabriquées par des presses mené d'une filière a fente ou par des malaxeurs spéciaux capables de produire des pâtes sous forme de feuille large et mince, elles passent ensuite dans des moules spéciaux entre emporte- pièce, qui leur donne la forme désirées (papillons, marguerites, etc.)

I. 5. Type des pâtes alimentaires

Les pâtes alimentaires offertes à la consommation sont multiples, comme elle est montrée dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Critères de différenciation des pâtes alimentaire (URGINOVITS ET AL, 2004).

Critères	Exemples
Selon la forme	Spaghettis, cornettes, nouilles, macaronis
Selon le procédés de fabrication	Procédé de laminage, d'extrusion
Selon la teneur en eau	pâtes alimentaires sèches / fraîches
Selon la composition des produits de la minoterie	Pâtes alimentaires de blé tendre et blé dur, a la farine complète, de millet ; de riz ; de soja.
Selon le genre des ingrédients	
• Incorporés à la pate	Pâtes aux œufs, pâtes aux légumes
• Externe à la pate	pâtes farcies, etc.

I.6 Composition biochimique et la valeur nutritionnelle des pâtes alimentaires

Les pâtes alimentaires ont souvent été bannies de nos assiettes en raison de leurs précieuse source d'énergie qui est suspectées d'être très caloriques et de faire grossir, pourtant elles sont pauvre en graisses et riches en glucides complexes du type amidon et en protéines végétales.

L'alimentation équilibré est une alimentation variée où les pates font partie, afin d'apporter à l'organisme tous les éléments dont il a besoin.

FEILLET (2000) a soussigné que plusieurs paramètres font partie pour que la valeur nutritionnelle des pâtes alimentaires est apprécier :

- Les pâtes alimentaires s'avèrent efficace sur la satiété, et sont d'un grand intérêt pour toute activité physique ou intellectuelle, à cause de leur faible index glycémique (40%) et de leur richesse en sucres lents.

- D'un autre coté les pâtes alimentaires sont d'une richesse non négligeable en protéines mais déficientes en acides aminés indispensables.

- Au niveau des calories, 100g de pâtes crues correspondent à 300g de pâtes cuites (350kcal) une différence qui tient au fait qu'au cours de la cuisson les pâtes absorbent deux fois leur poids d'eau et perdent 6 à 10% de matière sèche dans l'eau de cuisson.

Tableau 3 : Composition biochimique des pâtes alimentaires

Eléments	Teneurs (/100g de pâtes)
Calories (Kcal)	(351–357)
Eau (g)	8.6-12.5
Protéines (g)	12
Glucides (g)	74-76.5
Lipides (g)	1.5
Fibres (g)	2
Minéraux	
Calcium (mg)	22-25
Fer (mg)	1.5-2.1
Phosphore (mg)	165
Potassium (mg)	220-260
Sodium (mg)	5
Vitamines	
Acide ascorbique (mg)	0
Thiamine (mg)	0.09-0.22
Riboflavine (mg)	0.06-0.31
Niacine (mg)	2-3.1
Vitamine B6 (µg)	0.15-0.2
Folacine (µg)	30-36
Vitamine B12 (µg)	0
Vitamine A (IU)	0

(Coello 2021, Russo 2021, Messia 2022, ikbal 2022).

I.7. Les matières premières entrant dans la fabrication des pâtes alimentaires

Les matières premières utilisées lors de la fabrication des pâtes alimentaires doivent avoir les critères suivants :

- Permettre la mise en forme des produits d'extrusion de la pâte à travers un moule.
- Donner suffisamment de cohésion à la pâte pour éviter l'apparition de gerçure, brisures au cours du séchage.
- Conférer au produit fini les propriétés organoleptiques recherchées : coloration des pâtes crues, comportement à la cuisson, goût et arôme
- Contribuer significativement à la ration alimentaire, être irréprochable sur le plan hygiénique.

I.7.1 Semoule

Il est universellement reconnu que la semoule de blé dur est le constituant de choix pour fabriquer les pâtes alimentaires en raison de sa teneur en gluten qui confère aux pâtes (couscous, pâtes alimentaires, ...) des propriétés technologiques et rhéologiques spécifiques, de sa dureté, sa couleur unique, sa flaveur et sa qualité de cuisson (**Petitot., 2009**) et qui confère aux pâtes une bonne qualité culinaire et une stabilité à la cuisson pour répondre aux désirs des consommateurs (**Sissons. 2008**).

La semoule de blé dur est constituée d'environ 74 à 76 % d'amidon et 12 à 15 % des protéines (**Turnbull. 2001 ; Duranti.2006**).

Classification des semoules

- Les semoules grosses (SG) : 900 μ à 1100 μ destinées à des usages domestiques.
- Les semoules grosses moyennes (SGM) : 550 μ à 900 μ destinées à la fabrication de couscous industriels.
- Les semoules sâssées super extra (3SE) : 190 μ à 550 μ destinées à la fabrication des pâtes alimentaires.
- Les semoules sâssées super fines (3SF) : de 140 μ à 190 μ , ces semoules proviennent des couches périphériques du grain.

Tableau 4 : Composition chimique et biochimique de la semoule.

Constituant biochimique	Constituant biochimique
Eau	14
Amidon	75
Lipides	1-1.5
Protéine	11- 13
Sucre simple	1-2
Matières minérales	0.8 – 1.1
Cellulose	0.20 – 8
Teneur en pigments caroténoïdes	4 -8

I.7.2. L'eau de fabrication

Dans une fabrique de pâtes alimentaires, l'eau à un double objectif : Non seulement pour la fabrication de la pâte, mais aussi dans les installations annexes (circuit de refroidissement des presses de production, la chaufferie, le lavage des moules et production de vide).

Selon des nombreuses observations faites par les industriels, ils ont approuvé que la qualité de l'eau utilisée au cours de la production puisse avoir une influence non négligeable sur l'aspect et le comportement des produits finis au cours de la cuisson. Des eaux de faible dureté hydrotimétrique sont généralement demandées, ne dépassant pas 20°F. (FEILLET.2000). L'eau utilisée doit être limpide, incolore, inodore et neutre.

I. 8. Critères de qualité des pâtes alimentaires

D'après BENBELKACEM et al (1995), le choix du consommateur se base sur plusieurs critères d'où la nécessité de sélectionner des variétés possédant les qualités requises, en effet :

- La ménagère recherche des semoules pures et de couleurs dorées. Cette semoule doit présenter une granulométrie homogène. Quant à la semoule de qualité inférieure, elle est destinée à la fabrication de galettes.
- Le semoulier recherche des variétés à poids spécifique élevé du fait que les unités de transformation se basent sur ce paramètre pour la trituration.
- Le pastier recherche des semoules pures et non contaminées par le son, dont la qualité des protéines soit satisfaisante.

Les pâtes alimentaires doivent présenter une facilité de fabrication (malaxage, séchage etc.) qui est en relation avec la qualité et la quantité du gluten. Elles doivent également posséder une belle couleur ambrée, saveurs et odeurs agréables, fermes et ne collent pas après cuisson (**Boudreau et al .1992**). Ce qui donne un aliment universellement apprécié et constitue un aliment sain et pratique (**Sissons., 2022**). En plus de leurs propriétés technologiques favorables (simplicité de fabrication, excellente aptitude à la conservation, au transport et au stockage), les pâtes possèdent de bonnes qualités nutritionnelles et hygiéniques.

I.8.1 Qualité nutritionnelle et énergétique

Sur le plan nutritionnel, les pâtes alimentaires sont considérées comme étant un aliment énergétique (**Dziki., 2021**).

L'apport protéique est également loin d'être négligeable : 100g de pâtes alimentaires contiennent de 11,5 à 13g de protéines. Il présente un excellent profil nutritionnel, étant une bonne source de glucides complexes et une source modérée de protéines et de vitamines. Il est également considéré comme un véhicule adéquat pour la supplémentation alimentaire en minéraux, en protéines et en de nombreux autres composants sains et précieux (**Boroski et al. 2011**).

L'appréciation de la qualité nutritionnelle des pâtes alimentaires dépend de leur composition biochimique mais également des conditions dans lesquels il est consommé et qui doit tenir compte des éléments suivants :

- Au cours de la cuisson les pâtes absorbent près de deux fois leurs poids d'eau et perdent de 6 à 10% de matière sèche dans les eaux de cuisson.
- Les pâtes alimentaires y ajoutent le plus souvent des matières grasses (beurre) du fromage et de la viande hachée.
- Dans certains pays des quantités importantes d'œufs entiers ou de blancs d'œufs sont rajoutés à la semoule lors de la fabrication des pâtes (jusqu'à 5046 œufs par kilo de semoule) ce qui modifie évidemment profondément la qualité nutritionnelle des produits obtenus **(Russo et al., 2021)**.

Tableau 5: Composition des pâtes alimentaires issues du blé dur

Nutriments (100g/ms)	Pâtes qualité supérieure	
	Crues	Cuites
Eau (%)	12,5	69
Energie (Kcal)	360	125
Protéines (g)	11,5	4
Glucides (g)	74	26
Lipides (g)	1,5	0,5
Calcium (mg)	20	7
Fer (mg)	1,5	0,5
Thiamine (mg)	0,15	0,05
Riboflavine (mg)	0,09	0,03
Acide nicotinique (mg)	1,5	0,05
Vitamines A (U,I)	0	0

(Fredot, 2006).

I.8.2. Qualité hygiénique

La qualité hygiénique des pâtes alimentaires, considéré comme excellente, ne pose pas de problème particulier bien qu'en raison de composition des semoules et des conditions de fabrication des pâtes, séchage notamment (maintien de produits hydratés 45-50°C pendant plusieurs heures), les micro-organismes trouvent un milieu favorable à leur développement. **(Feillet. 1977).**

Les pâtes alimentaires sont souvent emballées dans des sacs en cellophane ou en polyéthylène à basse densité ou encore dans des boîtes en carton. Ces emballages ont pour fonction de maintenir le produit fini à l'abri des contaminations microbiennes et des réactions enzymatique, de le protéger contre les dommages qui peuvent survenir lors de la distribution et du stockage ainsi que d'attirer et de séduire le consommateur. **(Karel et al. 2000)**

Généralement seules des bactéries saprophytes dont la présence ne constitue aucun danger, se développent dans les pâtes. **(Cueno et al.1974)**. Dans quelques cas isolés et ne représentent qu'une très faible part des produits commercialisés, des organismes pathogènes, tels que les staphylocoques et les salmonelles, peuvent être présents. Une source possible de tonicité est la présence d'aflatoxines, comme dans d'autres produits céréaliers. En fait et compte-tenu de l'élimination des parties périphériques du grain lors de la fabrication de la semoule. Ce risque est très minime, il en est de même des résidus de pesticides. Enfin des contaminants d'origine animale (poils de rongeurs, débris d'insectes) présents dans les semoules peuvent se retrouver dans les pâtes. **(Salvioni. 1975)**.Le risque le plus important d'altération des qualités hygiéniques des pâtes alimentaires existe dans les pâtes aux œufs en raison de la contamination possible par les salmonelles **(Feillet. 2000)**.

D'après Une étude qui a été réalisée entre 1969 et 1974 par Food and Drug Administration (USA) avait montré que 57 produits sur 909 examinés contenaient des salmonelles.

Pour éviter les accidents il est nécessaire de maintenir la chaîne à froid à partir du moment où les œufs sont cassés (ou les poudres œufs réhydratées) jusqu'à leur addition dans la semoule.

Il est intéressant de noter que l'évolution des techniques de fabrication (cisaillement plus important des avant et pendant l'extrusion, température de séchage beaucoup plus élevée), sont des facteurs favorables à une diminution des contaminations microbiennes. Donc les bons résultats ne s'obtiennent qu'en observant, durant la fabrication des règles strictes d'hygiène et cela pour diminuer les risques de contamination microbiennes et le contrôle rigoureux de la qualité du blé sur le marché. **(Boudreau et Menard. 1992)**.

I.8.3. Qualité organoleptique

La qualité organoleptique des pâtes alimentaires concernent non seulement leur aspect à l'état cru mais aussi leur comportement durant et après la cuisson **(Abecassis et al. 1993)**.

Selon Boudreau et al (1992) et Feillet (2000) l'aspect des pâtes comprend quatre groupes caractéristiques déterminant l'aspect des pâtes alimentaires : les gerçures, les piqûres, la texture superficielle et la coloration.

- La gerçure

C'est un accident de fabrication qui se produit sous l'effet des tensions internes et qui se manifestent lorsque le séchage a été mal conduit. Ces gerçures se traduisent par l'apparition des fêlures dans les pâtes sèches.

- Les piqûres

Il existe trois types des piqûres dont chacune a une origine spécifique :

- Blanches : sous forme de points ou de trainées, elles proviennent de mauvaises conditions de pastification (mauvaise hydratation, extrusion et malaxage mal conduit).
- Brunnes : ce sont les particules de son non éliminées au cours de la mouture (mauvais conditionnement, taux d'extraction élevé).
- Noires : elles peuvent provenir du blé ergoté, mouchetés, non éliminés au cours du nettoyage.

- La texture superficielle

Lisse et rugueuse, la texture superficielle des pâtes alimentaires dépend de la nature des moules utilisés : les moules en téflon confèrent aux pâtes un aspect lisse et brillant, les moules en bronze favorisent le développement d'une surface rugueuse et hétérogène.

- La coloration :

La couleur est un facteur important de la qualité, elle est influencée par les caractéristiques agronomiques, biochimiques et technologiques de blé mis en œuvre (**Laignelet et al. 1921**). On peut considérer que la coloration est la somme d'une composante jaune que l'on souhaite élevée et d'une composante brune ou gris qui doit être faible.

Une pâte alimentaire doit être de couleur claire et de couleur jaune ambrée et peut être améliorée en agissant soit au niveau de la mouture (réduction de la contamination des semoules par des parties périphériques du grain), soit par la sélection des nouvelles variétés riches en pigments et possédant de faible activité enzymatique ou bien par l'utilisation de

traitements thermiques de hautes températures appliqués au début du séchage (lorsque l'humidité de l'air est élevée) (Abicassis.1990).

I.8.4. Qualité culinaire des pâtes alimentaires

Le comportement des pâtes au cours de la cuisson peut être différent d'un produit à l'autre. Lors de la cuisson d'une pâte alimentaires, l'objectif est de viser à gélatiniser l'amidon pour le rendre digestible, et à modifier la texture des pâtes de manière à leur conféré les caractéristiques souhaitable par le consommateur.

Dans son acception la plus large, la notion de qualité culinaire des pâtes alimentaires regroupe l'ensemble des caractéristiques suivantes (Boukezoula. 2003) :

- Temps minimal, optimal et maximal de cuisson :

Qui correspondent aux temps à partir duquel l'amidon est gélatinisé, c'est-à-dire le temps nécessaire pour donner la texture cherchée, et le temps au-delà duquel les produits se désintègrent dans l'eau de cuisson.

- Gonflement ou absorption d'eau pendant la cuisson :

Les pâtes sont mesurées avant et après la cuisson, d'une manière générale 100 grammes des pâtes sèches fixent 160 à 180 grammes d'eau.

- La texture du produit cuit :

Par rapport à la masticabilité des pâtes après cuisson, elle est déterminée par la mesure des caractères rhéologiques (fermeté, viscoélasticité).

- L'état de surface :

« Désintégration » des produits cuits qui dépend du degré d'adhésion des brins entre eux (notion de collant) et l'aspect plus au moins lisse des produits cuits (notion de délitescence).

- Arôme et goût :

La cuisson d'une pâte alimentaire à la maison vise à amener ses constituants (amidon et gluten) à la température désirée, c'est-à-dire à gélatiniser l'amidon pour le rendre digestible et à modifier la texture des pâtes de manière à leur donner les caractéristiques souhaitées par le consommateur.

L'état de cuisson doit être al dente, c'est-à-dire que les pâtes doivent résister légèrement sous la dent. La texture des produits cuits, qui rend compte de la fermeté et de la masticabilité des pâtes après cuisson, dépend principalement de teneur en protéines et de la viscoélasticité du gluten ; plus celles-ci sont élevées, plus les pâtes sont fermes pour un temps donné de cuisson

I. 9. Stockage des pâtes alimentaires

En raison de leur siccité « la qualité de ce qui est sec » à la récolte, le blé se prête à un stockage de longue durée mais à la condition de prendre quelques précautions élémentaires :

Protection contre les insectes, les rongeurs et les infiltrations d'eau (pluies, condensation)

Il s'agit d'éviter un accroissement même localisé de l'activité de l'eau et de la température en cas d'élévation de l'une ou de l'autre.

Concernent le produits fini, il est recommandé de conserver les pâtes alimentaires dans des récipients en verre ou des bocaux fermés dans un endroit sec à l'abri de la lumière et des odeurs (**Anonyme. 2011**). La durée de conservation maximale pour les pâtes alimentaires sèches est de huit mois, et ce dans un milieu sans humidité, les pâtes fraîches doivent être consommées dans les heures suivantes, leurs fabrications du fait de leurs hautes teneurs en eaux, les pâtes sèches ont une teneur en eau de 7% à 12% ce qui leur permet d'être conservées durant plusieurs mois (**Fortin1.996**).

I.10. Les Pâtes alimentaires enrichis

L'incorporation de différentes matières premières dans les pâtes de blé dur a modifié leur qualité de cuisson, leur valeur nutritionnelle et leurs attributs sensoriels. De nombreuses études scientifiques et recherches actuelles ont traité la formulation sur les pâtes de blé dur enrichies avec différentes matières premières végétales ou animales et l'effet de cet enrichissement sur la qualité, les changements nutritionnels et l'activité antioxydant des produits finis.

Dans les années 1940 la FAD à considérer les pâtes l'un des premiers aliments pour l'enrichissement en vitamine et en fer. (**Mercier et al .2011**) ont observé que l'enrichissement affectait la qualité des pâtes en termes de texture, couleur et qualité de cuisson, mais aussi l'aspect sensoriel et les propriétés rhéologiques.

L'enrichissement des pâtes peut constituer une alternative très intéressante pour les consommateurs qui préfèrent les aliments sains tel que :

- La fabrication des pâtes diététiques-hypoglucidiques pour les diabétiques, des pâtes sans gluten pour les enfants souffrant de maladie cœliaque et celle à faible teneur en protéines pour les personnes atteintes des maladies rénales connaissent une grande importance.

- l'enrichissement en protéines pour améliorer simultanément la teneur en protéines (jusqu'à 25-30 %) et la qualité de celle-ci (teneur en acides aminés indispensables) a fait l'objet de nombreux travaux (incorporation de germe de blé dilapidé, d'œufs, de lactosérum, de caséine, de protéines de soja ou autres légumineuses, de protéines de poisson). L'insuffisance des propriétés organoleptiques des produits obtenus, que ce soit leurs tenues à la cuisson, leurs arômes ou leurs goûts (développement d'amertume notamment), s'est opposée à la commercialisation de ces produits.

- Ainsi des produits mixtes blé dur/légumineuse notamment des pâtes enrichies en farine de légumineuse, connaisse depuis quelques années un intérêt croissant. Les farines de lupin et de pois chiche figurent parmi les légumineuses les plus étudiées pour enrichir les pâtes), selon **(ZHAO et al. 2005)** devant le pois et la lentille Le taux d'enrichissement varie généralement de 5 à 30 %. Une seule étude a été conduite en 2006 par SABANIS sur des pâtes enrichies avec 50% de farine de pois chiche.

- Un des travaux d'enrichissement des pâtes était d'étudier et de déterminer la faisabilité technologique de pâtes enrichies avec des quantités élevées de farine de fève ou de pois cassé et de caractériser leurs propriétés culinaires **(Petitot et al. 2010)**.

- L'enrichissement des pâtes de blé par des fruits et des légumes est une tendance future très intéressante qui permet d'obtenir des pâtes plus attrayantes pour les consommateurs, non seulement en termes d'amélioration des attributs sensoriels mais aussi de valeur nutritive et de santé **(Dziki .2021)**. Rekha et al (2013) ont ajouté des purées de différents légumes (carotte, épinard, betterave et purée de tomate en conserve) à des pâtes de blé. Ils ont constaté que l'ajout de purées de légumes a entraîné une interaction entre les granules d'amidon et la matrice protéique, ce qui a permis d'améliorer la structure de la pâte à base de farine de blé ordinaire. Par conséquent, la perte à la cuisson et l'indice de gonflement des pâtes ont diminué. Cependant, l'incorporation de purée de légumes a diminué la fermeté des pâtes mais a augmenté la teneur en fibres et en pigments nutritionnels tels que le carotène, la chlorophylle, le lycopène et les bêtaïnes. De plus, la couleur des pâtes enrichies était plus attrayante, bien que la qualité globale ait légèrement diminué. Seulement pour les pâtes

contenant de la purée de carottes, la qualité globale des pâtes n'était pas significativement différente de celle du produit témoin.

- Ces dernières années, certains chercheurs ont étudié la possibilité d'enrichir les pâtes avec des matières premières végétales. Padalino et al (2019) ont enrichi des pâtes fraîches de blé dur avec un extrait de la plante *Salicornia europaea*. Il s'agit d'une plante annuelle aux propriétés anti-inflammatoires et anticancéreuses renforcées. L'ajout de l'extrait de *S. europaea* à la semoule de blé dur a montré peu d'influence sur la qualité de cuisson et les attributs sensoriels des pâtes et a augmenté le contenu phénolique total, le contenu total en flavonoïdes et l'activité antioxydante (tests DPPH et ABTS) du produit enrichi.

- Les FD sont définis comme "les parties comestibles des plantes ou les analogues d'hydrates de carbone qui résistent à la digestion et à l'absorption dans l'intestin grêle humain avec une fermentation complète ou partielle dans le gros intestin". Le FD joue un rôle très important dans le corps humain. Le manque de fibres alimentaires dans l'alimentation entraîne souvent des maladies gastro-intestinales et un risque accru de maladies cardiovasculaires. La consommation d'aliments riches en fibres contribue à réduire la pression artérielle et le taux de cholestérol et est associée à un risque plus faible d'obésité. Le développement de pâtes riches en fibres permet d'obtenir des produits ayant des propriétés favorables à la santé. Ainsi, au cours des dernières années, une grande attention a été portée sur la possibilité d'enrichir les pâtes avec des FD de différentes origines. Cette tendance se poursuit encore aujourd'hui. Récemment, Garbata et al (2020) ont étudié la qualité et les caractéristiques nutritionnelles des pâtes enrichies avec de l'inuline (polymères de fructose classés comme fibres hydrosolubles) à haut et bas degré de polymérisation provenant respectivement de racines de cardon et de chicorée. L'incorporation des deux types d'inuline dans les pâtes a réduit leur temps de cuisson.

- Gupta et al (2021) ont ajouté un isolat de protéines de quinoa à la semoule. La perte à la cuisson et l'expansion du volume des pâtes ont augmenté suite à l'incorporation de cet additif dans la semoule. Il est important de noter que la teneur en protéines des pâtes a augmenté de 11,73% pour l'échantillon témoin à 21,52% pour les pâtes supplémentées avec 12,0% d'isolats de protéines, tandis que la teneur en graisses brutes et en glucides a diminué de manière significative.

Les pâtes enrichies, cependant, sont souvent caractérisées par une perte de cuisson accrue et une diminution des notes sensorielles en raison d'une diminution de la fermeté, de changements de couleur et d'un goût ou d'une odeur inacceptable. Par conséquent, il est souvent difficile d'obtenir des pâtes enrichies de qualité acceptable, et la proportion des

différents additifs doit être déterminée avec précision en fonction des préférences des consommateurs. Dans notre études on a pensée à enrichir les pâtes alimentaires par une graine oléagineuse ancienne : sésame vu ses bienfait et sa richesses nutritionnel en minéraux, fibre, antioxydant, lipides sans altérer la qualité organoleptique coté odeur elle est très apprécié par le consommateur, sa couleur n'a pas une influence négative sur le produit fini comparent par des pates enrichis par exemple en spiruline. L'effet de l'enrichissement des pâtes et les facteurs influençant l'acceptation des pâtes par les consommateurs sont présentés dans la figure 08

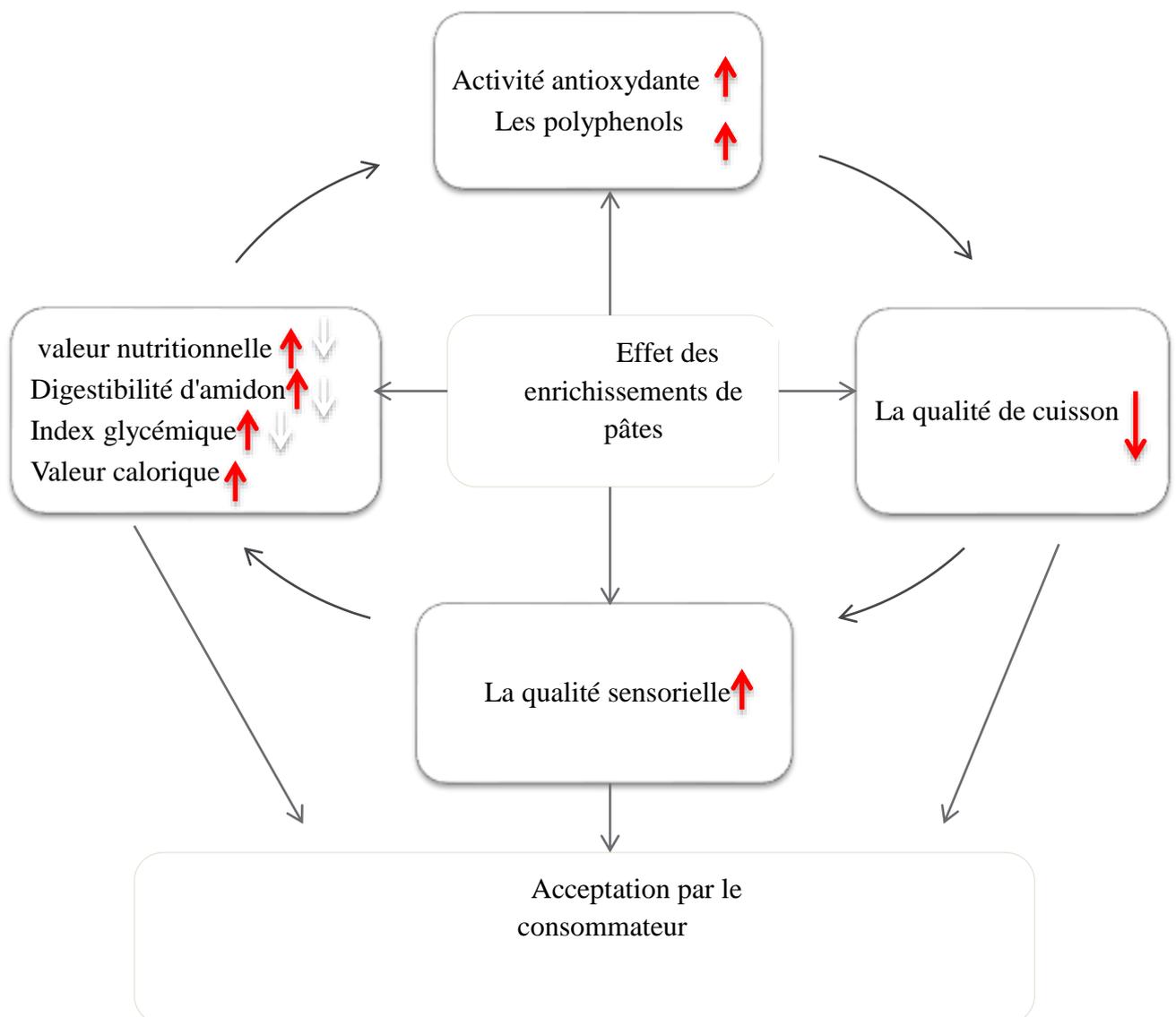


Figure 8 : Effet de l'enrichissement des pâtes et les facteurs influençant l'acceptation des pâtes alimentaires par les consommateurs.

Chapitre II :

Les graines de sésames

Chapitre II : Les graines de sésames

II.1 Généralités sur les graines de sésames

Au niveau international, il est appelées «sésame», alors qu'en Afrique de l'Ouest c'est la «graine de benni», «simsim» en Afrique de l'Est et «Till» en Inde (**Das et Bhattacharjee.2015**), il est généralement appelé «ridi» dans les États du Nord, Les graines sont de nature mucilagineuse et comptent parmi les plus anciennes cultures de graines oléagineuses connues de l'humanité (**Animashaun et al. 2017**). Il avait une place très importante dans l'alimentation humaine, il est consommé comme un aliment de base. Les graines de sésame sont utilisées dans la fabrication des produits de boulangerie, ainsi la graine de sésame est utilisée dans la médecine traditionnelle pour le traitement de nombreuses maladies. (**EL Mehiry et al. 2022**).

Les graines de sésames ont été nommées pour la première fois "*Sesamum indicum*" par Carl Linnaeus en 1753 (**Bedigian .2010**), Il est principalement cultivé en Asie et en Afrique, et les principaux pays producteurs de sésame sont par ordre décroissant, la Tanzanie, l'Inde et le Soudan (**Abbas et al. 2022**). Pourtant, On ne peut pas retracer avec certitude les origines de la culture de sésame qui varient selon les auteurs et qui a fait l'objet d'un vif débat. Pour certains, il serait originaire du continent Africain (**Misbah et al. 2022**), car de nombreuses formes sauvages s'y trouveraient encore, d'autres pensent plutôt qu'il serait originaire d'Asie et plus précisément de l'Inde et de chine (**XuanMa et al. 2022**). Car ils ont trouvé qu'il a été utilisé par les Babyloniens depuis 4,000 ans et en inde depuis 5,000 ans dans les préparations médicinales et cosmétiques, la préparation des boissons et des mets, dans les rites religieuse et comme source énergétique (**Borchani et al. 2010**), il fut ensuite introduit en Europe à partir de la Perse, et sur le continent américain grâce aux portugais (**Hugues. 2000**).



Figure 9: La plante de sésame (Juliet M. Beentje-Williamson 1983)

II.2 production du sésame dans le monde

La production des graines de sésames augmente à l'échelle mondiale, et se classe au neuvième rang parmi les treize premières cultures oléagineuses. Et selon (Saha et al. 2014) ces graines constituent 90% de la production d'huile comestible dans le monde, et en raison de sa richesse en huile et en protéines et en antioxydants ce qui explique sa forte demande mondiale.

En 2009 les trois plus gros producteurs de sésame étaient le Myanmar, l'Inde et la Chine avec des productions respectives de 0.9, 0.7 et 0.6 millions de tonnes. Ils ont totalisés 54% de la production mondiale de graines de sésame

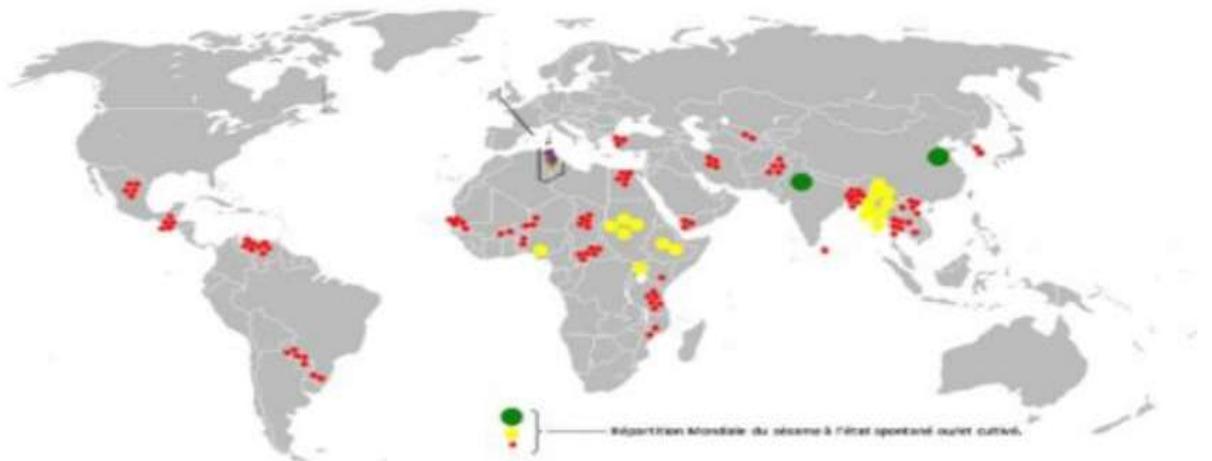


Figure 10: Carte de répartition du sésame (*Sesamum indicum L.*) dans le monde (El Mokni et El Aouni.2013).

Tableau 6: Quinze premiers pays producteurs mondiaux de graines de sésames

Pays	Production en 2009 (Tonne)	Part dans la production mondiale en 2009 (%)	Taux de croissance de la production entre 2008 et 2009 (%)
Monde	3976968	100	3.9
Myanmar	867520	21.8	1.7
Inde	657000	16.5	2.7
Chine	622905	15.7	6.2
Soudan	318000	8.0	-9.1
Ethiopie	260534	6.6	39.5
Ouganda	178000	4.5	2.9
Nigeria	110000	2.8	-9.5
Niger	75632	1.9	61.3
Paraguay	65000	1.6	29.9
Somalie	64445	1.6	19.2
Burkina Faso	56252	1.4	8.3
République Centrafricaine	50008	1.3	2.0
Tanzanie	48000	1.2	0.0
Thaïlande	46039	1.2	3.9
Egypte	41000	1.0	11.2

Source : Données FAOSTAT 2011

II.3 Classification et description botanique

Sesamum Indicum L., représente le nom binominal du sésame, cette plante herbacée annuelle qui présente une large diversité de génotypes, elle est classée parmi les dicotylédones vraies ou eudicotylédones, ordre des légumineuses. Il appartient à l'ordre des tubiflorales, à la famille des pedaliacées (Tableau 7) qui regroupe 16 genres et environ 60 espèces (**Sene, 2018 ; Stevens. 2011**), dont la plus connue est le *Sesamum indicum. L* qui reste la plus cultivée (**Honjaya et al.2021**).

Tableau 7 : Classification systématique de la plante (Mnhn.2022)

Règne	Végétale
Embranchement	Trachéophytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Asteridae
Ordre	Scrophulariales
Famille	Pedaliaceae
Genre	Sesamum
Espèce	<i>Sesamum Indicum. L</i>

Selon **VAVILOW**, le sésame fait partie du groupe des cultures ayant une très forte gamme de variation, Il existe un grand nombre de cultivars qui se différencient selon : le temps de maturation, le degré de ramification, la taille, le nombre de fleurs par axille, la couleur des fleurs, la couleur et la composition des graines.

Une tige principale est dressée avec une section quadrangulaire de 2 à 3 cm de diamètre. Elle est cannelée, plus ou moins velue, simple ou ramifiée (**Rebbas et al.2020**). De couleur verte, légèrement poilue à glabre (figure 11) (**Rasolofomanana.2016**).



Figure 11 : Diversifications de la plante de sésames en fonction de la morphologie de la tige et leurs couleurs.

Au sein de la même plante, les feuilles sont de forme très variable, selon l'âge et la variété de la plante. Au quotidien elles sont opposées ou alternes, mais souvent en positions mixtes chez d'autres, les feuilles inférieures sont opposées, larges (12 x 8 cm) a long pétiole (5 cm), grossièrement lobées et ovale. À l'opposé les feuilles supérieures sont d'une mesure qui varie de 3 à 17.5 cm de long et 1 à 7cm de large, elles sont généralement alternes ou sub-opposée, courtement pétiolées de 1 à 5cm de long, lancéolées et très étroites.

La couleur des feuilles varie et, selon la variété, elle est vert clair ou gris foncé - vert ; dans certains cas, il y a une pigmentation anthocyanique rougeâtre, qui se manifeste dans les pétioles et les tiges (**Kafiriti et al. 2011**).

La feuille est un organe important qui capte l'énergie lumineuse et synthétise des composés organiques par photosynthèse et affecte par la suite le rendement en graines du sésame (**H. Miao et al.2021**). Elles sont globalement de couleur verte terne avec des poils et des stomates sur les deux faces. En outre chez de nombreuses variétés, la partie qui a un contact régulier avec la chaleur prend une coloration rougeâtre.

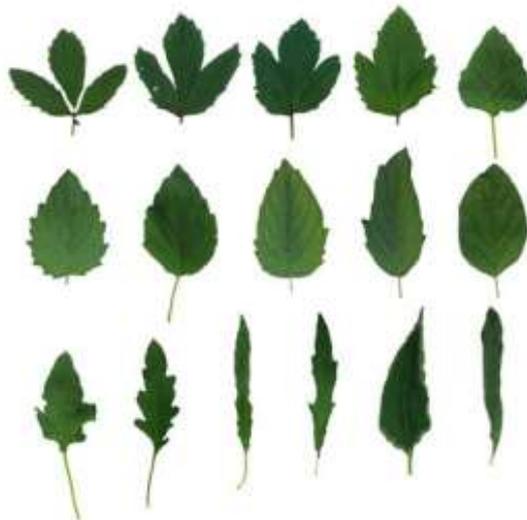


Figure 12 : Les différentes formes des feuilles du sésame

Le système racinaire (figure 13) est pivotant d'environ 90 cm de long avec un réseau dense de racine superficielles (lacis de racelles) peu développée pouvant atteindre jusqu'à 1 m dans le sol. D'après Weiss (1971) chez les monotiges, l'élongation racinaire qui contribue aux stratégies d'évitement de la sécheresse est rapide et serait due au prélèvement du phosphore par les racines secondaires denses.

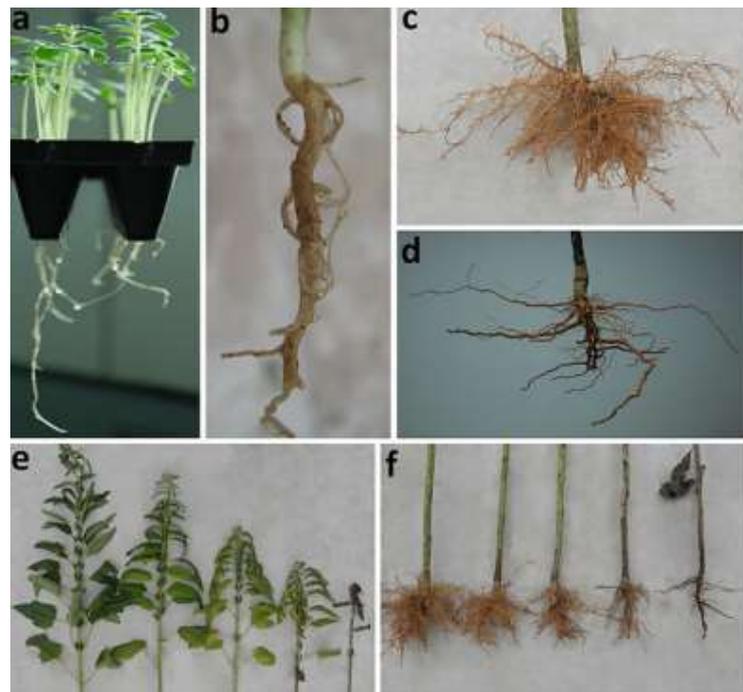


Figure 13 : Morphologie de la racine de sésame.



Figure 14 : Plante, fleurs, fruits et graines de sésame (Parle et Dhamija, 2012).

II.4 Récolte des graines de sésames

Environ 70 a 140 jours sont nécessaires pour la maturation complète de la plante (Khatoon .2019)



Figure 15 : La récolte du sésame.

Plus de 99% du sésame produit dans le monde est encore récolté manuellement (**Sun Hwang .2005**). La récolte doit se faire à la maturité physiologique et avant déhiscence. Ça se débute par le fauchage ou les tiges de la plante sont traditionnellement coupées à la faucille ou au sécateur au ras du sol et sont réunies et attachés en bottes moyennes. Ces bottes sont placées verticalement sur une bâche ou une aire bien dégagée et balayée ou sur un plastique en polyéthylène.

La position verticale des bottes permet de garder les graines à l'intérieur des capsules même après déhiscence. Les bottes sont par la suite séchées pendant au moins deux semaines sous abri et sous une bonne ventilation (**Talatou .2018**) et si aucune pluie tardive ne survient les capsules s'ouvrent sur les deux tiers de leur longueur sans se détacher (**Rabi .2013**), les pertes dues à l'ouverture des capsules peuvent être plus élevées si les récoltes sont effectuées en retard. Cependant, les pertes de semences n'excèdent pas 2% si les bonnes méthodes de récoltes sont appliquées (**DJIDINGAR. 2003**), et en raison des attaques possibles, il est utile de soupoudrer un insecticide en couronne autour de l'aire (**Schilling et Cattan. 1991**).

Le battage s'effectue 2 à 3 semaines après la récolte en renversant et secouant les bottes sur des bâches ou sur des nattes pour attraper les graines qui s'échappent des capsules séchées (**Sun Hwang. 2005**) et qui est suivi du vannage qui consiste à séparer les graines des impuretés (**Andres. 2013**).

Moins de 10% de la récolte sont perdus de cette façon. Les graines sont mises dans des sacs pour leur conservation, leur exposition trop longue au soleil peut les rendre non viables pour la germination et diminuer leur qualité, l'opération de récolte doit être rapide afin d'éviter la déhiscence des capsules et donc de limiter les pertes en graines (**Rabi .2013**).

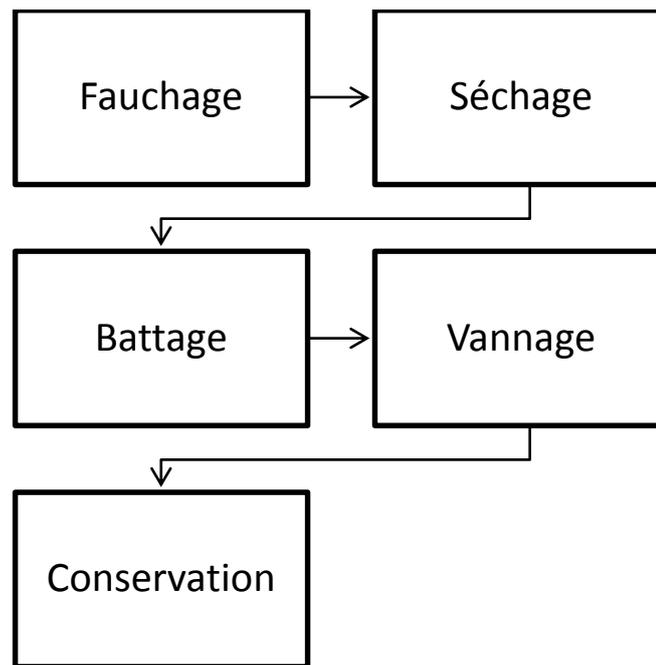


Figure 16 : Processus de la récolte des graines de sésames (Andres .2013).

II.5 Composition biochimique des graines de sésames

Plusieurs études phytochimiques sur la graine de sésame ont montré la présence des métabolites primaires comme les protéines, les graisses, les glucides, les vitamines et les sels minéraux, aussi la présence d'une diversité des substances naturelles regroupant des polyphénols, des alcaloïdes et des caroténoïdes.

La composition biochimique et la teneur en différents composés dépendent de la variété, de l'origine géographique, des pratiques culturales, de la date de récolte et du produit étudié (graines, huile tourteau de sésame) donnée dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Composition biochimique des graines de sésames (Anilakumar et al. 2010 ; Misbah et al. 2022, EL Mehiry et al. 2022)

Composés	Teneur%
Acides gras	45-55
Protéines	20-25
Cendres	4,5
Activité Antioxydant	22.11
Vitamines B et E	Présence
Antioxydants (Sésamine, sésamoline)	Présence

- Teneur en humidité

- En 2022 Abbas et al. ont témoigné que l'humidité des graines de sésames est de 4.53%.
- Les résultats obtenus par (**S. Gharby et al. 2015**) ont montré que les graines contiennent 6% d'humidité.
- **Gaipova S et al. 2021** ont rapporté que les gâteaux de graines de sésames leur teneur en eau est à 7.2.

- Les cendres

En 2022 Abbas et al ont indiqué que la teneur en matière minéral dans les graines de sésames est de 4.27%.

D'après Kouighat et al (2022), la teneur en cendres (4,4%) lui confère un taux de matière minérale élevé, cette composition a été aussi montré par les travaux de (**Sabah El Khier et al. 2008 ; Nzikou et al. 2009 ; Hassan. 2012 ; Ogbonna et Ukaan.2013 ; Gharby et al .2015**)

- Les lipides

Le sésame est un produit hautement énergétique contenant environ 50 % d'huile. Cette concentration varie selon de la variété de la plante, de la culture, du climat, du stade de maturation et du moment de la récolte des graines.

D'après XuanMa et al, en 2022 les graines de sésames se composent majoritairement des lipides environ (40–65%). En outre, Misbah (2022) révèle que les graines de sésame contiennent 34-59% d'huile qui est utilisée dans de nombreuses applications.

Selon Abbas (2022), les graisses brutes (41,20%) sont plus abondantes dans les graines de sésame entières.

El Khier (2008) a signalé une forte teneur en huile (35 % à 60 %) des graines de sésames, elles contient des quantités élevées (83-90%) d'acides gras insaturés, principalement de l'acide linoléique (37-47%), de l'acide oléique (35-43%), de l'acide palmitique (9-11%) et de l'acide stéarique (5-10%). Une richesse en acides gras essentiels du groupe C18 acides linoléique et linoléinique a été aussi trouvée par Yogranjan et al (2014) .Ces résultats suggèrent que la stabilité de l'huile de sésame est relativement bonne, ce qui est dû à la présence d'antioxydants (sésamol, sésamoline et sésamine) et de tocophérols (**S. Gharby et al. 2015**).

Tableau 9: Teneur en huile, acides gras libres, indice de saponification et indice d'iode chez certaines espèces de *Sesamum indicum*

Espèce	Source	Teneur en huile (%)	Acides gras libres	Valeur de saponification	Nombre d'iode
<i>S. indicum</i>	Afrique	53,80	1,00	193,35	118,88
<i>S. indicum</i>	Inde	51,20	1,12	190,74	113,05
<i>S. indicum</i>	Chine	46,13	1,31	192,50	115,52

-Les protéines

La haute teneur en protéines de sésame permis d'améliorer les tourteaux en alimentation du bétail. Selon Abbas (2022) et XuanMa et al. (2022) la teneur en protéines dans les graines de sésames est de 22% et (19–35%) respectivement.

D'après Misbah (2022), les graines de sésames sont riches en protéines (20% -25%). En revanche Rivas et al (1981) ont classées les protéines de sésame en globulines (67,3%), prolamine (1,3%), albumine (8,6%) et glutéline (6,9%). Avec une richesse en acides aminés soufrés, en particulier en asparagine (5.87–8.95g/100g) et en méthionine (1.25–3.47g/100g), arginine (1.87–4.83 g/100g) et leucine (3.86–7.54g/100g), Valine, (2.55–5.20 g/100g) mais reste assez pauvre en Cysteine (0.57–3.15g/100g) et en Serine (0.23–3.90g/100g). (**Abbas et al.2022**)

La teneur en protéines de sésame s'avère entre 18 % et 25% (**Sabah El Khier et al. 2008**), et 20% de protéines brutes selon J.M. Nzikou (2009). Ainsi S. Gharby en 2015 stipule que la teneur en protéine est de 22%. Pour les variétés de sésame étudiées par (**B.Sene et al.2018**) les teneurs en protéines varient de 22,59 % à 29,37 %.

- Les glucides

Les graines de sésame contiennent 21 à 25 % de glucides, la plupart des sucres étant de type réducteur, ces composés glucidiques du sésame sont constitués essentiellement de fibres, les sucres simples, et l'amidon étant présent en faible quantité.

- Les fibres

En 2022 Abbas et al, ont indiqué que la teneur en fibre dans les graines de sésames est de 3.42%. Cependant, S.Gharby et al (2015) ont indiqué une teneur de 3.5%, ainsi qu'une valeur de 2.43 à 4.78% est indiqué par Kouighat et al (2022).

- Les sels minéraux

Les graines de sésames sont une bonne source de certains minéraux, notamment, le magnésium, le calcium, le phosphore, le fer et le zinc. L'enveloppe de la graine de sésame est riche en minéraux (22,8 g 100 g⁻¹), notamment en calcium (9,75 g 100 g⁻¹), en phosphore (4,29 g 100 g⁻¹).

Pour 100 g de portion comestible, la graine de sésame décortiquée séchée contient Ca (60 mg), Mg (345mg), P (667 mg), Fe (6,4 mg), Zn (6,7 mg).

Des recherches récentes montrent aussi que toutes les variétés de sésame étudiées par B.Sene et al (2018) contiennent une quantité importante de minéraux. La concentration moyenne en mg/100 g de matière sèche du calcium (630,42) est plus élevée, suivie de celle du phosphore (603,74), (390,59) en magnésium, (10,50) en fer, et en fin du zinc (6,54).

Des études ont été menées au Maroc et ont mis en évidence la présence des éléments minéraux sur les génotypes de sésame marocains comme le sélénium (Se) et le potassium (K) (Rizki et al 2017).

Selon les résultats de l'auteur (Abbas et al.2022) la teneur en élément minéraux dans les graines de sésames est la suivante :

Tableau 10 : Composition des éléments minéraux de la graine de sésame (Abbas et al.2022).

Les éléments minéraux	Composition (mg/100g) de la graine
Calcium, Ca	1146.25
Zinc	5.62
Iron	9.45
Potassium, K	549.91
Sodium, Na	76.30

Tableau 11 : Composition minérale des graines de *Sesamum indicum L* (J.M. Nziko. 2009)

Les éléments minéraux	Composition (mg/100g) de la graine
Calcium,Ca	415.38 ± 3.14
Phosphore,P	647.25± 3.52
Magnésium ,Mg	579.53 ± 0.42
Potassium, K	851. 35 ± 3.44
Sodium, Na	122.50 ± 4.21

D'après l'étude de **Sene et ses collaborateurs (2018)** la teneur de graine de sésame en minéraux est illustrée dans le tableau 12.

Tableau 12 : Teneur en minéraux de grain de sésame

Minéraux (mg/100g)	Calcium (Ca)	Phosphore (P)	Magnésium (Mg)	Fer (Fe)	Zinc (Zn)
	973,22	711,17	455,04	10,86	7,88

-Les vitamines

Les graines de sésame sont une source importante de certaines vitamines, en particulier la présence de vitamine A, et vitamines B (B1, B2, B3, B 6, B9) (**Sene al., 2018**) et de la vitamine E (**Narasimhan et Mohan 2012**), l'acide folique et les tocophérols (l'huile de sésame est riche en tocophérols principalement sous la forme de γ - tocophérol, lui conférerait une grande stabilité à l'oxydation)., tandis que le δ -tocophérol représente moins de 5% des tocophérols totaux. L' α -tocophérol est présent dans l'huile de sésame sous forme de traces seulement (**Moreau et Lampi, 2012**).

Tableau 13 : Composition en tocophérols (%) des graines oléagineuse de sésame marocaines (S. Gharby et al. 2015)

Tocophérol total	Tocopherol (%)			
	a-Tocopherol	b-Tocopherol	c-Tocopherol	d-Tocopherol
446 mg/kg	2,2	346	90,5	7,3

Tableau 14 : Les propriétés des nutriments du sésame

Nutriments	Utilité
Le Zinc	Le zinc stimule les réactions immunitaires, la fabrication du matériel génétique, la perception du goût, la cicatrisation des plaies et le développement du fœtus, il participe à la synthèse, à la mise en réserve et à la fabrication de l'insuline.
Le Cuivre	Le cuivre est nécessaire à la formation de l'hémoglobine et du collagène
Le Calcium	Le calcium joue un rôle essentiel dans la coagulation du sang, le maintien de la pression sanguine, formation des os et des dents et la contraction des muscles dont le cœur.
Le Phosphore	Il facilite la croissance et la régénérescence des tissus et aide à stabiliser le pH du sang.
Le Magnésium	Il joue aussi un rôle dans le métabolisme de l'énergie et dans la transmission de l'influx nerveux.
Le Fer	Il est essentiel au transport de l'oxygène et à la formation des globules rouges dans le sang. Il joue aussi un rôle dans la fabrication de nouvelles cellules.
La Vitamine B1	Elle fait partie d'un coenzyme nécessaire à la production d'énergie, principalement à partir des glucides.
La Vitamine B2	Elle joue un rôle dans le métabolisme de l'énergie de toutes les cellules. Elle contribue à la croissance, à la réparation des tissus, à la production d'hormones et la formation des globules rouges.
La vitamine B3	Elle concourt à de nombreuses réactions métaboliques et particulièrement à la production d'énergie à partir des glucides, des lipides, des protéines et de l'alcool et participe à la formation de l'ADN.
La Vitamine B6	Elle participe également à la fabrication des globules rouges et permet de transporter d'oxygène, elle intervient dans la transformation du glycogène en glucose, le bon fonctionnement du système immunitaire.
La vitamine B9	Folates joue un rôle la fabrication des cellules du corps, dont les globules rouges ; la production du matériel génétique (ADN, ARN), le fonctionnement du système nerveux et du système immunitaire, la cicatrisation des blessures.

- Les substances bioactifs

La graine de sésame est riche en lignanes qui sont des composants bioactifs antioxydants, composés de sésamine, de sésamoline et de sésamol ils sont responsables de l'amélioration de la durée de conservation, c'est cette composition qui lui confère sa stabilité et sa résistance au rancissement. Borchani et al (2010) et Yogranjan et al (2014).

Les études phytochimiques de Babani et al, (2019) sur l'extrait alcoolique et éthanolique de *Sesamum indicum* a révélé la présence de flavonoïdes mais ils n'ont pas été détectés dans l'extrait aqueux. D'après Elhanafi et al (2020), la quantité de phénoliques et de flavonoïdes totaux était la plus élevée dans l'extrait hydrométhanolique d'enrobage des graines.

Tableau 15 : Résultats du screening phytochimique des graines *Sesamum indicum*.L (BENMOUNA, 2020).

Substance chimique	Teste	Sésame
Anthocyanes	NH ₄ OH	-
Tanins	FeCl ₃	+-
Tanins catéchiqes	Ch ₂ O-HCL	-
Tanins galliques	C ₂ H ₃ NaO ₂ -FeCl ₃	+
Glucosides	H ₂ SO ₄	++
Muschliges	C ₂ H ₅ OH	++

(+-) faiblement positive, (+) moyennement positive, (++) fortement positive

- Les facteurs antinutritionnels

(Gopalan et al .1982) ont signalé la présence de 1,7 % d'acide oxalique dans les graines, elles contiennent une quantité importante de phosphore, la plupart du phosphore est lié sous forme d'acide phytique ou de phytine et la formation de ces complexes diminue la biodisponibilité des micronutriments.

La présence d'acide oxalique (14,3 g 100 g⁻¹) et d'acide phytique (à l'état de traces) dans l'enveloppe de la graine rend le calcium et le phosphore indisponibles et leur donne un goût désagréable.

II.6 Huile de sésame

L'huile de sésame a une texture fluide et pénétrante, une couleur jaune dorée à jaune pâle, une odeur et un goût typique de la graine de sésame. Les particularités botaniques et organoleptiques de cette huile sont susceptibles d'évoluer en fonction des conditions de production (pays, ensoleillement, production biologique etc.) (BENMOUNA, 2020).

Cette huile est extraite à partir de la graine de sésame (issue de la capsule), à l'aide d'une presse à vis continue, une presse hydraulique, l'extraction par solvant avant pressage ou l'extraction directe par solvant, comme pour les autres graines oléagineuses (Godin et Spensley.1971).

Elle contient près de 85% acides gras insaturés l'acide oléique, (35–50%) et l'acide linoléique (35–50%) (Premkumar et al. 2020), et moins de 20% d'acides gras saturés, principalement l'acide palmitique (7,9-12%), et l'acide stéarique (4,8-6,1%).

Tableau 16 : Composition et profil des acides gras dans l'huile de sésame (Yogranjan et al. 2014)

Acides gras	Pourcentage dans l'huile (%)
Acide palmitique (16:0)	11,7
Acide stéarique (18:0)	05,2
Acide oléique (18 :1)	41,4
Acide linoléique (18 :2)	39,4
Acide linolenique (20 : 3)	00,4
Acide arachidique (20:0)	00,4
Acide behenique (22 :0)	00,6
Acides Gras saturés	14,0
Acide gras monoinsaturés	39,0
Acides gras polyinsaturés	46,0
Total acides gras insaturés	85,0

Les résultats des analyses physiques de l'huile végétale extraite selon la méthode traditionnelle des graines de sésame obtenus par BENMOUNA (2020) sont représentés dans le (Tableau 17).

Tableau 17 : Propriétés organoleptiques des huiles de sésame

Huile de sésame	
Aspect	Liquide, huileux et fluide
Couleur	Jaune claire
Odeur	Douce typique à celle de graine
Goût	Prononcé

La graine de sésame est parmi les graines oléagineuses les plus riches en huile et sa teneur varie de 44% à 58% selon les variétés des graines. (Elhanafi et al. 2020), certaines propriétés physico-chimiques de l'huile de sésame sont données dans le tableau 18.

Tableau 18 : Caractéristiques physico-chimiques de l'huile de graine de Sésame (Codex Alimentarius)

Propriétés	Valeurs
Densité relative (20°C/eau à 20°C)	0,915 -0,924
Indice de réfraction (40°C)	1,465 -1,469
Indice de saponification (mg KOH/g huile)	186-195
Indice d'iode	104-120
Matière insaponifiable (g/kg)	≤20

L'huile de sésame raffinée a des propriétés antioxydants qui lui permettent d'être utilisée dans l'industrie alimentaire. L'huile torréfiée résiste au rancissement dû aux antioxydants formés lors de la torréfaction des graines et la flore particulière du sésame torréfié améliore le goût des produits frits.

II.6.1 Tourteau du sésame

Le tourteau du sésame est obtenu comme sous-produit après l'extraction de l'huile, à cause de sa richesse en protéines, présent un grand intérêt dans l'alimentation humaine et animale. La valeur nutritionnelle protéique varie en fonction de l'espèce végétale (en fonction de la couleur dominante du tégument d'origine et de la technique de fabrication). (**Guérin et al. 1989**).

Tableau 19 : Composition chimique (%MS) et valeur nutritive du tourteau de sésame selon certains auteurs

Tourteau du sésame	MS	MG	MAT	CB	MM	Source
	93,80	-	35,70	12,10	9,40	Cheva et al. (1993)
	93,10	-	26,21	7,10	6,06	Diarra et al. (2008)

MS = Matière Sèche ; MG = Matière Grasse ; MAT= Matière Azotée Totale ; CB= Cellulose Brute ; MM = Matière Minérale.

Tableau 20 : Variation des contenants de composition fonctionnelle dans les graines et l'huile de sésame (**Pathak. 2004**)

Les composants bioactives	Noms de composants	Graines de Sésame (mg g⁻¹ grains)	Huile de Sésame (mg g⁻¹)	Références
Lignanes	Sésamin	8.80	6.20	Moazzami <i>et al.</i>
	Sésamolin	4.50	2.45	2006, Hemlatha
	Sésamol	1.20	-	Ghafoorunisa 2004
	Sésaminol	1.40	0.01	
Tocophérol	α -tocophérol	-	-	Kamal-Eldin and
	β -tocophérol	-	-	Appelqvist
	γ -tocophérol	800 μ g g ⁻¹	0.68	
	δ -tocophérol	-	-	
Polyinsaturé	Acide Palmitique (16:1)	9.4%	14.45%	Uzun <i>et al.</i>
	Acide gras			
	Acide oléique (18:1)	39.1%	50.54%	
	acide Linoléique (18:2)	40%	45.50%	
	acide Linoléique (18:3)	0.46%	0.85%	
Phytostérols	β -sitostérol	3.35	2.63	Normen <i>et al.</i>
	Campestérol	1.00	1.35	
	Stigmastérol	0.37	0.47	
	Δ^5 -avenastérol	-	0.82	
	Sitostanol	-	0.04	
	Campestanol	-	0.02	
	Ergosterol	-	-	
	Total phytostérols	4.72	5.33	
Phytates	acide Phytique	5.18% (farine de sésame dégraissée)		de Boland <i>et al.</i>

II.7 Utilisation des graines de sésame

L'utilisation du sésame étant l'une des plus anciennes cultures oléagineuses dans le monde, qui a fait aujourd'hui l'objet de diverses utilisations ; dans alimentation, dans la pharmacologie (**Anilkumar et al. 2010**) et dans les industries de parfumerie et cosmétologie.

II.7 .1 Utilisations alimentaires

Il existe plusieurs aliments dont l'ingrédient est le sésame. Les graines sont consommées crues, légèrement grillées ou peuvent être utilisées pour parfumer ou pour orner les sucreries. En Grèce, elles sont utilisées dans les gâteaux, tandis qu'au Togo et en Afrique, constituent un ingrédient principal de la soupe. Ces graines sont lavées, séchées et utilisées sur les pains à hamburger, ce procédé spécial permet aux graines de coller au pain tout en conservant une couleur blanche après cuisson.

De nombreuses recettes utilisent des graines de sésame comme ingrédient, tel que les biscuits, le granola, la sauce à la moutarde, le poulet au sésame au gingembre, la pâte (beurre), la sauce de sésame et les haricots verts au sésame.

Elles entrent également dans la production de la pâte ou beurre de sésame dans des formulations alimentaires en confiseries qui est très utilisé au Moyen Orient, tel que Halawa (figure 17) tehina (**Abou-Gharbia et al.2000**).

La plus ancienne utilisation du sésame reste cependant la production d'huile, elle est très appréciée pour la fabrication de certains produits en raison de sa bonne saveur et de sa stabilité.

La farine est la forme préférée pour la consommation humaine car elle est plus facile à digérer que la graine. Et elle est considérée comme un excellent aliment pour la volaille et le bétail (**Anilakumar et al. 2010**).

Le tourteau qui constitue le principal résidu d'extraction, est très apprécié par toutes les catégories de bétail et de volailles.



Figure 17 : Halawa tehina.

II.7.2 Utilisation cosmétique

L'huile de sésame constitue une excellente huile dermatologique, elle est idéale dans les soins anti-âge grâce à sa richesse en antioxydants, la graine de sésame blanche possède une meilleure propriété antioxydant que la graine de sésame noir (**Vishwanath et al. 2012**), elle protège la peau contre les UV, assouplissantes et régénérâtes grâce à sa richesse en vitamine E et A où elle est très utilisée dans le massage.

II.7.3 Utilisations non-alimentaires des graines

L'huile de sésame est aussi très utilisée dans les industries pour la fabrication de divers produits tels que le savon, peinture, insecticide. (**Rasolofomanana. 2016**)

II. 7.4 Utilisation pharmacologiques

Les composés phytochimiques tel que les flavonoïdes, les acides phénoliques, les alcaloïdes, les tanins, les saponines, les stéroïdes, les terpénoïdes mais aussi les tocophérols et les lignanes présentent au sein du sésame lui confère plusieurs propriétés pharmaceutiques illustrées dans le Tableau 21 ci-dessous.

D'autres auteurs ont également montré que la sésamine protège contre les lésions hépatiques (**Nakai et al. 2003**), et en raison de l'élévation de la concentration de la vitamine E, diminue la peroxydation lipidique (**Ikeda et al. 2003**) et inhibe la production de superoxydes vasculaires (**Nakano. 2003**).

L'autre application pharmaceutique déclarée de l'huile de sésame est son utilisation comme un bain de bouche antibactérien (**Vishwanath et al. 2012**) comme laxatif (**Morris. 2002**), elle peut se trouver dans des produits sous forme injectable le plus souvent, en particulier les neuroleptiques, mais aussi sous formes orale et topique (**Honjoya et al. 2021**).

Un récent progrès clinique a prouvé que l'huile du sésame était plus efficace pour traiter la sécheresse de la mucoité nasale due à un climat hivernal sec. De plus, elle contient

de fortes teneurs en linoléate lié aux triglycérides qui inhibe sélectivement le développement des mélanomes (Tir. 2005).

Tableau 21 : Les propriétés pharmaceutique et nutraceutique des phytoconstituents du sésame

Composés	Utilisations et Fonctions	Référence
phytochimiques		
Lignanes :	Anti-mutagène, antioxydant, antihypertenseur,	Shad et al. (2007), ASGA
Sésamine,	hypocholestérolémiant, anti-inflammatoire,	(2011), Suja et al. (2004) ;
sésamol	antithrombotique, neuroprotecteur,	Miyake et al. (2005) ;
sésaminol	cardioprotecteur, utilisé comme bactéricide et insecticide.	Gauthaman (2009), Bournival et al. (2012).
Huile de sésame	Adoucissant de la peau, véhicule pour les médicaments et les laxatifs, des étourdissements, des maux de tête et de l'insomnie.	Kaur and Saini (2000); Shivhare et Satsangee (2012).
Acide myristique	Prévention du cancer, et dans l'industrie cosmétiques et du savon.	Morris (2002) ; Ahmad et al. (2006).
Flavonoïdes	Hypoglycémique.	Asgari et al. (2012) ; Morris (2002).
Lécithine et lignanes	Diminution de la dermatite, l'oxydation (rancissement) et l'inhibition de la production de cholestérol.	Anilakumar et al. (2010) ; Shivhare et Satsangee (2012).
Fibres	cardio-protecteurs.	Jaffe (2012) ; Anilakumar et al. (2010) ; Morris (2002).
Chlorosesamone	Antifongique.	Chakraborty et al. (2008) ; Gauthaman.

II.7 .5 Utilisations des autres parties de la plante

En Afrique Subsaharienne, les jeunes feuilles de la plante sont utilisées pour la préparation culinaire comme des légumes pour la soupe. En Afrique orientale et australe, les feuilles ont un rôle dans le traitement des morsures de serpents et de la malaria. Le mucilage

ou le jus des feuilles permet de soigner la fièvre, la toux, les douleurs ophtalmiques, de même il est utilisé dans les pansements après la circoncision. La cendre de la tige est une source

appréciable de sels minéraux donc elle remplace le sel. Le sésame a été utilisé aussi pour la préparation des parfums et l'eau de cologne à partir des fleurs du sésame. (CTA, 2007)

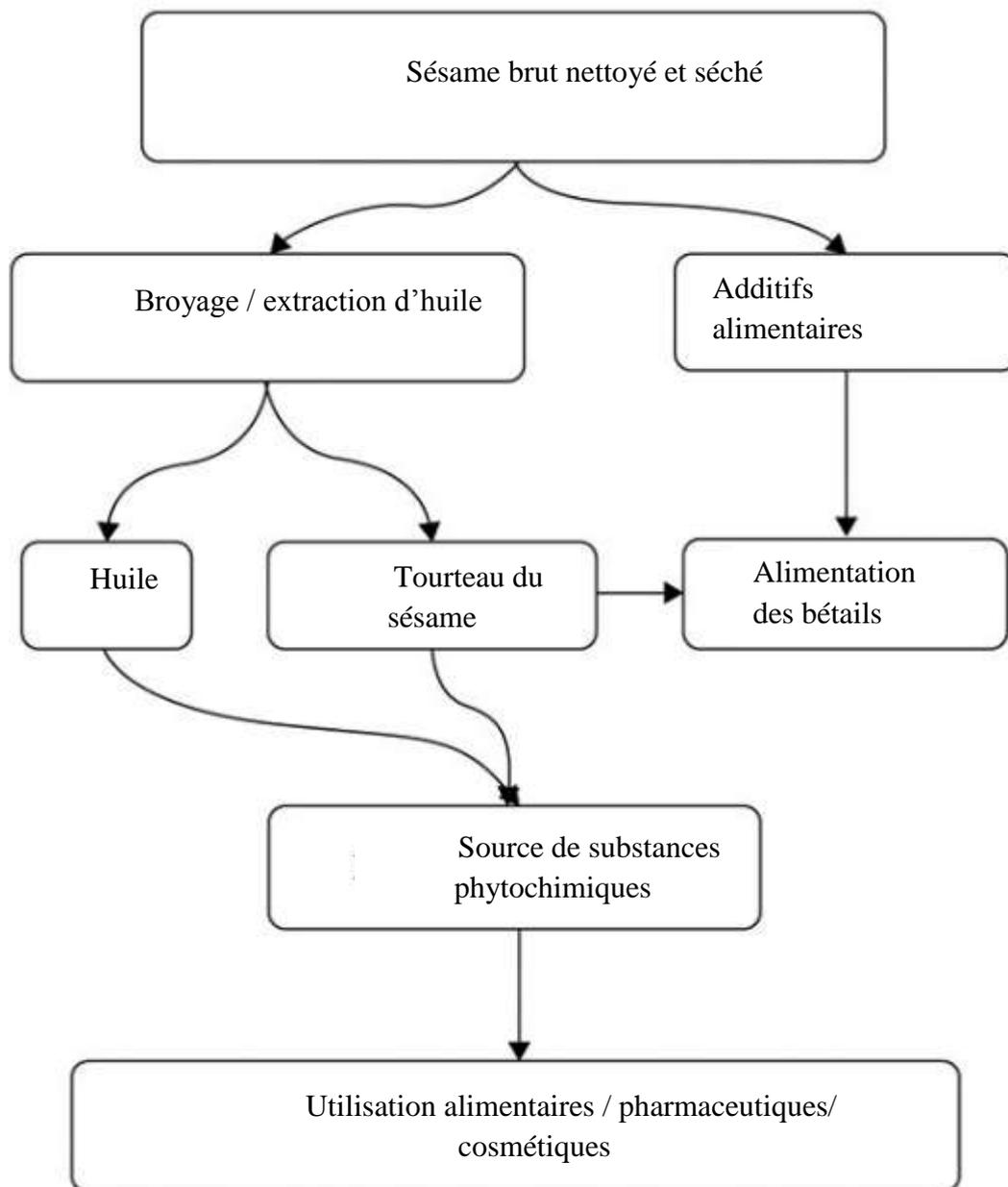


Figure 18 : Le traitement des graines de sésames.

II.8 L'allergie alimentaire du sésame

D'après CIRIHA (2014), le sésame est considéré comme un allergène émergent dans le monde et peut s'avérer dangereux pour les personnes qui sont allergiques au sésame et qui présentent souvent d'autres allergies alimentaires.

L'allergie au sésame toucherait 0,1 % des enfants âgés de moins de 18 ans et 0,2 % des adultes au Canada et selon l'étude de **(Warren et al. 2019)** qui a indiqué qu'il est possible d'avoir au total une prévalence de l'allergie au sésame de 0,49% dans la population. Ce qui correspondrait à plus de 1,5 millions d'enfants et d'adultes. L'apparition des symptômes peut faire suite à un contact avec le sésame (cutané ou respiratoire) ou ingestion.

L'allergie au sésame peut se manifester par une atteinte de tous les systèmes d'où des manifestations digestives, respiratoires, cardio-vasculaires fréquentes pouvant mettre en jeu le pronostic vital **(Honjaya et al. 2021)**. Les allergies croisées existent principalement entre le sésame et l'arachide **(Honjaya et al. 2021)**, mais aussi avec la noisette, la noix, la graine de pavot, le riz, le kiwi, les graminées, le soja et le latex pourraient également être responsables de réactions croisées avec le sésame **(CIRIHA.2014)**. Agne et ses collaborateurs (2003) montrent que le potentiel allergène de l'huile de sésame destinée à la consommation serait cependant plus élevé que celui de l'huile utilisée dans la fabrication des produits non alimentaire, la méthode d'extraction qui diffère d'une huile de sésame à l'autre, pourrait expliquer cette variation de l'allergénicité. Ainsi que La réaction serait due à la présence d'allergènes apparentés à la lignine (sésamole, sésamine et sésamolamine) **(Dalal et al. 2012)**

Les protéines allergènes du sésame regroupé en deux grandes catégories, la première étant composée de glycoprotéines et la seconde du sésamole, de la sésamine et de la sésamolamine. Ces trois protéines s'apparentent à la lignine, une substance retrouvée dans les cellules qui a pour fonction de les rendre rigides et imperméables.

Les graines de sésame sont composées d'huile dans une proportion atteignant 40 % à 50 %. L'huile de sésame peut être destinée à la consommation ou encore être utilisée dans la fabrication de produits cosmétiques ou de médicaments. Dans les deux cas, il y aurait présence de protéines allergènes.

Partie II :

Etude Expérimentale

Chapitre I :

Matériels et Méthodes

Chapitre I : Matériels et Méthodes

I.1 Objectif de l'expérimentation

L'objectif de la pratique s'articule autour de l'incorporation de la farine de grains de sésame dans la fabrication des pâtes alimentaires. Sept niveaux d'incorporation (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% et 30%) sont étudiés. La détermination de l'impact de cette incorporation sur la qualité nutritionnelle et la qualité culinaire.

I.2 Condition expérimentale

L'étude menée pendant une durée de cinq mois de Février à juin 2022 qui a été réalisée dans laboratoires (annexe I) suivant :

- Le laboratoire physico-chimiques SOPI MAMA Route de Boufarik-Guerrouaou (Blida) pour analyses physicochimiques tels que : la granulométrie, le dosage de gluten, indice de chute et indice de coloration.
- Le laboratoire réception des fraude à Diar Behri (Blida) analyses physico-chimiques tel que ; teneur en eau, teneur en cendre et les analyses microbiologiques.
- Le laboratoire de l'ITGC pour le dosage des protéines, indice de sédimentation, Les essais de formulation des pâtes alimentaires enrichies et le test de cuisson.
- Le laboratoire d'institut de vétérinaire de l'université Saad Dahleb Blida1 pour le dosage de la teneur en cellulose brute.
- Le laboratoire de recherche de technologie alimentaire et de nutrition humaine LRTANH pour la teneur en fibres brutes, sucres totaux, extraction de la matière grasse, les polyphénols, flavonoïdes et l'activité antioxydant.
- Le laboratoire de centre de recherche scientifique et techniques en analyses physico-chimiques CRAPC pour les analyses des sels minéraux et les caractéristiques de l'huile de sésame.
- Le laboratoire physico-chimique de Sarl BIMO pour le dosage de l'acidité grasse.

I.3 Matériel

I.3 Matériel végétal

I.3.1 La semoule de blé dur

Les analyses apportées sur des échantillons de semoule fine commerciale emballée (MAMA), issue de blé dur. Cette semoule est issues de la mouture du blé dur produite le 22/03/2022. Les échantillons sont conditionnés dans des sacs en carton de 2 kg et conservés à la température ambiante dans un endroit sec. L'ensemble des essais relatifs aux pâtes ont été réalisés avec le même lot de semoule.



Figure 19: Matière première ; semoule commercial (originale)

I.3.2 Les graines de sésames

L'échantillon utilisé dans cette étude (graine oléagineuse ; sésame) est achetée le 27/02/2022.

L'échantillon a été triée puis nettoyé à l'eau pour enlever la poussière, puis il a été effectué au four pendant 10 minutes à une température élevée ensuite broyé et tamisé. Cette poudre est conservée dans des bocaux en verre à l'abri de la lumière jusqu'à utilisation. (annexe III, I)

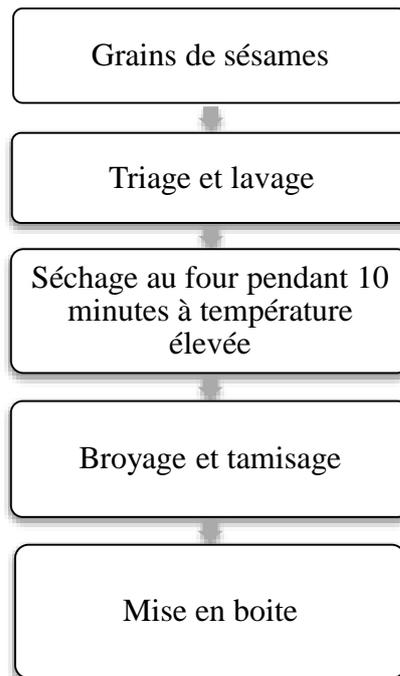


Figure 20: Digramme de fabrication de la farine de sésame frais



Figure 21: Matières premières ; semoule et la farine de sésame (Originale)

I.3.4 Autres Matériels

L'ensemble des matériels et des réactifs pour les différents paramètres physico-chimiques et biochimiques sont présentés en détail en annexe II, I et IV, I.

I.4 Méthodes

I.4.1 Analyses physico-chimiques des matières premiers

I.4.1.1 Détermination de la teneur en eau (Selon le journal officiel N°08/2013)

L'humidité (H) est la perte de masse exprimée en pourcentage, subie par le produit dans les conditions spécifiées dans la présente méthode.

Principe

Séchage d'une prise d'essai a une température comprise entre 130 - 133°C.

Mode opératoire

a) Préparation des capsules

- Avant emploi, les capsules découvertes et leurs couvercles doivent être sécher a l'étuve durant 15 minutes / 130°C.
- Refroidir dans le dessiccateur jusqu' atteindre la température ambiante entre 30 à 45minutes.

b) Préparation de la prise d'essai

- Bien homogénéiser l'échantillon.
- Peser la capsule + couvercle a 0.001gr m_0 .
- Peser une prise d'essai d'environ $5g \pm 1g$: noter P_s la masse de la prise d'essai avec capsule.
- Calculer m_1 .

c-Séchage

- Introduire les capsules ouvertes + couvercle dans l'étuve et les laisser pendant $2h \pm 5$ minute. Temps compté a parti au moment où la température de l'étuve est de nouveau 130 à 133°C.
- Ne pas ouvrir la porte de l'étuve avant la fin du test.
- Le temps écoulé, retirer rapidement les capsules de l'étuve. les couvrir rapidement et les placer dans le dessiccateur. ne pas superposer les capsules sur le dessiccateur.

- Laisser refroidir jusqu'à atteindre une température ambiante (environ 30 à 45 minutes).

d-Pesée

- Peser les capsules a 0.001g près : **m₂**.

Expression du résultat

- La teneur en eau, exprimée en pourcentage en masse, du produit tel quel est donnée par la formule suivante :

$$H\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100$$

Où :

m_0 : la masse, en grammes, de la capsule et de son couvercle (g).

m_1 : la masse, en grammes, de la capsule, du couvercle et de la prise d'essai avant séchage(g).

m_2 : la masse, en grammes, de la capsule, du couvercle et de la prise d'essai après séchage(g).

I.4.1.2 Détermination du taux de cendres (Selon le journal officiel N°35/2013)

Le taux de cendre (TC) est la matière minérale présente dans le produit obtenu après incinération.

Principe

- Incinération d'une prise d'essai jusqu'à combustion complète des matières organique dans une atmosphère oxydante une température de $550 \pm 10^\circ\text{C}$ puis pesée du résidu obtenu.

Mode opératoire**a-Préparation des nacelles**

- Immédiatement avant emploi, nettoyer et placer les nacelles dans une étuve durant le temps nécessaire au séchage (environ 15 minute).

- Retirer les nacelles et les laisser refroidir dans le dessiccateur pendant 45 minutes jusqu'à atteindre une température ambiante.

b-Pesée

- Peser la nacelle vide à 0.1mg près.
- Peser la prise d'essai : 4,9 g a 5,1 g du produit.
- Repartir la matière en une couche d'épaisseur uniforme sans la tasser.

c-Pré incinération

- Ajouter des gouttes d'éthanol pour les enflammer.
- La porte du four étant ouverte, placer les nacelles et leur contenu à l'entrée du four préalablement chauffé a $550 \pm 10^\circ\text{C}$.

d-Incinération

- Une fois le produit brûlé, introduire les nacelles à l'intérieur du four à l'aide d'in pince, en prenant soin de ne pas toucher le contenu des nacelles.
- Fermer la porte du four. Une fois la température affichée atteint les 550°C lancer le chronomètre. La durée d'incinération est de 4heures.
- Retirer les nacelles du four et les déposer 1minute sur un support thermorésistant puis les placer dans un dessiccateur (environ 60 a 90 minute) jusqu'à atteindre la température ambiante.

e-Pesée

- Peser rapidement à 0.1mg près chaque nacelle afin qu'elle n'absorbe pas l'humidité de l'atmosphère.

Expression du résultat

- Ce résultat est rapporté à la matière sèche par la formule suivante :

$$\text{TC}\% = \frac{m_2 - m_1}{m_1 - m_0} \times 100 \times \frac{100}{100 - H}$$

Où :

m_0 : masse en g de la nacelle vide.

m_1 : masse en gr de la prise d'essai.

m_2 : masse en gr de la nacelle plus le résidu d'incinération.

H : Teneur en eau de l'échantillon analysé exprimé en(%).

I.4.1.3 Analyse par infrarouge infra-tec méthode rapide**Mode opératoire**

- Utiliser une coupelle d'échantillons vide et propre selon le choix du produit à analyser
- Placer la coupelle sur l'unité de remplissage et l'ouvrir
- Remplir la coupelle après fermeture du couvercle de l'unité de remplissage puis la mettre au niveau de l'entonnoir-guide
- Bien répartir l'échantillon à l'aide de l'entonnoir-guide
- Lever le couvercle, fermer la coupelle et la placer dans la trémie de l'appareil

Lecture des résultats

- Sélectionner le modèle d'application dans le menu sélection, puis lancer l'analyse.
- Après une courte durée, le résultat sera affiché directement sur l'écran.

I.4.1.4 Analyse de la matière grasse (AFNOR V 03-713)**Mode opératoire**

- Sécher un ballon de 500 ml à 105°C pendant une heure puis refroidir au dessiccateur pendant 30 min. Peser le ballon vide (**P1**) .
- Prendre 20 g d'échantillons (**P3**) et l'introduire dans la cartouche du Soxhlet.
- Mettre la cartouche bouchée par du coton dans l'extracteur de "Soxhlet". Ce dernier est muni d'un réfrigérant par le haut, d'un ballon et d'un chauffe ballon par le bas.
- Mettre 200 ml d'hexane (solvant) dans le ballon et 50 ml dans l'extracteur.
- Chauffer le ballon sur la chauffe ballon pendant 4h jusqu'à épuisement de la matière grasse.
- Faire évaporer le solvant dans un évaporateur puis sécher le résidu du ballon dans une étuve à 70 – 80°C.
- Refroidir le ballon dans un dessiccateur pendant 30 min.
- Peser le ballon contenant les lipides (**P2**).

Expression des résultats

- La teneur en lipide est obtenue par la formule suivante :

$$\text{MG}\% = [(\text{P2} - \text{P1}) \cdot 100] / \text{P3}$$

Où :

MG% est le pourcentage de la matière grasse.

P1 est le poids du ballon vide (g).

P2 est le poids du ballon avec l'huile extraite (g).

P3 est la masse de la prise d'essai (g).



Figure 22 : Photo représentative du dispositif ; soxhlet, rotavapeur et dessiccateur (original).

I.4.1.5 La teneur en glucides totaux (A.O.A.C 1997)

La somme des teneurs en cendres, protéines totales et lipides totaux est soustraite de 100 g de matière sèche pour obtenir la teneur en glucides totaux de l'échantillon. Les résultats ne donnent qu'une estimation approchée de la quantité totale des glucides.

La teneur en glucides totaux (G) est exprimée en pourcentage de matière sèche :

$$G (\%MS) = 100 - (H + C + P + L)$$

Où :

H: teneur en humidité (en % de produit sec);

C: teneur en cendres (en o/0 de produit sec);

P: teneur en protéines totales (en % de produit sec);

L: teneur en lipides totaux (en 0/0 de produit sec).

I.4.1.6 Dosage de l'acidité grasse (NA .1182/1991 tiré de méthode normaliser AFNOR NF ISO .730 de novembre 1998)

Principe

- La mesure repose sur un dosage colorimétrique. Les acides gras libres sont mis en solution dans l'éthanol à 95%. Après centrifugation, le surnageant est titré par l'hydroxyde de sodium.

Mode opératoire

a-Extraction de l'acidité

- Introduire dans 4 tubes 2.5g de produit, ajouter 15 ml d'alcool à 95%, fermer les tubes hermétiquement et agiter manuellement ou mécaniquement durant 20 minutes. Après verser chaque deux tube dans un godet, il faut veiller ce que l'extraction se fasse à une température voisine de 20°C.
- Procéder a deux centrifugation successives deux minutes chacune a une vitesse de 5000 à 6000 tours/min

b- Titrage

- Prélever sur le liquide surnageant 20 ml d'extrait éthanoïque et les verser dans un erlenmeyer
- Ajouter 5 gouttes de phénolphthaléine.
- Titrer la solution par l'hydroxyde de sodium N/20
- On arrête le titrage lorsque la coloration vire à la rose pale.
- Soit (V) le volume nécessaire pour le titrage.

c- Essai à blanc

- Introduire 20 ml d'éthanol utilisé pour l'extraction de l'acidité des produits dans un erlenmeyer.
- Ajouter 5 gouttes de phénolphthaléine.
- Titrer l'acidité comme précédemment Soit (V1) volume de NaOH nécessaire.

Expression des résultats

L'acidité grasse est exprimée en grammes d'acide sulfurique pour 100gde matières sèches.

L'acidité grasse est donnée par la formule suivante :

$$AG\% = 7,35 \times (V - V1) \times T \times 100 - H\%$$

Où:

V: volume de NaOH (ml) de l'échantillon.

V1: volume de NaOH (ml) de l'essai à blanc.

T: normalité (0.05).

M: matière sèche (100g/humidité).



Figure 22 : Photo représentatif de l'étape de dosage de l'acidité grasse (originale)

I.4.2 Analyses technologiques des matières premières**I.4.2.1 Taux d'affleurement granulométrie**

Taux d'affleurement est la détermination de l'homogénéité et la grosseur ou la finesse d'un produit.

Principe

- L'opération consiste à un classement des particules selon les tailles. L'échantillon est placé sur une série de tamis et sous l'effet de vibratoire de l'appareil ; le produit est classé selon l'ouverture des mailles.

Préparation de la prise d'essai

- Sélectionner les tamis selon le produit a analysé. les disposer dans un ordre croissant.
- Peser 100 g d'échantillon.
- Mettre la prise d'essai sur le tamis supérieurs. Lancer l'analyse.
- Le tamisage de la semoule est réalisé par des tamis dont les ouvertures des mailles sont de ; 500 µm; 450 µm; 355 µm ; 250 µm; 160 µm. Les retenues sur chacun des tamis sont ensuite pesées.

Expression des resultatatas

- Les refus obtenu sont pesés et les resultat sont esprimés en pourcentage.

$$\text{Taux d'affleurement en \%} = \frac{m_0}{m_1} \times 100$$

Où:

m_0 : masse de refus (g)

m_1 :masse de echantillons (g)

I.4.2.2 Détermination de la teneur en gluten

- **Détermination de la teneur en gluten humide** (NA.735.1999, ISO 5531)

Principe

- Préparation d'une pâte au moyen d'un échantillon de semoule et d'une solution salée (NaCl à 2%), isolement du gluten humide par lavage de cette pâte, puis essorage du produit obtenu.

Mode opératoire

- Peser 10g de la semoule à 0.01g près et les introduire dans le mortier ou la capsule métallique.
- Verser 5.5ml de la solution de chlorure de sodium en agitant la semoule avec la spatule, former une boule avec la pâte.
- Extraction est faite manuellement : le lavage doit se faire au-dessus d'un tamis recouvert de gaze destiné à retenir les fragments.
- Malaxer le patron en le plaçant dans la paume de la main tout en versant dessus goutte à goutte la solution de chlorure de sodium, poursuivre cette opération jusqu'à ce que l'eau du lavage ne soit pas trouble.
- Essorage manuel : éliminer la plus grande partie de la solution de rinçage adhérent à la boule de gluten en la comprimant entre les mains, refaire cette opération plusieurs fois.

Expression des résultats

- Le gluten humide s'exprime en masse du produit tel que

$$GH = \frac{m \times 10}{10}$$

m: la masse en gramme de gluten humide

- **Détermination du gluten sec** (NA.736.1991, ISO 6645)

Principe

- Le gluten humide obtenu précédemment est placé dans une étuve Chopin pendant 2 heures ou bien rapidement dans un appareil adéquat glutork durant 8 mn.

Mode opératoire

- Sécher le gluten humide dans la plaque chauffante durant 8 mn, puis les poser directement dans le dessiccateur qui va absorber la vapeur dégagée pendant 15 mn et les peser, on obtient donc le gluten sec.

Expression des résultats

- Le gluten sec s'exprime en masse du produit tel quel

$$GS = \frac{m_1 \times 10}{10}$$

m_1 = la masse en gramme de gluten sec.

- Le gluten sec est exprimé en pourcentage en masse du produit rapporté à la matière sèche

$$\frac{GS \times 100}{100 - H}$$



Figure 23 : Extraction et essorage du gluten (originale)

- **Détermination du gluten index** (selon norme ICC n°= 155 et 158, méthode AACC n°=38 -12, ISO 21415)

Le gluten index est utilisé afin de faire passer le gluten humide à travers un tamis spécialement conçu à cet effet. La quantité relative du gluten tamisé indique les caractéristiques du gluten. Le séchage du gluten se poursuit dans le Glutork 2020 qui calcule la teneur en gluten sec et la capacité de fixation de l'eau du gluten humide.

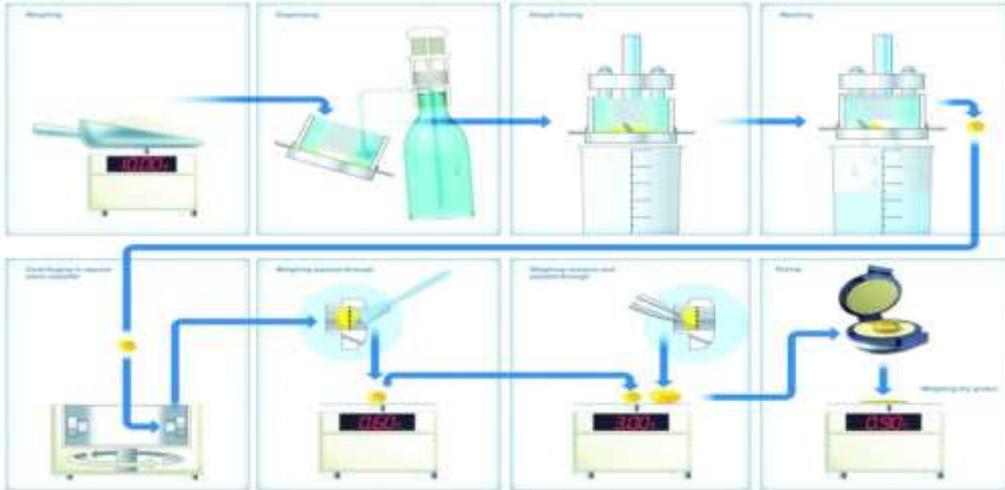


Figure 24 : Mode opératoire du gluten index

I.4.2.3 Détermination de l'indice de chute (AFNOR V03-703, 1997)

Principe

- L'indice de chute repose sur la gélatinisation rapide d'une suspension aqueuse de semoule, placée dans un bain d'eau bouillante et sur la mesure de la liquéfaction de l'emploi d'amidon formé par l'alpha-amylase contenue dans l'échantillon. Ainsi, plus l'activité amylasique est importante, plus la liquéfaction de l'empois est rapide et la durée de chute courte

Expression des résultats

- L'indice de chute de HAGBERG s'exprime en secondes, il globalise la durée d'agitation de la préparation (60S) et celle de la chute de l'agitateur.

Indice de chute (sec) = 60sec + temps de chute de l'agitateur

- IC < 250sec : blé germé, haute activité amylasique ;
- 250sec < IC < 330sec : activité amylasique optimale, blé non germé;
- IC > 330sec : Activité amylasique trop basse.

I.4.2.4 Détermination de la couleur par colorimètre Minolta (NF V03-712 juin 1994)

A pour objet de déterminer la couleur (clarté et indice de jaune) des semoules et couscous.

Principe

- La couleur est évaluée par infrarouge au moyen d'un colorimètre La couleur est évaluée par fonction de sa clarté ou luminance «L », de la chromaticité rouge-vert. « \check{a} », et de la chromaticité jaune-bleu « \check{b} »

Mode opératoire

- Procédera une calibration de l'appareil à l'aide de la plaque blanche
- Remplir le verre avec le produit a analysé
- Insérer le capuchon de protection
- Placer la tête de mesure \check{a} la verticale au- dessus de l'échantillon
- Appuyer sur le bouton de mesure dès que le voyant prêt est allumé
- La mesure est déterminée et les données d'affichent

Expression des résultats

L : luminance ou la clarté

\check{A} : indice de rouge

\check{B} : indice de jaune

I.2.4.5 Test de sédimentation en milieu SDS (AFNOR NF V03-704, ISO-5529)**Principe**

- Le gonflement des protéines dans un milieu SDS (sodium-dodecyl sulfates), nous renseigne sur la qualité des protéines du gluten, il permet d'avoir une idée sur l'élasticité et la ténacité du gluten. Il est basé sur l'absorbance de l'eau par le gluten et son gonflement en présence d'acide lactique.
- La méthode pratiquée utilise une solution de SDS à 30 %, Ou plus la structure des protéines reste intacte plus et le Volume de sédimentation est élevée.

Mode opératoire

- peser 5g de semoule, et introduire dans l'éprouvette ajoutée 50 ml d'eau distillé et agiter rapidement pendant 15 secondes.
- Agiter à nouveau (mouvement longs) pendant 15 secondes à 2 et 4 minutes.
- Immédiatement après la dernière agitation, ajouter 50 ml de la solution de SDS acide lactique, agiter longtemps 4 fois pendant 15 secondes, répéter l'opération à 2, 4 et 6 mn.
- Repartir du temps zéro, et laisser reposer 20 minutes.
- Réaliser deux essais pour chaque échantillon

Expression des résultats

- Lire directement sur l'éprouvette graduée, le volume de sédimentation en ml et faire la moyenne des deux essais.



Figure 25 : Photo représentative d'étape de teste de sédimentation (originale)

I.4.3 Analyses de la teneur nutritionnelle sur les matières premières

I.4.3.1 Détermination de la teneur en fibres totales (La méthode de weende)

a-Préparation des échantillons

- Pour la détermination de la teneur en fibres totales, les échantillons sont broyés en poudre à l'aide d'un broyeur (inférieur à 0,5 mm)
- Sécher 40°C pendant 24 heures les échantillons pour les exprimer en MS
- Toutes les mesures doivent être réalisées en triplicata

b-Détermination pratique

- Avant d'effectuer le prélèvement sur l'échantillon de laboratoire il est nécessaire de bien l'homogénéiser.

- Il faut manipuler les ballons à l'aide de la pince et non avec les doigts.
- Les ballons doivent être nettoyés par lavage puis rincer à l'eau distillée, Après rinçage, les ballons doivent être séchés dans une étuve pendant le temps nécessaire à l'élimination De l'eau.

c-Préparation de la prise d'essai

A partir de l'échantillon pour essai soigneusement homogénéisé, peser rapidement à 0,1 mg près une prise 4 ± 0.1 mg dans un ballon d'extraction, répartir le produit sans le tasser.

d-Extraction

- 4gd'échantillons sont digérés dans 200 ml de HCL 5% pendant 30 minutes
- Le mélange est filtré et lave à l'eau chaude
- Le résidu est digéré par 200 ml de NaOH à 5% (hydroxyde de sodium en solution aqueuse 1.25 (5%)) sous reflux pendant 30 min
- Le mélange est filtré et lavé à l'eau jusqu'à neutralité du ph
- Le mélange est lavé avec 20 ml d'alcool éthylique et avec 20 ml d'éther éthylique.
- Le résidu est séché à 100°C pendant deux heures.

Expression des résultats

- . La masse résiduelle est considérée comme des fibres.

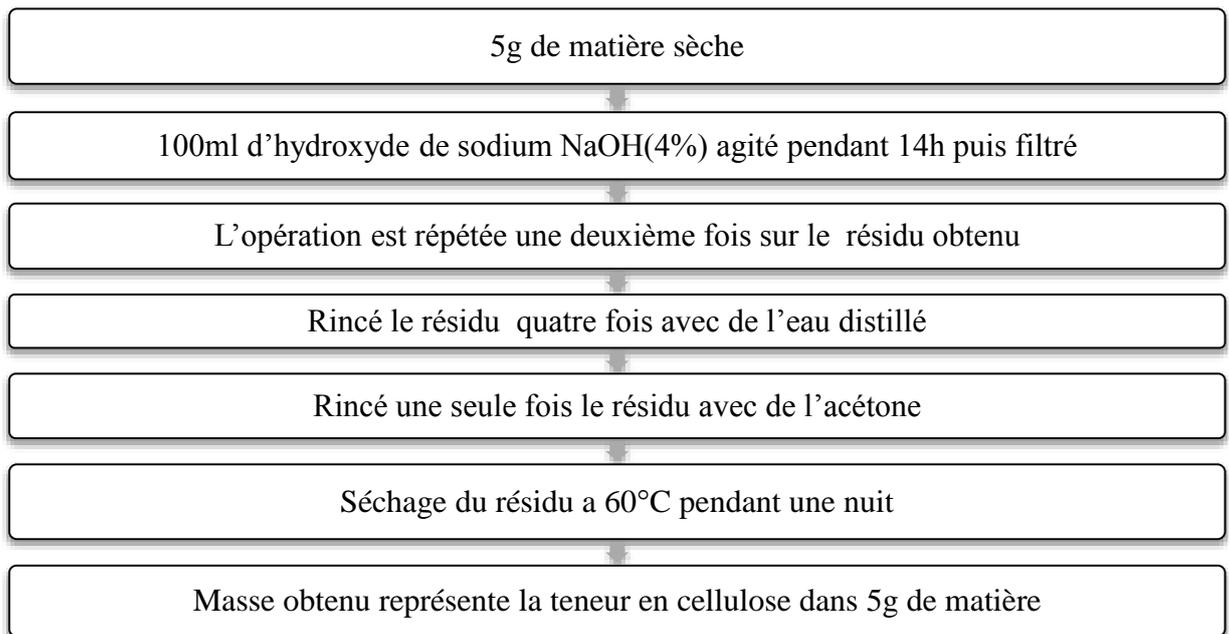
Répétabilité

La différence absolue entre deux résultats d'essai individuels indépendants, obtenus à l'aide de la même méthode sur un matériau identique soumis à l'essai dans le même laboratoire par le même opérateur utilisant le même appareillage et dans un court intervalle de temps, ne dépassera pas plus de 1% des cas.

I.4.3.2 Détermination de la teneur en cellulose brute (El Daniel Ballerini 2006)

Principe

- Cette méthode permet de déterminer la quantité de la cellulose dans chaque biomasse

Mode opératoire**Figure 26:** Mode opératoire de dosage de la cellulose**Figure 27 :** Matériels utilisés dans l'extraction des celluloses.**I.4.3.3 Analyse des sucres totaux (La méthode de DUBOIS)****Principe**

- Le principe repose sur la réaction suivante ; l'acide sulfurique concentré provoque, à chaud le départ de plusieurs, molécules d'eau à partir des oses. Cette déshydratation s'accompagne par la formation d'un hydroxy-methylfurfural (HMF) dans le cas d'hexose (Corboe) et d'un furfural dans le cas d'un pentose. Ces composés se condensent avec le phénol pour donner des complexes colorés (jaune-orange). L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration des oses. La densité optique est mesurée à 488 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

Mode opératoire**a-Extraction des glucides**

- Peser 10 g de l'échantillon dans un bécher de 500 ml.
- Additionner 400 ml d'eau distillée et 3g de carbonate de sodium pour neutraliser l'acidité.
- Porter à ébullition tout en agitant pendant 30 minutes
- Transvaser la solution dans une fiole de 1L.

b-Clarification

- Additionner à l'extrait des petites quantités d'acétate de plomb à 10%.
- Agiter jusqu'à l'apparition d'un précipité au fond de la fiole.
- Ajouter l'eau distillée dans la fiole jusqu'au trait de jauge.
- Procéder à la filtration.

c-Elimination de l'acétate de plomb

- Additionner au filtrat une petite quantité d'oxalate de potassium ou le carbonate de sodium déshydraté pour la précipitation de l'acétate de plomb
- Additionner 03 cuillères de charbon pour la décoloration
- Filtrer la solution pour éliminer le plomb précipité
- Pour vérifier la présence de plomb dans la solution, on ajoute une petite quantité d'oxalate de potassium dans un tube à essai jusqu'à disparition de tous les ions de plomb.

c-Dosage

- Préparer une solution de 10% de cet échantillon à doser et ajouter 50 ml d'eau distillé dans 5 ml de filtrat.
- Introduire dans un tube à essai 1 ml de la solution de 10%.
- Ensuite ajouter 1ml de solution de phénol à 5% et agiter soigneusement p
- Puis ajouter 5 ml d'acide sulfurique concentré.
 - La température atteint environ 110°C.
- Agiter rapidement à l'aide d'un Vortex.
- Laisser refroidir à obscurité pendant 30 minutes.
- Lire la densité optique (DO) à une longueur d'onde de 488 nm.

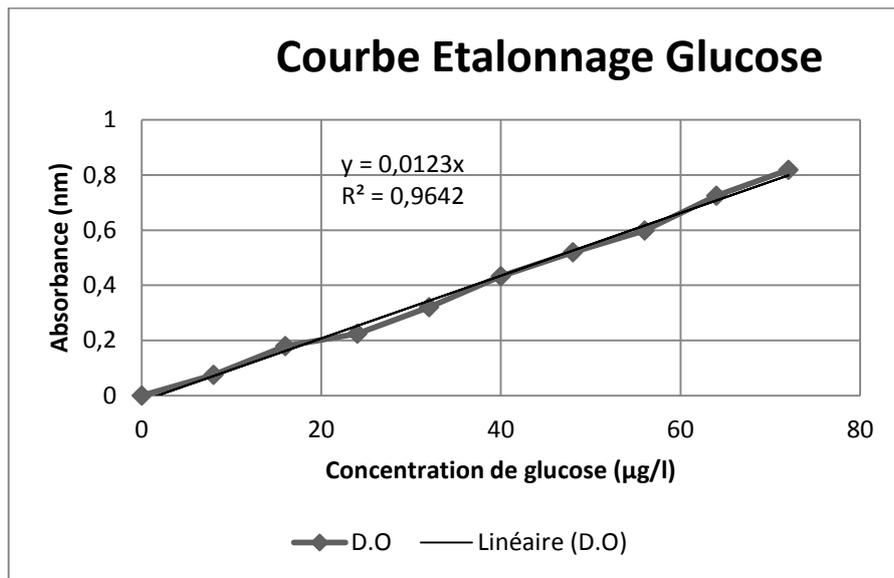


Figure 28: Courbe d'étalonnage pour l'analyse des sucres totaux

I.4.3.4 analyse des polyphénols totaux

L'analyse des composés phénoliques dans l'huile présente un grand intérêt étant donné d'une part, leur rôle d'antioxydant naturels et, d'autre part, leur contribution à la saveur de l'huile. Le dosage quantitatif des composés phénoliques a été effectué en utilisant le réactif de Folin. Parmi leurs propriétés communes, le pouvoir réducteur a le plus souvent été mis à profit pour doser l'ensemble des composés phénoliques et la réaction de Folin s'est révélée la plus sensible. (Diabate et al. 2009).

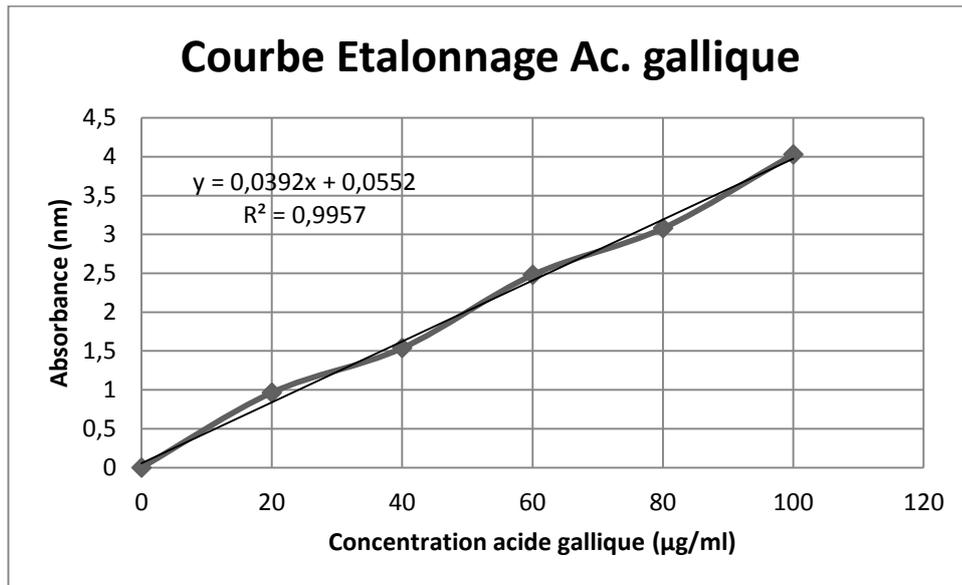


Figure 29 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des polyphénols

Mode opératoire

a-Extraction des composés phénoliques (préparation de l'extrait)

- Peser 1g d'huile dans un tube à vis, ajouter 10ml d'éthanol pur ou hexane.
- Agiter vigoureusement durant 2min.
- Laisser reposer jusqu'à séparation de deux phases distinctes et non miscibles.

b-Détermination de la teneur en phénols totaux

- Au moyen d'une micropipette, en prélevé 200 µl de la phase aqueuse dans trois tubes à essais.
- Ajouter ensuite successivement 1ml de Folin Ciocalteu, et 800µl d'une solution de bicarbonate de sodium à 7.5%.
- Laisser au repos et à l'abri de la lumière pendant deux heures.
- Mesurer l'absorbance à 765nm contre un essai à blanc (pour régler le zéro ; effectuer l'essai à blanc sans ajouter l'échantillon c'est-à-dire le remplacer avec le solvant dans lequel se trouve l'échantillon)

(Si les solutions ne sont pas transparentes on centrifuge)

Expression des résultats

$$P = x.V_{ext}/m_{ext}$$

Où :

P : taux de polyphénols totaux

x : concentration d'acide gallique

V_{ext} : volume d'extrait

m_{ext} : masse d'extrait

I.4.3.5 Dosage Flavonoïdes

Les flavonoïdes ont été déterminés dans le même laboratoire. La technique établie par Lamaison et Carnet (1990) a été utilisée pour déterminer la quantité de flavonoïdes dans les extraits des espèces examinées.

Principe

- Le réactif employé, le trichlorure d'aluminium (AlCl₃), génère une combinaison jaune avec les flavonoïdes. L'intensité de cette dernière est liée à la quantité de flavonoïdes présents dans l'échantillon analysé.

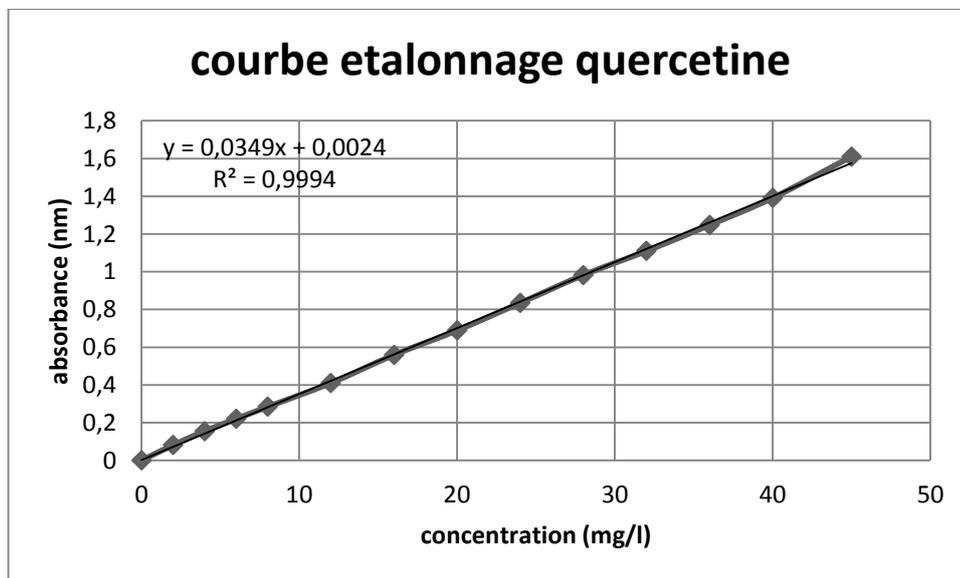


Figure 30: Courbe d'étalonnage pour le dosage de flavonoïdes

Mode opératoire

- Au moyen d'une micropipette, en prélevé 400 µl d'extrait précédent dans trois tubes à essais.
- Ajouter ensuite successivement 120 µl de nitrite de sodium NaNO₂, Agiter vigoureusement à l'aide d'un vortex et Laisser au repos et à l'abri de la lumière pendant cinq minutes
- Ajouter ensuite successivement 120 µl de trichlorure d'aluminium 10% AlCl₃, Agiter vigoureusement à l'aide d'un vortex et Laisser au repos et à l'abri de la lumière pendant six minutes
- Ajouter ensuite successivement 800µl hydroxyde de sodium NaOH.
- Mesurer l'absorbance à 510nm contre un essai à blanc (pour régler le zéro ; effectuer l'essai à blanc sans ajouter l'échantillon c'est-à-dire le remplacer avec les solvants dans lequel se trouve l'échantillon).

Expression des résultats

$$F = x.V_{ext}/m_{ext}$$

Où :

F : taux de flavonoïdes

x : concentration de la quercetine

V_{ext} : volume d'extrait

m_{ext} : masse d'extrait

I.4.3.6 Evaluation de l'activité antioxydant

L'évaluation de l'activité antioxydant des espèces étudiées a été effectuée in vitro par la méthode citée dans la littérature à savoir : la capacité du piégeage du radical libre DPPH• (2-2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). La méthode est basée sur la coloration ou la décoloration du réactif utilisé dans le milieu réactionnel.

Mesure du pouvoir de piégeage du radical DPPH^{*}

Principe

La méthode est basée sur la capacité de l'extrait testé à céder des hydrogènes afin de piéger le radical libre DPPH^{*}. La neutralisation du radical DPPH^{*} est mise en évidence en suivant la disparition de la couleur violette de la solution éthanolique contenant le radical DPPH^{*} après ajout de de l'extrait. Le suivi de la décoloration est réalisé par une méthode spectrophotométrique, en mesurant la diminution de l'absorbance à 517 nm. Le changement de couleur peut se faire dans des différents temps allant de 2 à 30 min.

a-Préparation d'une solution mère d'échantillon et les dilutions

320 mg d'échantillon à compléter à 10 ml avec du solvant \implies 800 mg/l (solution mère).

Prélever 3 ml de la solution mère et leur ajouter 1 ml de solvant \implies solution à 600 mg/l.

Prélever 3 ml de la solution mère et leur ajouter 3 ml de solvant \implies solution à 400 mg/l.

Prélever 1 ml de la solution mère et leur ajouter 3 ml de solvant \implies solution à 200mg/l.

Prélever 1ml de la solution à 400 mg/l et leur ajouter 3 ml de solvant \implies solution à 100 mg/l.

Prélever 1ml de la solution à 400 mg/l et leur ajouter 7 ml de solvant \implies solution à 50 mg/l.

Prélever 3ml de la solution à 50 mg/l et leur ajouter 3 ml de solvant \implies solution à 25 mg/l.

Prélever 2ml de la solution à 25 mg/l et leur ajouter 3ml de solvant \implies solution à 5 mg/l.

b-Préparation de la solution alcoolique de DPPH

On prépare 100 ml d'une solution de DPPH dans éthanol. Pour cela on prépare 100 ml d'une solution 60 μ M de DPPH ce qui correspond approximativement à 2,4 mg = 0,0024g de DPPH dans 100 ml de solvant.

Protocole expérimental

- Régler le spectrophotomètre à la longueur d'onde 517 nm
- Régler le zéro avec la solution alcoolique de DPPH.
- On fixe un temps de mesure pour nos échantillons (3, 5, 15, 20, 30, 60, 90 minutes etc.). La majorité des auteurs utilisent 30 minutes.

- Pour un échantillon donné et une concentration donnée on procède comme suit : on prélève **975 μL** de la solution de DPPH et on mesure son absorbance **A_0** . Puis, on lui ajoute **25 μL** de la solution d'échantillon (à la concentration 100 mg/l par exemple). On laisse le mélange incuber (pendant 30 minutes par exemple) à l'abri de la lumière et on mesure son absorbance **A_t** (t=30 minutes). On répète cette expérience au moins 3 fois pour la même concentration et le même échantillon.

Expression des résultats

L'activité antioxydant de chaque échantillon est donnée par la formule :

$$A\% = 100 (A_0 - A_t) / A_0 = (1 - A_t / A_0) 100$$

Avec:

A% : activité antioxydant exprimée en %.

A_0 : absorbance de la solution du DPPH[•] au temps zéro avant l'addition de l'échantillon.

A_t : absorbance de la solution en présence de l'échantillon.

.

Concentration inhibitrice de 50% des radicaux (IC50)

L'IC50 est définie comme la quantité ou la concentration d'antioxydant nécessaire pour bloquer ou éliminer 50 % des radicaux, En d'autres termes, il s'agit de la concentration nécessaire pour obtenir une activité de 50 %. Elle est calculée à l'aide de l'équation de l'activité antioxydant (pourcentage) par rapport à la courbe de concentration de l'antioxydant (Hazzit. 2008).

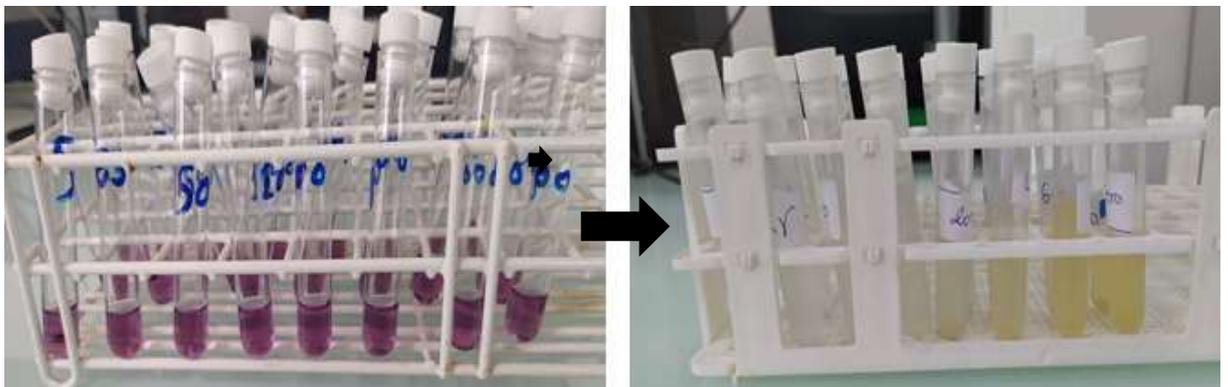


Figure 31 : Virage de couleur dans l'analyse de pouvoir anti – radical DPPH (originale)

I.4.3.7 Détermination quantitative et qualitative des sels minéraux

Analyse par fluorescence X (FRX), cette méthode nous permet de connaître le pourcentage massique des éléments minéraux dans nos échantillons.

La fluorescence X est une méthode d'analyse spectroscopique de la matière non destructive, elle est utilisée pour la détermination quantitative et qualitative de la composition élémentaire d'un échantillon. L'équipement utilisé est de marque Rigaku type ZSX primus II, à rayons X dispersifs de longueur d'onde (WDXRF) qui comporte un cristal analyseur pour diffracter les rayons X.

La longueur d'onde du rayon X impactant et les espacements de la maille de cristal sont reliés par la loi de Bragg ($2d \sin\theta = n\lambda$). Les rayons X émis par l'échantillon sont colmatés par des lames de métal parallèle (fente de Soller).

La lumière de rayons X diffractée par le cristal analyseur est spatialement déployée pour que les photons caractéristiques soient recueillis par un détecteur positionné à un angle précis pour enregistrer l'intensité du rayon X d'un élément spécifique.

I.4.3.8 Dosage de la teneur en protéines (NA 1.1.85.1990 ; ISO1871)

La teneur en protéines totaux a été déterminée par la méthode de Kjeldahl, 1995. Le taux en protéines a été calculé en utilisant un facteur de conversion de l'azote de 6.25. Les données ont été exprimées en pourcentage du poids sec.

Cette technique se résume en trois étapes, la minéralisation, la distillation et le titrage (AACC.1995).

Mode opératoire

a-Minéralisation

- Peser 1g d'échantillon.
- Introduire la prise d'essai dans un matras de 250 ml, ajouter 2g de catalyseur (composé de sulfate de potassium pur K_2SO_4 et de sulfate de cuivre pur $CuSO_4$) et 20 ml d'acide sulfurique.
- Porter le matras sur le support et chauffer pendant environ trois heures jusqu'à l'impidité de la solution (le produit obtenu est appelé « minéralisât »).

Remarque

Les vapeurs toxiques pendant la minéralisation ; doivent être aspirées grâce à un dispositif adéquat (hotte bien ventilée)

b-Distillation

- Transvaser le minéralisât après refroidissement dans une fiole de 100 ml puis diluer avec l'eau distillée et agiter.
- Prélever 20 ml de cette solution, mettre dans un matras (contenant deux billes) ajouter 40 ml d'hydroxyde de soude à 33% et 80 ml d'eau distillée puis placée le matras dans l'enceinte de distillation
- Plonger l'extrémité de l'appareil de distillation, dans un erlenmeyer contenant 20 ml d'acide borique à 4% et deux gouttes de rouge de méthyle à 1% puis mettre le distillateur en marche.

c-Titrage

Après la distillation, le titrage est effectuée par la méthode volumétrique avec une solution d'acide sulfurique à 0,1N, la coloration doit passer du limpide au rose.

Expression des résultats

- Teneur en azote exprimée en pourcentages en masse rapportée à la matière sèche.

$$TA = \frac{100}{20} \times \frac{0.00149 \times V \times 100}{M}$$

Avec :

V : volume en millilitre de la solution d'acide sulfurique versé à la burette lors du titrage.

M : la masse en grammes de la prise d'essai.

- Teneur en protéines exprimée en pourcentage en masse rapporté à la matière sèche

$$TP = 5.7 \times \frac{100}{100 - H} \times TA$$

Avec :

TA: teneur en azote, exprimée en pourcentages en masse du produit.

H: teneur en eau, exprimée en pourcentages en masse du produit.

5,7: coefficient.

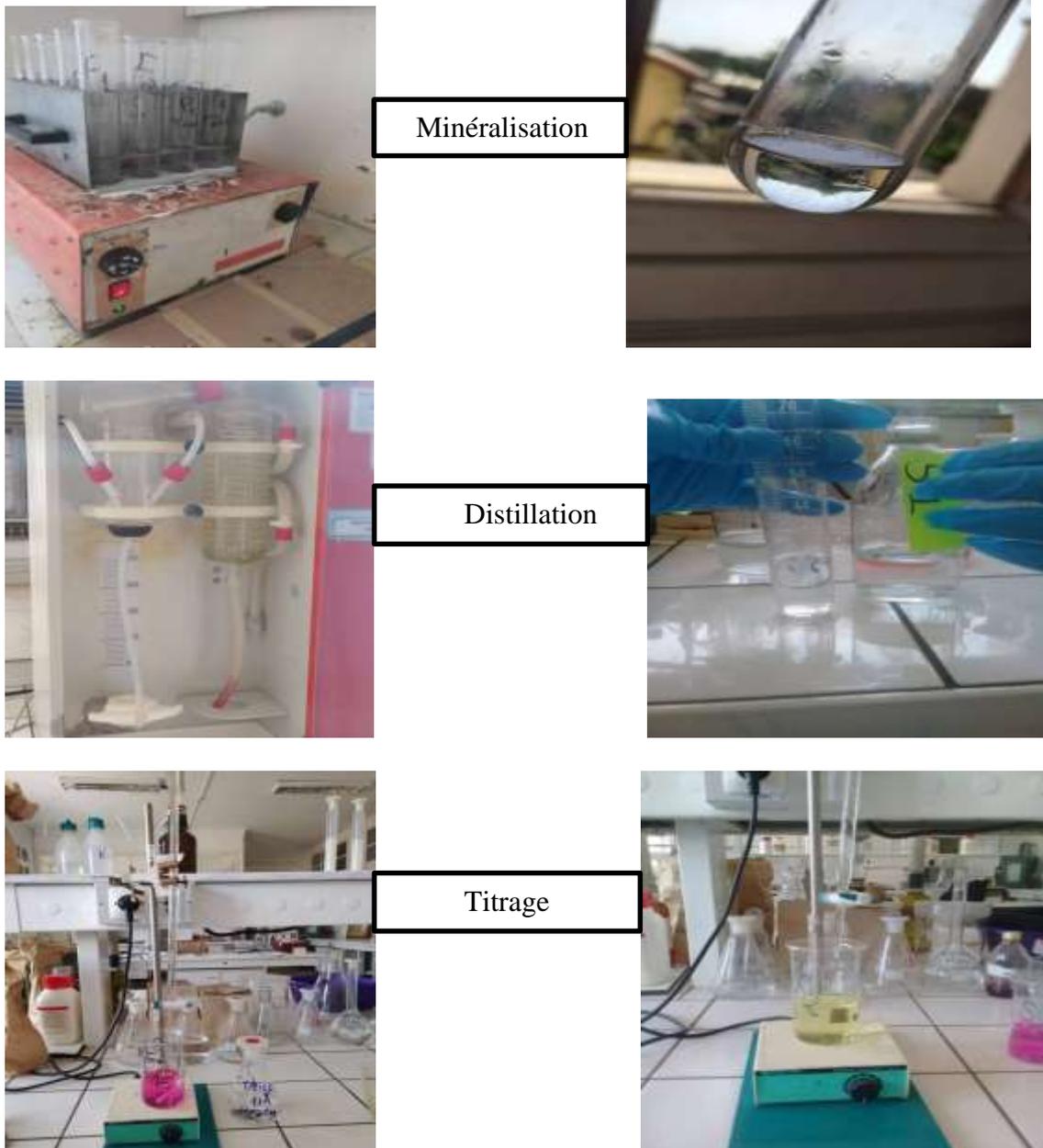


Figure 32 : Photo représentative des étapes de dosage de la teneur en protéines (originale)

I.4.4 Essais de fabrication des pâtes alimentaires enrichis par la farine de sésame

Pour la fabrication des pâtes alimentaires seule, nous avons adopté la formulation décrite dans la norme algérienne. Pour celle enrichie en farine de sésame, nous proposons six pourcentages d'addition soit 5%, 10%,15%, 20%, 25% et 30%.Nous avons préparé sept types des pâtes alimentaires

Tableau 22 : Ingrédients pour la préparation des pâtes alimentaires

Les ingrédients	Pâtes alimentaires						
	PT 0%	PE 5%	PE 10%	PE 15%	PE 20%	PE 25%	PE 30%
Semoule	300 g	285 g	270 g	255 g	240 g	225 g	210 g
Eau	88,06 ml	91,46 ml	92,93 ml	96,33ml	98,43 ml	105,29ml	102,33ml
Farine de Sésame	0g	15 g	30 g	45 g	60g	75 g	90 g

PT : pâtes alimentaires témoin

PE : pâtes alimentaires enrichies

I.4.4.1 Etape de fabrication des pâtes alimentaires

La capacité de la presse à pate est de 300 g les étapes de fabrication des pâtes alimentaires (annexe III, II) sont :

➤ **Hydratation**

On suivant le protocole appliqué par ITGC, en premier on doit déterminer la quantité d'eau à ajouter dans nos pate pour cela il faut d'abord calculer humidité de la semoule les incorporations (les mélanges).

En second : calculer la teneur en eau ajouté à la semoule par l'expression suivante :

$$\text{Quantité d'eau à ajouté} = \frac{33.5-H\%}{100-33.5} \times 300$$

Donc l'hydratation se fait par l'ajout de l'eau distillé à une quantité de 300g de semoule cela été pour la préparation des pates alimentaire témoin. Les mêmes étapes sont effectuée pour la formulation des pates alimentaire enrichies avec l'ajout d'un 15,30,45,60,75 et 90 g de farine de sésame pour avoir un mélange de 300g en totale.

➤ **Malaxage**

Après hydratation, le malaxage a été fait manuellement au début puis il s'effectue dans un malaxeur mécanique dans la presse à pate.

➤ **Tréfilage**

Le formage dans notre étude est fait dans la même machine qui assure le malaxage et menée par un vus sans fin qui pousse la pâte vers le moule pour l'obtention de la forme pate longue. Le découpage a été fait manuellement.

➤ **Séchage**

Après l'opération de la mise de forme de notre pâte alimentaire, on les a mis dans des cannes et on les a laissé sécher à l'air libre jusqu'à avoir des pâtes sèches puis les découper manuellement et les conservées dans des boite en carton.

La figure 33 représente un digramme explicatif de la fabrication des pates alimentaire.

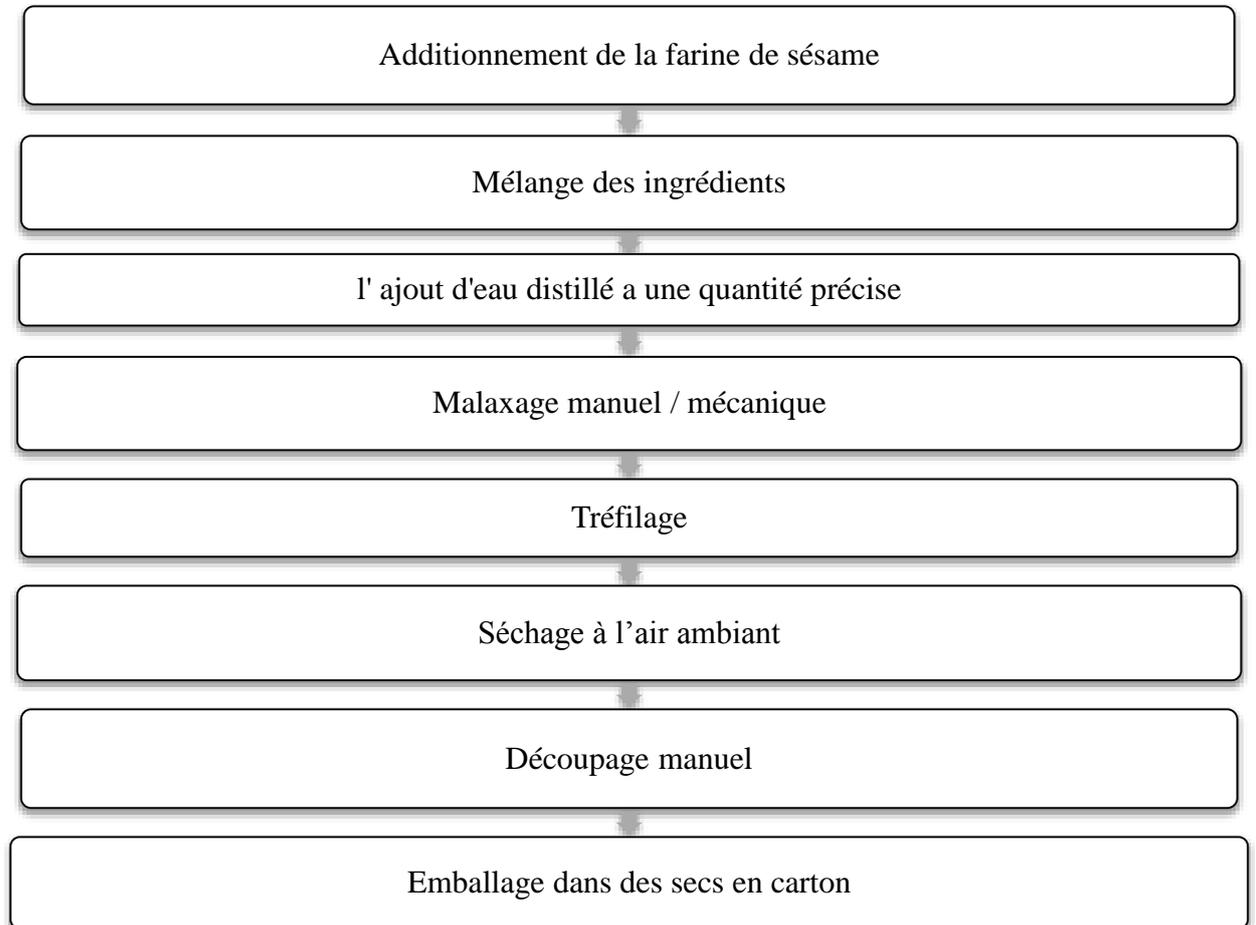


Figure 33: Diagramme de fabrication des pâtes alimentaires



Figure 34: Les pâtes alimentaires témoin et enrichies (5, 10, 15, 20,25, 30%) l'ors de séchage à l'aire libre (originale)



Figure 35 : Les pâtes alimentaires sèches (originale)

I.4.5 Les analyses physico chimiques et biochimiques et les pâtes alimentaires

I.4.5.1 Détermination du la teneur en eau

La détermination de la teneur en eau est effectuée à partir d'une méthode normalisée NA 1.1.32.1990 ; après broyage cas des pâtes alimentaires.

I.4.5.2 Détermination du taux de cendres

La méthode utilisée est définie par la Norme Algérienne 1.1.28.1985.

I.4.5.3 Dosage des protéines totales

Le dosage des protéines dans les pâtes alimentaires a été réalisé conformément à la norme NA 1.1.85.1990

I.4.5.4 Dosage des lipides libres

Le dosage des lipides dans les pâtes alimentaires a été réalisé conformément à AFNOR V 03-713

I.4.5.5 Teneur en glucide totaux

La teneur en glucide est faite par une estimation selon A.O.A.C 1997

I.4.6 La valeur énergétique des pâtes alimentaires [A.O.A.C 1997]

La détermination du taux de protéines, lipides et glucides nous a permis de calculer la valeur énergétique pour la semoule, suivant la formule d'ATWATER.

1 g de glucides 4 kcal.

1 g de protéines 4 kcal.

1 g de lipides 9 kcal

I.4.7 Analyses physiques des pâtes alimentaires**- Evaluation de l'aspect des pâtes crues**

- **Indice de coloration:** la coloration des pâtes alimentaires a été appréciée visuellement.
- **Les gerçures et les piqures:** elles ont également été appréciées visuellement en notant leur présence ou leur absence dans les pâtes.

I.4.8 Evaluation de la qualité culinaire des pâtes alimentaires (AFNOR NF ISO 7304 - 1985)

La cuisson des pâtes est réalisée dans les conditions décrites dans la norme NF V03-714 100g de pâtes sont cuites dans 2 litres d'eau additionnée de 14g de sel et portée à ébullition.

➤ Définition

Temps minimale de cuisson (T) : il est atteint au moment où disparaît la ligne blanche continue visible au centre d'un brin de pâte alimentaire en cours de cuisson, écrasé au moyen de plaquette en verre.

Délicescence : état de désagrégation superficielle de la pâte cuite.

Fermeté : résistance au cisaillement entre les dents et à l'écrasement entre la langue et le palais.

Mode opératoire

- Peser la quantité nécessaire de semoule (300g pour la petite presse à pâte).
- Déterminer l'humidité de la semoule (H).
- Calculer la teneur en eau ajoutée : $V \text{ ml} = (33,5\% - H\% / 100 - H\%) \times 300$.
- Malaxer la semoule et l'eau manuellement dans une bassine puis mettre le tout dans la presse à pâte.
- Récupérer la pâte et la mettre dans le bac pour l'extrusion.
- Récupérer les pâtes et les mettre à sécher dans le séchoir à pâte à une température comprise entre 55°C et 60°C pendant 5h ou bien mettre les pâtes sur des cannes à l'air libre pendant 24h.

a-Détermination du temps minimale de cuisson (T)

- Mettre 2L d'eau dans une casserole, ajouter 14g de chlorure de sodium, porté à l'ébullition.
- Verser 100g de pâtes est coupées en brin de 20 cm dans l'eau à ébullition, agité doucement avec la spatule.
- 2min avant un temps minimal de cuisson, estimer a priori d'après le format des pâtes, prélever un brin et l'écraser à l'aide de la plaquette d'écrasement.
- Faire la même mesure toutes les 30s jusqu'à disparition de la ligne blanche et noter le temps minimal de cuisson T.

Temps optimal de cuisson: le temps pour donner à la pâte la texture recherchée. Il varie selon les habitudes alimentaires de chaque individu et se situe généralement entre :

T+1mnt : Ou T est le temps à partir duquel l'amidon est entièrement gélatinisé.

T+6mnt : temps max: temps au-delà duquel les produits se Désintègrent.

Sur cuisson T +11min: la cuisson est poursuivie jusqu'à des temps de T+1, et T+11 minutes de cuisson

b-Etat de surface

Après le T+11 minute de cuisson, l'état de surface des pâtes ; est appréciées par l'analyse sensorielles (annexe: fiche de dégustation) sur la base des seuls caractères des délitescences et la tendance à coller.

c-Pertes à la cuisson

Les pertes à la cuisson (PC) représentent la quantité de matière sèche perdue par 100g de pâtes crues durant la cuisson. Après homogénéisation de l'eau de cuisson, 25ml sont prélevés et mises à sécher pendant 24 heures à 102°C (Abecassis et al., 1984)

$$PC = ES \times \frac{V}{25} \times \frac{100}{100 - H}$$

Où:

ES : poids d'extrait sec en grammes.

V : Volume finale de l'eau de cuisson en ml.

H : teneur en eau des pâtes crues.

d-Capacité de fixation d'eau

La capacité de fixation d'eau rend compte de l'aptitude de la pâte cuite à retenir plus ou moins d'eau (Abecassis et al. 1984).

$$C = \frac{(p - 100) \times 100}{100 - H - PC}$$

Où :

p: poids des pâtes cuites en grammes.

PC: pertes à la cuisson en gramme.

H: teneur en eau des pâtes crues.

I.4.9 Analyses sensorielles

L'analyse sensorielle est une science multidisciplinaire qui fait appel à des dégustateurs et à leur sens de la vue, de l'odorat, du goût, du toucher pour mesurer la caractéristique sensorielle et l'acceptabilité de produits alimentaires ainsi que de nombreux autres produits.

Les pâtes témoins et enrichies par la farine de sésames qui ont été proposées à la dégustation auprès de 20 Personnes de sexes et d'âges différents ; chaque dégustateur donne

son jugement séparément des autres et porte son jugement individuel et porte son opinion sur une fiche de dégustation (annexe VI) qui classe les paramètres suivants : la couleur, l'odeur, la texture ; le goût général.

FICHE DE DEGUSTATION

Age : _____ *Fonction :* _____

Sexe : _____

Echantillon	Caractéristique	Mauvaise	Acceptable	Moyen	bon	excellent
Témoin	Couleur					
P 5%						
P 10%						
P 15%						
P 20%						
P 25%						
P 30%						
Echantillon	Caractéristique	Mauvaise	Acceptable	Moyenne	bonne	excellente
Témoin	odeur					
P 5%						
P 10%						
P 15%						
P 20%						
P 25%						
P 30%						
Echantillon	Caractéristique	Mauvaise	Acceptable	Moyenne	bonne	excellente
Témoin	texture					
P 5%						
P 10%						
P 15%						
P 20%						
P 25%						
P 30%						
Echantillon	Caractéristique	Mauvaise	Acceptable	Moyen	bon	excellent
Témoin	Gout					
P 5%						
P 10%						
P 15%						
P 20%						
P 25%						
P 30%						

Figure 36 : Fiche de dégustation des pâtes alimentaires

I.4.10 Caractéristiques microbiologiques de la semoule, farine de sésame et des pâtes alimentaires

Tableau 23: Germe recherchés dans la semoule et les pâtes alimentaires

Produits	Germe recherchés
Semoule	Escherichia coli
	Staphylocoque à coagulase+
	Bacillus cereus
	moisissures
	Anaérobies sulfito-réducteur
Farine de sésame	moisissures
	Salmonella
	Escherichia coli
Pâtes alimentaires	moisissures
	Anaérobies sulfito-réducteur

Principe générale

Les analyses microbiologiques consistent à isoler les micro-organismes présents dans les échantillons. Cet isolement se fait en séparant les micro-organismes du substrat solide, par la mise en suspension dans un diluant.

Les micro-organismes séparés de leur support vont alors être placés au contact d'un milieu nutritif approprié (annexe II, II), dans des conditions optimales de température et d'humidité, puis les dénombrer.

- Dans notre étude les analyses microbiologiques sont effectuées sur trois échantillons : semoule, farine de sésame et de pâtes alimentaires (produit fini), pendant une durée de 2 mois du stockage.
- Le stockage : nous avons stocké les échantillons de semoule dans des sac en carton et dans des sachets de conditionnement de 600 g pour les pâtes alimentaires à fin de préserver les caractéristiques de départ (humidité et l'acidité) , et en bocaux en verre pour la farine de farine .
- Le but : c'est de suivre les modifications rapportées sur la qualité microbiologique de semoule, farine de sésame et des pâtes alimentaires durant la période du stockage.

1.4.10.1 Préparation de la solution mère et les dilutions décimales

La méthode est faite selon JO n° 38 du 122/06/2014 équivalent ISO 6887 -1:1999.

Principe

Préparation de la suspension mère de façon à obtenir une répartition aussi uniforme que possible des micro-organismes contenus dans la prise d'essai.

Préparation, si nécessaire, de dilutions décimales en vue de réduire le nombre de microorganismes par unité de volume pour permettre, après incubation , d'observer leur éventuel développement (cas des tubes) ou d'effectuer le dénombrement des colonies (cas des boites) comme précisé dans chaque méthode spécifique.

Mode opératoire**➤ Prise d'essai et suspension mère (Première dilution)**

Dans un bol ou dans un sac en plastique stériles, peser, avec une incertitude de mesure de $\pm 5\%$, une masse m (g), ou mesurer, avec une incertitude de mesure de $\pm 5\%$. Un volume v (ml) (au minimum 10 g ou 10 ml, sauf spécification contraire) représentatifs de l'échantillon pour essai.

Ajouter une quantité de diluant TSE égale à $9x$ m (g) ou $9x$ v (ml). Cette quantité peut être mesurée de préférence en masse, avec une incertitude de mesure de $\pm 5\%$, ou en volume, avec une incertitude de mesure de $\pm 5\%$.

Pour éviter d'endommager les micro-organismes par de brusques changements de température, la température du diluant pendant les opérations décrites ci-après, doit être proche de la température ambiante, sauf produits particuliers.

Homogénéiser le mélange. Si nécessaire, laisser les grosses particules se déposer durant 15 min au maximum. Les systèmes de filtration donnant des résultats équivalents peuvent être utilisés.

➤ Dilutions décimales suivantes

Transvaser, à l'aide d'une pipette stérile et avec une incertitude de mesure de $\pm 5\%$, 1 ml de la suspension mère dans un tube contenant 9 ml de diluant à la température appropriée.

Eviter tout contact entre la pipette contenant l'inoculum et le diluant stérile.

Mélanger soigneusement la prise d'essai et le diluant, en utilisant de préférence un agitateur mécanique pendant 5(s) à 10 (s), pour obtenir la dilution 10^{-2} .

Si nécessaire, répéter ces opérations sur la dilution 10^{-2} et les dilutions décimales suivantes en utilisant à chaque dilution une nouvelle pipette stérile afin d'obtenir les dilutions 10^{-3} , 10^{-4} , etc. jusqu'à obtention du nombre approprié de micro-organismes.

Les dilutions sont préparées de la même manière pour la semoule, la farine de sésame et les pâtes alimentaires.

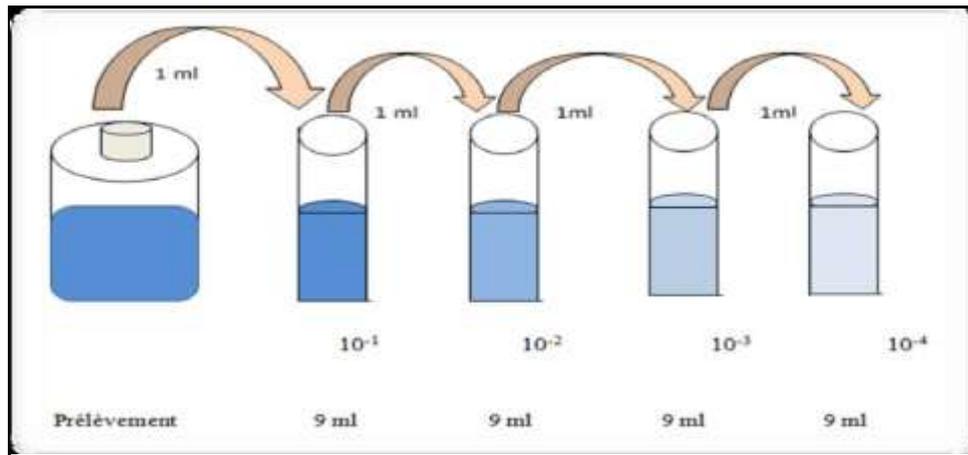


Figure 37 : Principe de dilutions décimales

I.4.10.2 Recherche et dénombrement des moisissures

La méthode horizontale pour le dénombrement des moisissures par comptage des colonies dans les produits, dont l'activité d'eau est inférieure ou égal à 0,95 selon journal officiel n° 52 du 30/092015 équivalent d'ISO 21527-2 2008.

Moisissure: Micro-organisme aérobic, mésophile filamenteux qui, à la surface d'un milieu gélosé, développer habituellement des propagules ou des germes plats ou duveteux ou des colonies présentant souvent des fructifications colorées et des formes de sporulation.

Des moisissures se développant en profondeur, plutôt qu'à la surface, d'un milieu peuvent former des colonies rondes et lenticulaires.

Propagule ou germe: Entité viable, capable de se développer dans un milieu nutritif.

Colonie: Accumulation visible localisée de masse microbienne développée sur ou dans un milieu nutritif solide à partir d'une cellule viable.

Principe

Des boîtes de pétri préparées en utilisant un milieu de culture sélectif défini sont ensemencées. En fonction du nombre de colonies attendu, une quantité spécifique de l'échantillon pour essai (si le produit est liquide) ou de la suspension mère (dans le cas d'autres produits) ou des dilutions décimales de l'échantillon ou suspension mère est utilisée.

Des boîtes de pétri supplémentaires peuvent être ensemencées dans les mêmes conditions; en utilisant des dilutions décimales obtenues à partir de l'échantillon pour essai ou de la suspension mère. Les boîtes de pétri sont ensuite incubées en aérobiose à 25 °C 1°C

pendant cinq à sept jours. Puis, si nécessaire, les boîtes de gélose sont laissées au repos à la lumière du jour pendant un (1) à deux (2) jours.

Mode opératoire

➤ Prise d'essai, suspension mère et dilutions

Préparer la prise d'essai, la suspension mère (première dilution) et les dilutions suivantes selon les exigences, réglementaires et normatives spécifiques et appropriées aux produits concernés.

En raison de la sédimentation rapide des spores dans la pipette, maintenir la pipette horizontale lorsqu'elle est remplie du volume approprié de la suspension mère et de dilutions.

Agiter la suspension mère et les dilutions afin d'éviter la sédimentation particules contenant des micro-organismes.

➤ Ensemencement et incubation

Dans une boîte de gélose DG 18, transférer avec une pipette (5.2) stérile, 0,1 ml de l'échantillon pour essai s'il est liquide ou 0,1 ml de la suspension mère dans le cas d'autres produits.

Dans une deuxième boîte de gélose DG 18 transférer avec une nouvelle pipette stérile 0,1 ml de la première dilution décimale (10¹) (produit liquide) ou 0,1 ml de la dilution (10⁻²) (autres produits).

Procéder de la même façon avec les dilutions suivantes en utilisant une nouvelle pipette stérile à chaque dilution décimale.

Pour les aliments solides ou particuliers, tels que les noix ou les grains, l'ensemencement recommandé.

Étaler le liquide sur la surface de la boîte de gélose avec un étaleur stérile jusqu'à ce que le liquide soit entièrement absorbé par les milieux.

Incuber en aérobiose les boîtes préparées, couvercles en haut, en position droite dans l'étuve à 25 °C ±1°C pendant cinq à sept jours. Si nécessaire, laisser reposer les boîtes de gélose à la lumière du jour pendant un à deux jours.

Il est recommandé d'incuber les boîtes de pétri dans un sac plastique ouvert afin d'éviter la contamination de l'étuve en cas de dissémination des moisissures à l'extérieur des boîtes de pétri.

Comptage et confirmation sélection des colonies pour confirmation, après la période d'incubation spécifiée, sélectionner les boîtes contenant moins de 150 colonies ou propagules ou germes et compter ces colonies ou propagules ou germes.

Si on observe un envahissement rapide des boîtes, compter les colonies ou propagules ou germes après deux(2) jours, puis de nouveau après cinq (5) à sept (7) jours d'incubation.

➤ **Lecture**

La première lecture doit se faire à partir de la 48^{ème} heure d'incubation.

Elle consiste d'abord en la lecture de la boîte témoin, car si elle présente des moisissures, l'analyse est à refaire.

Il est à noter que les colonies de moisissures sont épaisses, pigmentées ou non.

Le comptage se fait sur les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies.

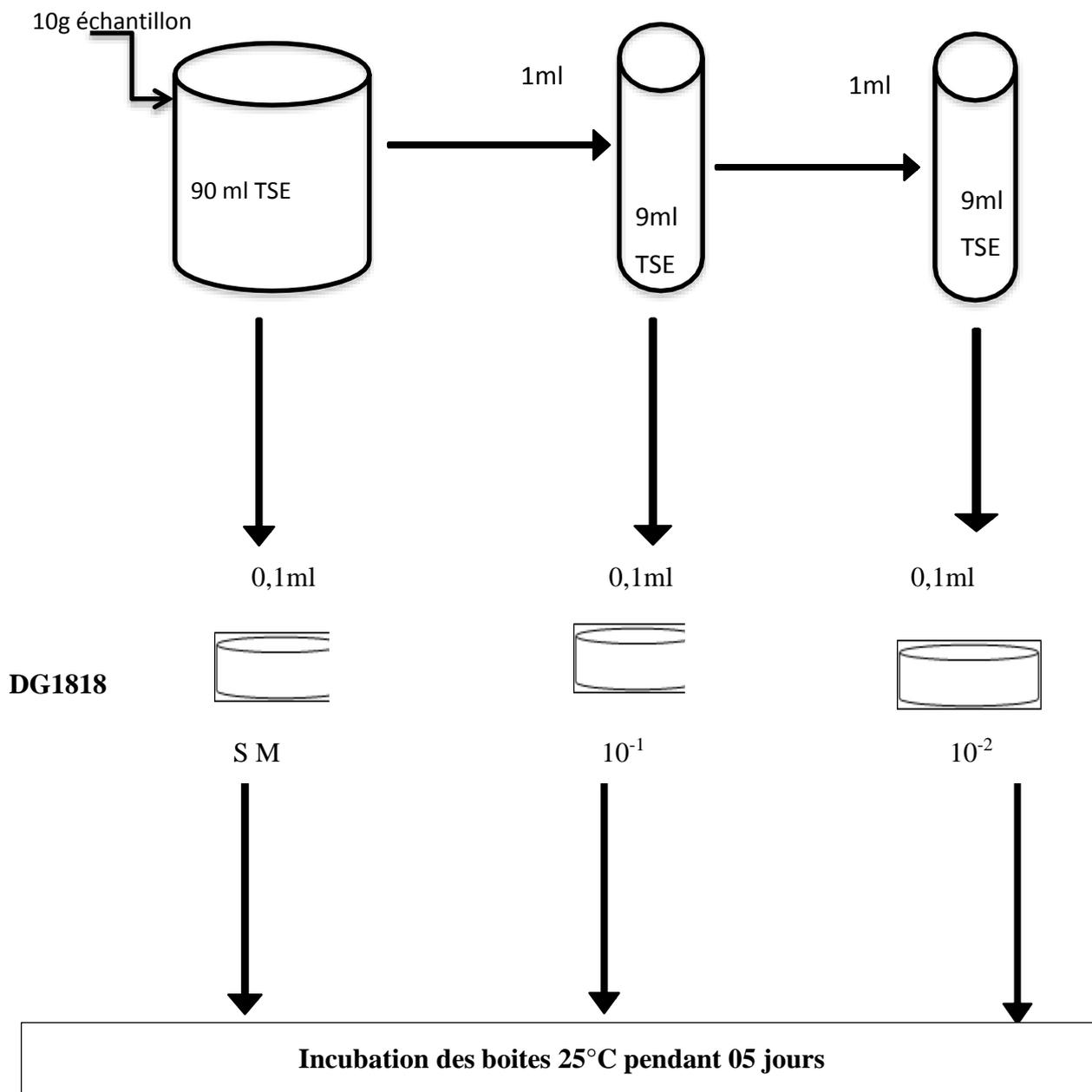


Figure 38: Recherche et dénombrement des moisissures

I.4.10.3 Recherche et dénombrement des anaérobies des bactéries sulfito- réductrice

La méthode de dénombrement des anaérobies des bactéries sulfito- réductrice par comptage des colonies à 46° C selon NF V08-061D Décembre 2019

Principe

Ensemencement en profondeur du milieu gélosé TSC exempt de jaune d'œuf, coulé dans une boîte de Pétri (ou dans un tube), avec une quantité déterminée de l'échantillon pour essai si le produit à examiner est liquide, ou avec une quantité déterminée de la suspension-mère dans le

cas d'autres produits. Recouvrement avec une couche du même milieu lorsque l'essai est effectué en boîte de pétri.

Dans les mêmes conditions, ensemencement, si nécessaire, d'autres boîtes (ou tubes) avec les dilutions décimales obtenues à partir de l'échantillon pour essai ou de la suspension-mère.

Incubation des boîtes (ou des tubes) à 46 °C en anaérobiose pendant (20 + 2) h.

Dénombrement des colonies caractéristiques (entourées d'un halo noir).

Mode opératoire

➤ Prise d'essai, suspension-mère et dilutions

Se reporter à la norme NF EN ISO 6887 ou NF EN ISO 8261 ou à la norme spécifique traitant du produit concerné

Préparer une seule série de dilutions décimales à partir de l'échantillon pour essai si le produit est liquide, ou de la suspension-mère dans le cas d'autres produits.

➤ Ensemencement

Prendre une boîte de pétri stérile. A l'aide d'une pipette stérile, transférer dans la boîte 1 ml de l'échantillon pour essai si le produit est liquide ou 1 ml de la suspension-mère dans le cas d'autres produits.

Recommencer ces opérations avec les dilutions suivantes, si nécessaire, à l'aide d'une nouvelle pipette stérile.

Couler dans chaque boîte de pétri au moins 15 ml du milieu TSC, maintenu entre 44 °C et 47 °C au bain d'eau, Le temps qui s'écoule entre le moment où l'on distribue l'inoculum dans la boîte et celui où le milieu est coulé ne doit pas excéder 15 min.

Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu et laisser le mélange se solidifier en posant les boîtes de pétri sur une surface fraîche et horizontale.

Après solidification du mélange, ajouter 5 ml à 10 ml du milieu TSC, maintenu entre 44 °C et 47 °C et laisser solidifier.

Retourner les boîtes ainsi préparées (voir 9.2.1.3) et les placer dans les jarres pour anaérobiose.

➤ **Incubation**

Sans délai, incuber à 46 °C pendant (20 ± 2) h à l'aide de l'étuve. Une incubation de plus longue durée peut avoir pour conséquence un excès de noircissement du milieu.

➤ **Comptage des colonies**

Choisir la ou les boîtes contenant au maximum 100 colonies caractéristiques et 200 au total. Les colonies caractéristiques sont entourées d'un halo noir et les compter.

I.4.10.4 Recherche et dénombrement des Escherichia coli

La méthode horizontale pour la recherche et dénombrement d'Escherichia coli présumés par la technique du nombre le plus probable NPP selon J.O n°64 du 17/11/17 équivalent ISO 7251: 2005

Escherichia coli: bactéries qui, à 44° C, fermentent le lactose avec production de gaz qui, à cette température, produisent de l'indole à partir du tryptophane.

Principe

Inoculer un milieu d'enrichissement sélectif liquide avec une quantité déterminée de la suspension initiale de l'échantillon pour essai.

Incuber le tube à 37 °C pendant 48 h. Examiner la formation de gaz dans le tube après 24 h et 48h.

Si le tube montre une opacité, un aspect trouble ou un dégagement gazeux, faire une subculture dans un tube contenant un milieu sélectif liquide (bouillon EC).

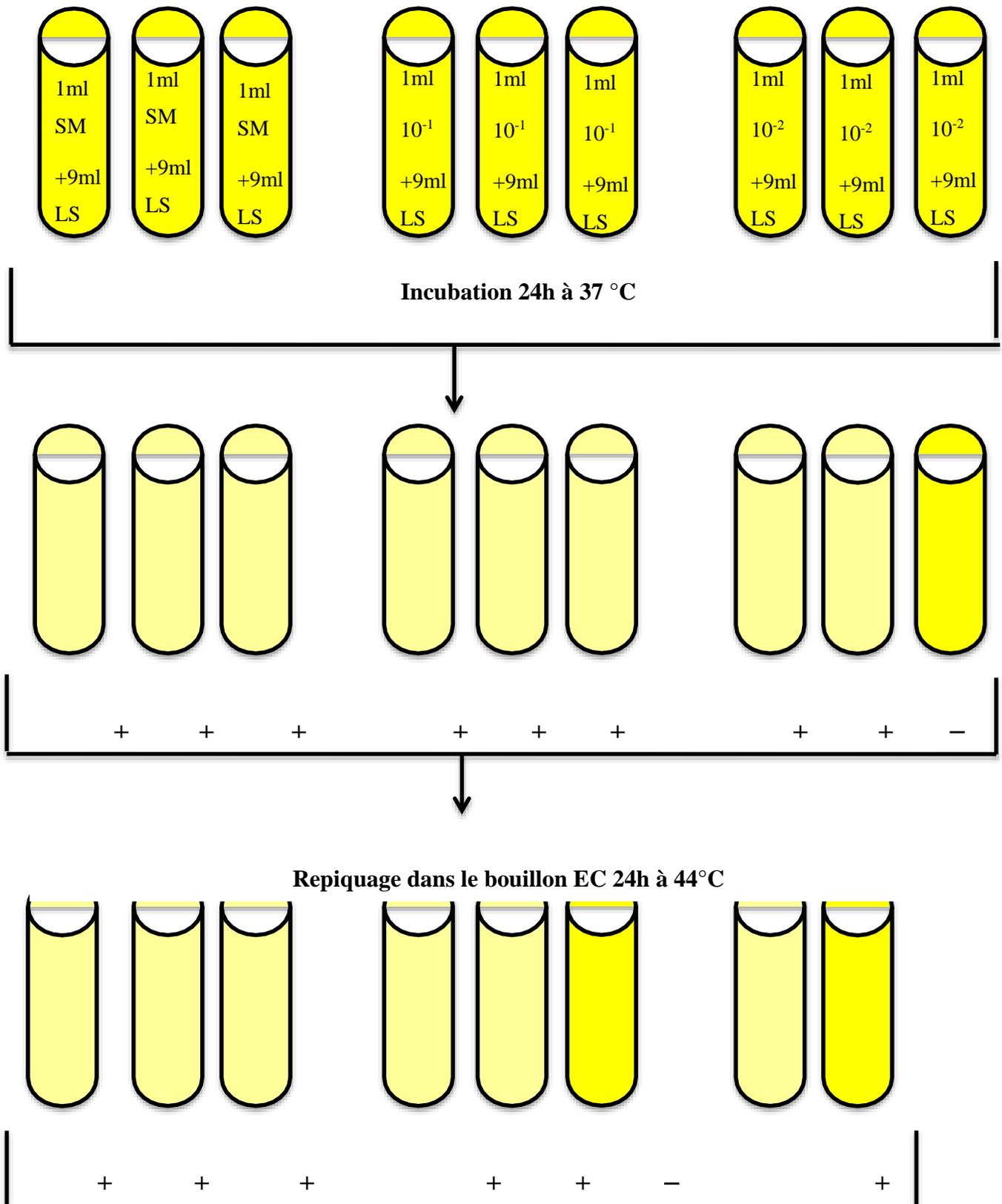
Le tube obtenu est incubé à 44 °C pendant 48 h. Examiner la formation de gaz après 24 h et 48 h.

Si un dégagement gazeux est noté dans le tube, réaliser une subculture dans un tube contenant de l'eau peptonée exempte d'indole.

Le tube obtenu est incubé durant 48 h à 44 °C, le tube est examiné pour la production d'indole résultant de la dégradation du tryptophane dans les constituants peptonés.

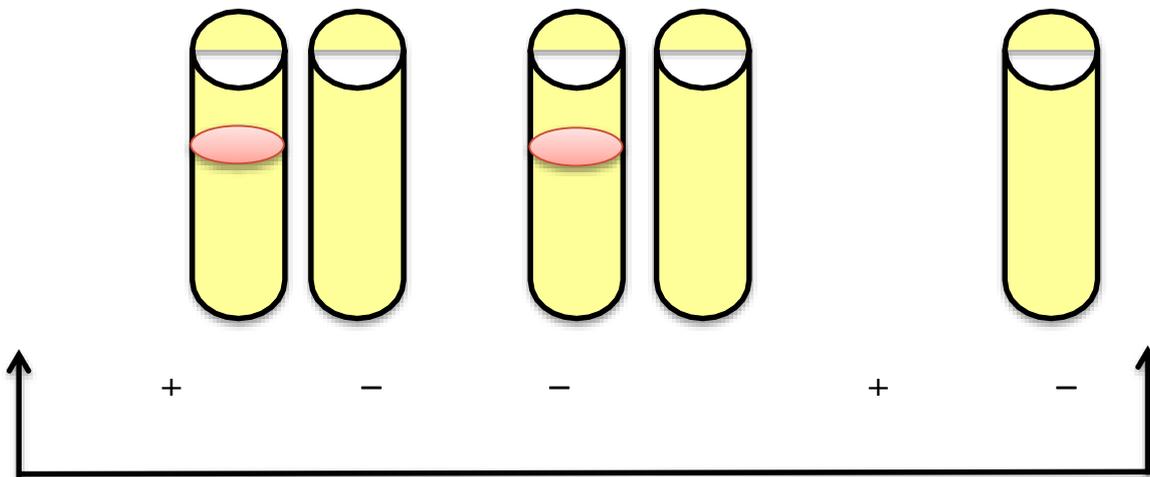
Les tubes, présentant une opacité, un aspect trouble ou un dégagement gazeux dans le milieu d'enrichissement sélectif liquide et dont les sous-cultures ont produit du gaz dans le bouillon EC et de l'indole dans l'eau peptonée à 44 °C, sont considérés comme contenant d'Escherichia

coli présumés. On donne les résultats << présence >> ou << absence >> d'Escherichia coli présumés dans xg ou x ml de produit.





Repiquage dans EP 48h à 44°C



+: Virage de couleur et dégagement gazeux dans la cloche

 : Anneau rouge signale présence d'indole

Figure 39: Mode opératoire de dénombrement des Escherichia coli

I.4.11.5 Recherche et dénombrement des Salmonella

La méthode horizontale pour la recherche des Salmonella spp selon J.O n°44 du 23/07/17 équivalent ISO6579 :2002/ Amd 2007.

Principe

La recherche de Salmonella nécessite quatre phases successives (schéma du mode opératoire figure 40

En conséquence, un préenrichissement et un enrichissement sélectif sont souvent nécessaires, afin de pouvoir rechercher les salmonella en nombre restreint ou ayant subi une altération

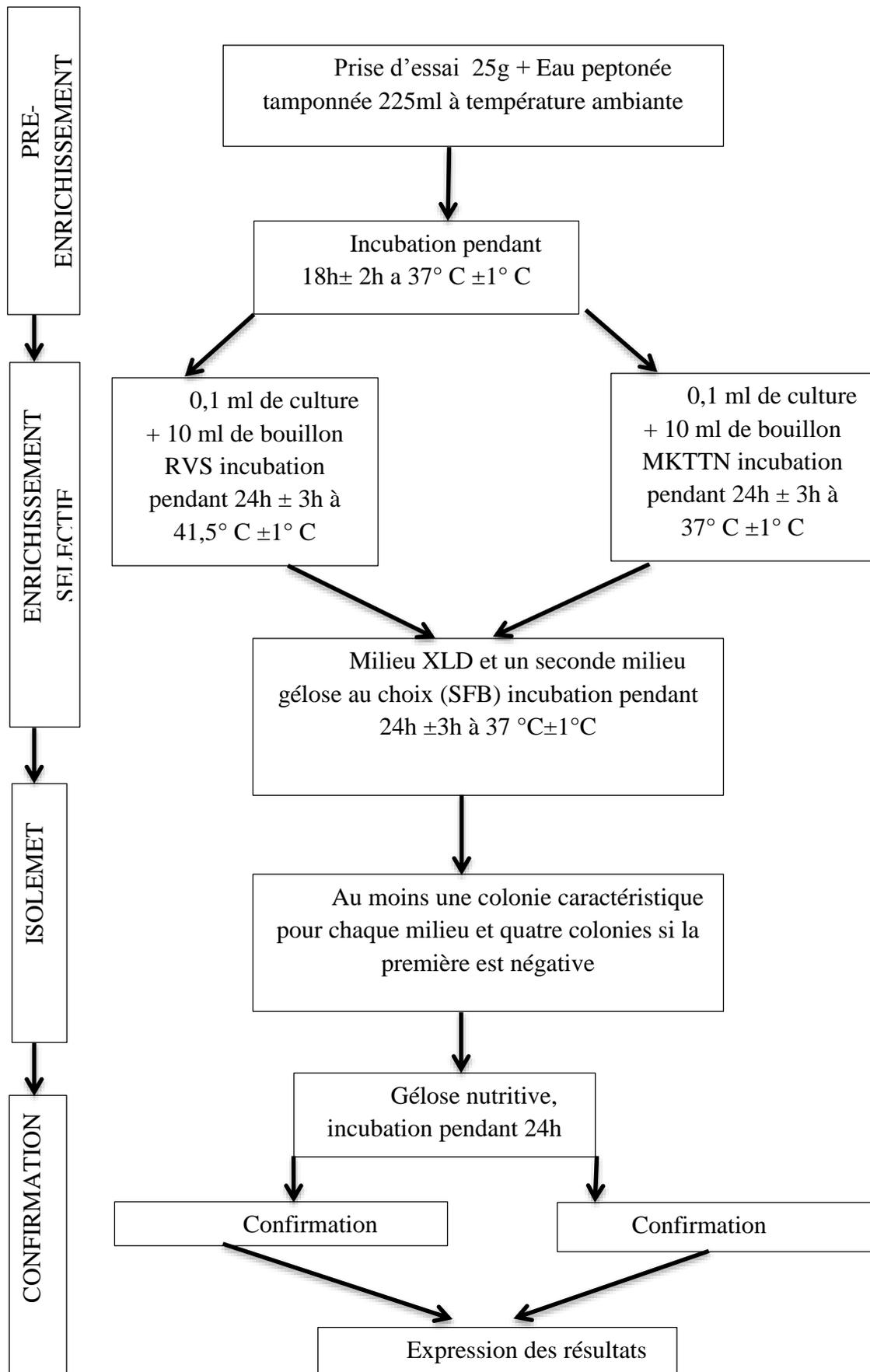


Figure 40: Mode opératoire du dénombrement des Salmonella

Chapitre II :

Résultats et Discussions

Chapitre II : Résultats et discussion

II.1 Caractéristiques des matières premières

II.1.1. Teneur en eau

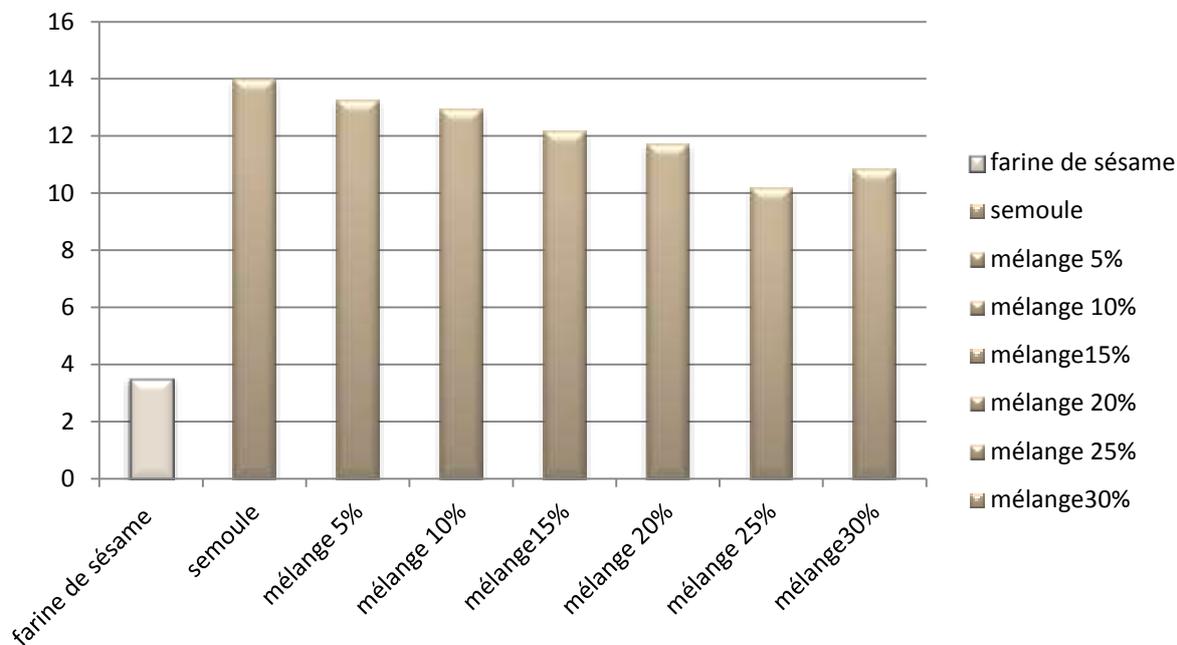


Figure 41: Histogramme illustrant les résultats de l'humidité des matières premières et les différentes incorporations

La détermination de la teneur en eau est d'une importante capitale sur le plan économique et dans la conservation d'aliments, elle est aussi indispensable pour donner aux aliments la texture requise et permettre les réactions biochimiques qui président à leur transformation.

D'après les résultats observés dans la (figure 41), la moyenne de la farine de sésame est de $3,47\% \pm 0,01$. Ce résultat est cohérent avec ceux obtenus par Abbas et al. (2022) qui est de 4,53%, et du travail de (R. Tir et al.2012) qui a trouvé un pourcentage de 4,822%.

Pour l'humidité de notre matière première semoule est de $13,98 \pm 0,01\%$ ce dernier est inférieur à la norme maximale indiquée par le (CODEX ALIMENTARIUS. 2007) qui est de (14,5%), ce qui permet un bon stockage du produit élaboré.

Les différentes matières alimentaires ont une capacité différente d'absorption et de rétention de l'humidité. La farine de sésame ayant été ajoutée à la semoule de blé dur incorporées de (5, 10, 15, 20,25 et 30%), elle tend à diminuer la teneur en eau variant de ($10,81\pm 0,01$ à $13,225\pm 0,00\%$). La diminution de la teneur en humidité avec l'augmentation du niveau de substitution a montré la certitude de prolonger la durée de conservation. Les résultats obtenus sont conformes à la norme (Animashaun et al, 2017).

Les résultats obtenus reflètent d'une part que ces taux sont parfaitement convenables pour la conservation et d'autre part ils témoignent le bon fonctionnement de système de séchage.

II.1.2. Teneur en cendres

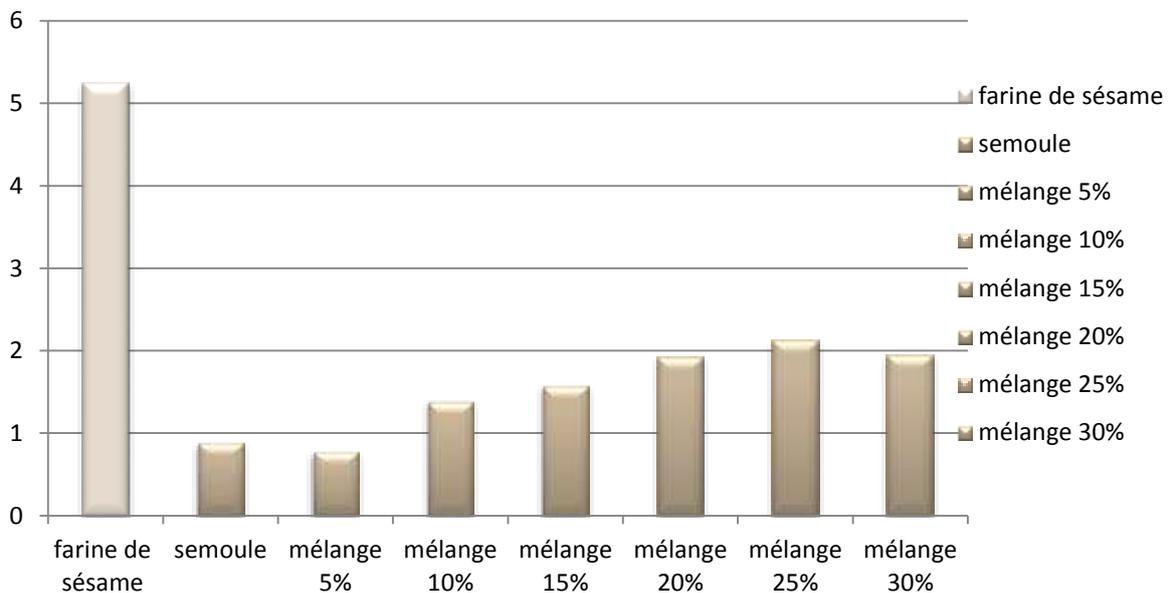


Figure 42 : Histogramme illustrant les résultats des cendres des matières premières et les différentes incorporations

La mesure de la teneur en cendre a un intérêt essentiellement réglementaire. Elle permet de classer les semoules selon leur degré de pureté. Elle est utilisée par les meuniers pour déterminer le taux d'extraction et de régler convenablement leurs moulins (FEILLET. 2000).

Pour la farine de sésame les résultats obtenus (figure 42) sont d'une teneur de $5,24 \pm 0,01$ % en MS qui est en harmonie avec les résultats témoignés par **(F. M. T. KONE et al. 2021)** un taux de cendres de 4,85 %, cette composition a été aussi montré par les travaux de **(Sabah El Khier et al.2008 ; Nzikou et al.2009 ; Hassan.2012 ; Ogbonna et Ukaan.2013 ; Gharby et al.2015)**. En outre **(Kouighat et al. 2022)**, ont trouvé une teneur en cendres de (4,4%), cette valeur est peut-être dû à la différence dans la composition de la semoule de blé dur, ou bien sur les origines, variétés, de la graine et son mode de cultivation

Une variation dans la teneur en cendre des échantillons : une valeur maximale de $0,89 \pm 0,01$ % MS pour la semoule de blé dur, ce résultat répond à l'exigence de la norme Algérienne **(JORA. 2013)** ; une teneur en cendre n'excède pas les 1% de MS, donc notre semoule elle se range bien dans l'intervalle des semoules de qualité supérieure.

On remarque la teneur en cendres des mélanges varie de $0,78 \pm 0,02$ % à $1,93 \pm 0,00$ %. Les pourcentages 25% et 30% présentent la valeur la plus élevée, tandis que l'échantillon produit à partir de 5% de sésame a la valeur la plus faible. On a constaté que la teneur en cendres augmente avec l'accroissement la substitution de la farine de sésame.

Les cendres sont la source de la progression de la quantité de protéines.

II.1.3. Teneur en protéines

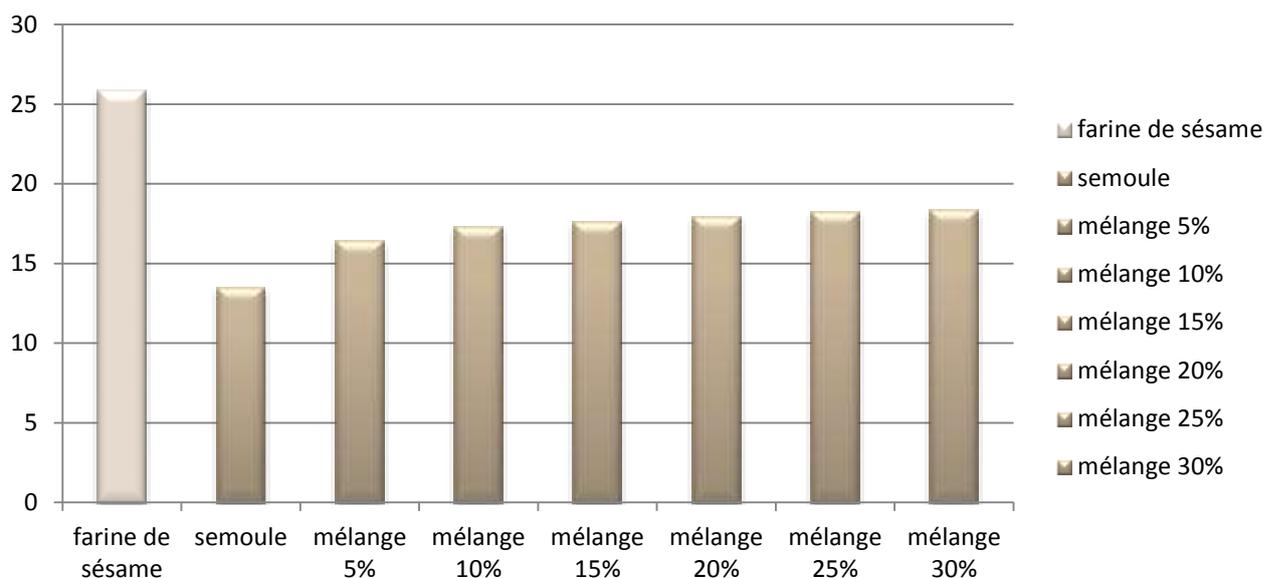


Figure 43 : Histogramme illustrant les résultats de protéines des matières premières et les différentes incorporations

La quantité de protéines dans le blé dur est le premier paramètre que les producteurs de pâtes sèches considèrent lors du choix de la matière première.

La farine de sésame présente un taux élevé en protéines $25,84\% \pm 0,15$, cette moyenne corrobore avec celle rapportée par Misbah (2022), qui indique une teneur en protéines s'avéreront entre 20 % et 25%, et celles étudiées par B. Sene et al. (2018) leur teneur en protéines varie de 22,59 % à 29,37 %. D'après Messia (2021), plus la teneur en protéines n'est élevée, meilleure sera la qualité culinaire des pâtes.

Pour la semoule le taux de protéines est de $13,44\% \pm 0,00$ dépassant la limite minimale fixée par la réglementation algérienne qui est de 11%. Selon Autran (2006), une quantité de 11 à 13% des protéines dans la semoule sont nécessaires pour qu'un blé dur puisse permettre la fabrication de pâte alimentaire de qualité.

En se référant de nos résultats illustrés dans la figure 43, on remarque que le taux de protéines dans les mélanges est en progression constante, d'où à 5% les protéines sont de $16,385\% \pm 0,32$ et à 30% elles accroissent jusqu'au $18,32\% \pm 0,33$. Une meilleure teneur en protéines a été observée avec la progression du niveau de substitution de la farine de sésame. Cela pourrait être attribué au pourcentage élevé de la teneur en protéines dans la farine de sésame.

II.1.4. Teneur en lipides libres

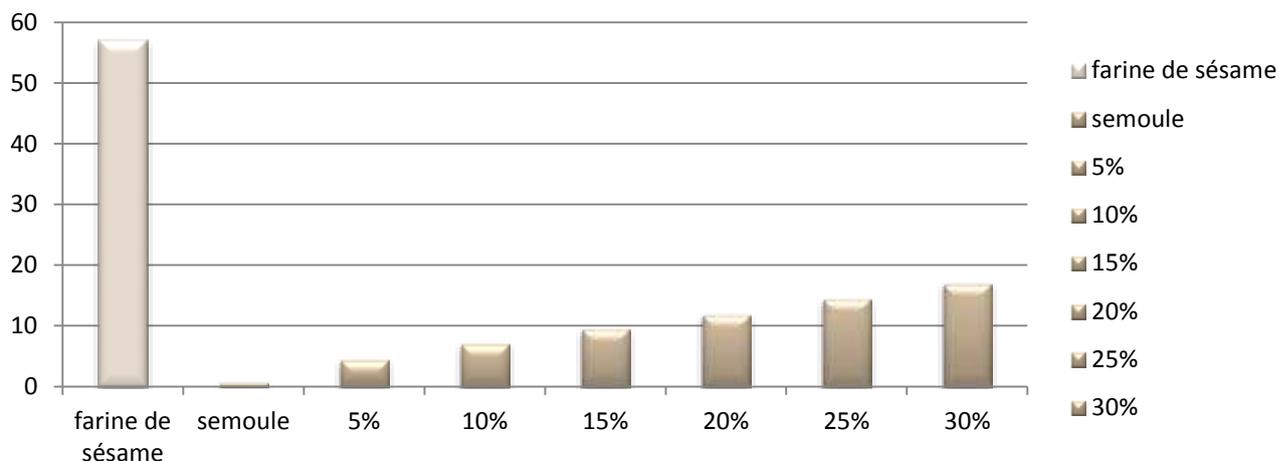


Figure 44: Histogramme illustrant les résultats de la matière grasse des matières premières et les différentes incorporations

Le sésame est un produit hautement énergétique et un réservoir de premier plan de lipide (50-60%). La qualité et la quantité de cette huile varie selon de la variété de la plante, de la culture, du climat, du stade de maturation et du moment de la récolte des graines (**Kouighat et al.2022**).

Les résultats obtenus lors de l'extraction de la matière grasse dans la farine de sésame est de $57,06\% \pm 7,90$. La matière grasse s'établit dans une fourchette de (40 à 65%).

D'après XuanMa et al (2022). Comme (figure 44) l'indique une différence flagrante entre la teneur en lipides des matières premières la semoule est défailante en huile et a une teneur de $0,73\% \pm 0,12$, nos résultats sont inférieurs à celles trouvées par Hebrard et ses collaborateurs en (2022) qui déclarent une teneur de lipide libre est de (1,4%).

La teneur élevée du sésame en matière grasse a fait sa preuve dans les mélanges, on remarque de la figure 44 une croissance significative des valeurs de 4,4297 % allant jusqu'à 16,952%.

II.1.5. Analyse de glucides totaux

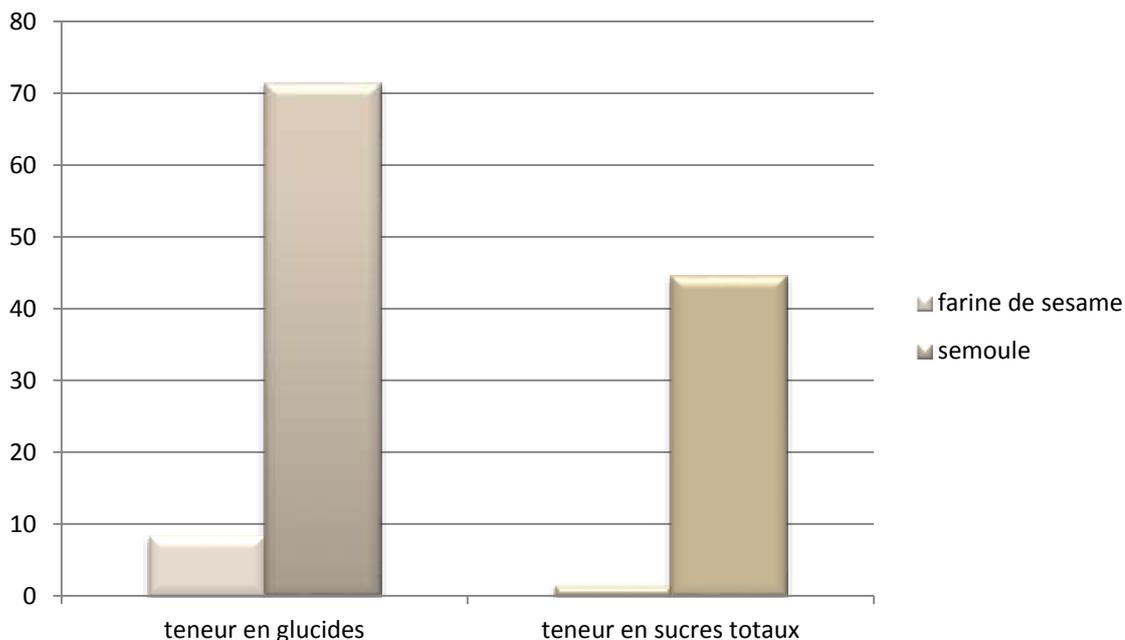


Figure 45 : Histogramme illustrant les résultats des glucides des matières premières

Les glucides ont une fonction importante dans la synthèse des composés métaboliques, la production d'énergie, la stabilisation des membranes.

La norme des glucides se situe entre 50,40 et 70,47% d'après **(Punia et al.2018)** et qui sont nettement majoritaires dans la semoule, et suites aux recherches menées par Al Shehry en 2015, ikbal et ses collaborateurs en 2021 qui ont trouvées respectivement une teneur de $81,32\% \pm 1,46$ et $82,8\%$, donc en mettant la lumière sur la figure 45, une moyenne de $71,379$ a été trouvé dans la semoule. En outre la farine de sésame se trouve pauvre en glucides et présente valeur de $8,384\%$, cette moyenne est confirmée par les études de Zebib et bultosa en 2015 qui ont témoigné des valeurs de $8,31\%$ à $11,69\%$.

Passant aux sucres totaux, dans la figure ci-dessus une différence nettes et remarquable entre les matières premières, et fait preuve de la richesse de la semoule par le saccharose comparant de la farine de sésames, La teneur en sucres totaux (saccharose) pour matières premières ; semoule de blé dur et farine de sésame est respectivement de, $44,58 \pm 0,03$ mg/ml et $1,45 \pm 0,00$ mg/ml.

En règle générale, les céréales sont des produits énergétiques riches en glucides qui se présentent sous une forme simple et complexe. **(Chehat. 2007)**

II.1.6. Acidité grasse

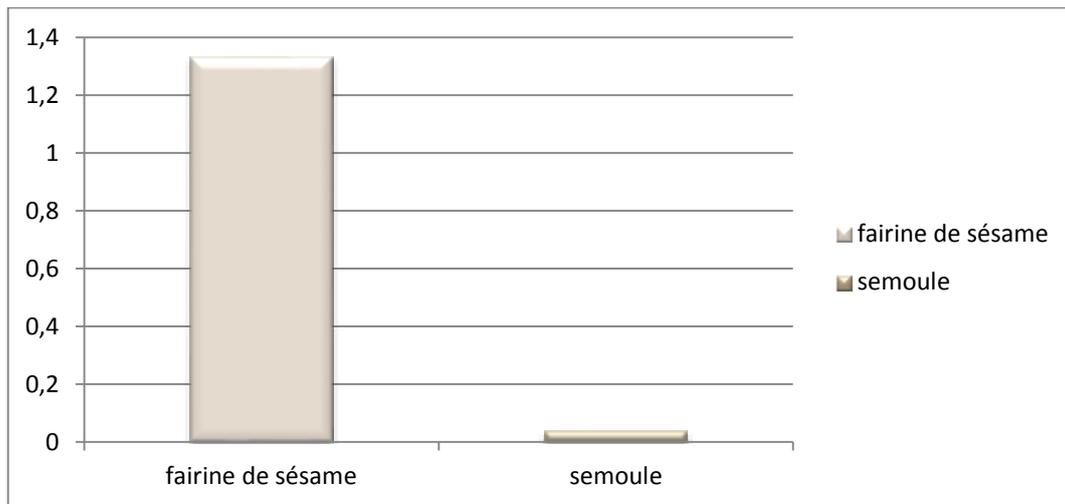


Figure 46 : Histogramme illustrant les résultats de l'acidité grasse des matières premières

L'acidité grasse est un indicateur de l'état de bonne conservation des semoules et des farines dans le côté opposé et au cas où des mauvaises conditions de conservation s'accompagnent entre autres d'une dégradation enzymatique des lipides se traduisant par un accroissement de l'acidité du milieu (libération d'acide gras libre).

Suivant AFNOR NF ISO 7305.11.1998 qui exige une valeur ne dépassant pas $< 0,055\text{g H}_2\text{SO}_4/100\text{g MS}$ et de CODEX STAN 259-R-2007 qui est de 1,8%, sous forme d'acide oléique, nos matières premières sont en seuil et représente une moyenne de 0,035% pour la semoule et 1,33 pour la farine de sésame. Les recherches du Dolapo faites en 2021 sur la semoule de blé dur et les recherches de **Gbadamosi** faites en 2017 et de Akintunde en 2012 sur les sésames en accentuent nos résultats avec un pourcentage de $<1\%$ pour la semoule et 2.24 ± 0.07 et 0.78 pour la farine de sésames.

Par ailleurs, l'acidité grasse contenue dans l'huile de sésame prévient les maladies cardiovasculaires, le cancer, les lésions cérébrales et hépatiques, ainsi que l'hypertension.

II.1.7. Gluten

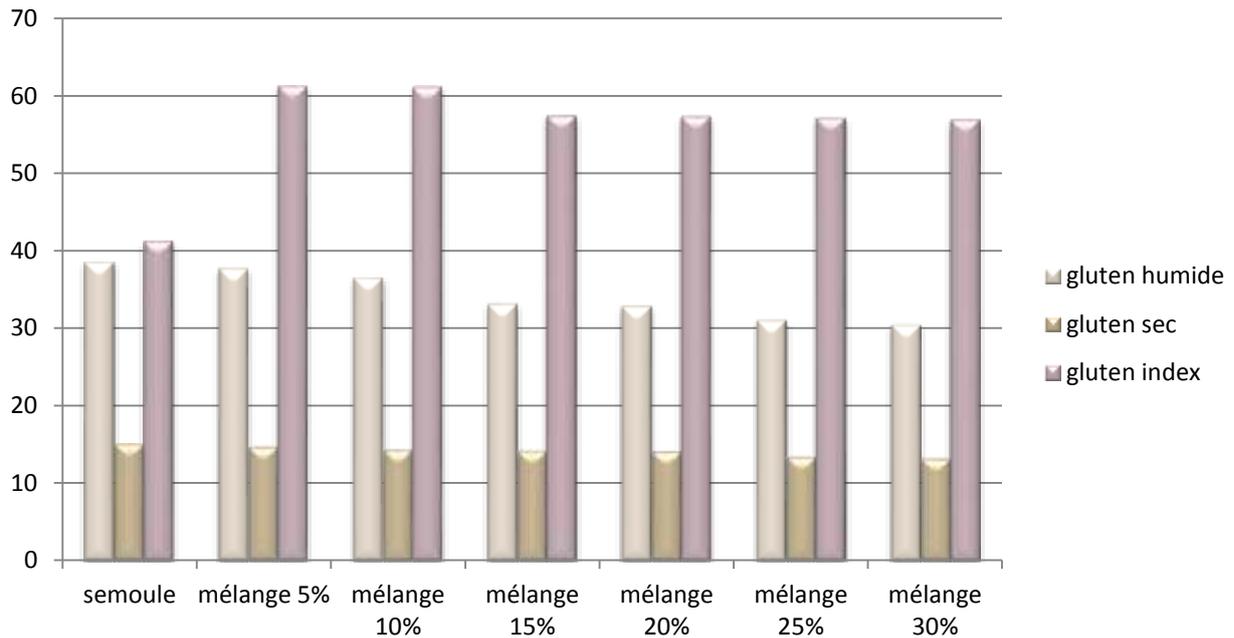


Figure 47 : Histogramme illustrant l'influence de taux d'enrichissement de gluten humide, sec et index sur les matières premières et les mélanges

Le gluten est formé de la fraction insoluble des protéines contenues dans la semoule. Ainsi les gliadines et les glutenines du blé sont capable en présence d'eau de s'associer et de former un réseau qui s'avère insoluble dans l'eau et appelée réseau glutineux ou gluten. Ce réseau est doué de propriétés rhéologique, et permet, de plus, à la pâte de retenir le gaz CO₂ issu de la fermentation (**Delefrate et Steohan.2005**).

Les aliments sans gluten peuvent être consommés sans danger. (**Prakritiz et al.2016**) dont le sésame qui est connue par son absentéisme en gluten, ce qui attribue à notre formulation un plus à la valeur nutritionnelle. Notre aboutissement est renforcé par l'étude de **Anzhelika** en 2021 où ils ont fabriqué des pains d'épices sans gluten à partir de farine de sésame.

- Gluten humide

La teneur en gluten humide dans la semoule est d'une moyenne de 38,5%, ce constat est en parallèle avec ceux trouvé par Rao et *al.*, (2010) qui sont de 32,9% MS - 37% MS.

Conformément à la figure 47 lehaussement de la quantité de sésame, entraîne une diminution de la teneur de gluten humide, avec un intervalle de 37,67%MS dans 5% du sésame à 30,4%MS, suivant une quantité de gluten environ 30 % sur la base humide soit un facteur important dans la production de pâtes et constitue un critère de qualité important.

- Gluten sec

La teneur en gluten sec de la semoule est de 15% corroborent aux résultats de Cecchini et al. faites en 2021 qui ont exécutée une valeur > 11 % sur la base sèche, au fur et à mesure que le pourcentage de sésame accroit dans les mélanges la teneur en gluten sec diminue, 14,6% en 5% 13,10 en 30%, cette corrélation est due à la défaillance en gluten.

- Gluten index

L'indice de gluten (IG) est une mesure de la qualité du gluten après extraction mécanique à température ambiante, plus la valeur est élevée, plus le gluten est fort, celle-ci est liée à la qualité des glutenines.

La semoule présente un gluten index faible qui est de 58,18% au gré des valeurs témoignées par Djaber et Seddi (2012) une moyenne de 61,67% et Ladraa (2012) d'une moyenne de 62,59%. De surcroît le gluten index a connu une baisse à proportion des pourcentages oscillent entre 61.24% dans 5% et 56,90% en 30%.

BAR (2005), explique que les farines qui présentent un gluten index inférieur à 50% ont un gluten extensible. Les valeurs proches de 100% donnent un gluten élastique, tandis qu'un gluten équilibré se situe entre 60 et 80%.

II.1.7. Détermination de la couleur par le colorimètre Minolta

L'intérêt de la mesure est surtout commercial. Le consommateur recherche des pâtes claires, de belle couleur jaune ambrée, or la législation interdit toute adjonction de colorants dans les pâtes et dans l'emballage, la couleur ne peut provenir que de la semoule et par conséquent du blé dur.

Les indices de colorations représentés par l'indice de jaune (b) et l'indice de brun (100- L) (L en étant la clarté), constituent un facteur déterminant de la qualité organoleptique et sont dues à la fois, à la présence dans le blé, de pigments caroténoïdes et aux réactions de brunissement, leurs interactions confèrent la couleur caractéristique de la semoule et des pâtes alimentaires (**Fратиanni et al.2005**).

A travers l'évaluation et grâce à un appareil appelé MINOLTA, on a pu déduire l'indice de coloration de nos différents échantillons (Tableau 24), les résultats sont illustrés dans le tableau ci-dessous:

Tableau 24 : Résultats de l'indice de coloration des matières premières déduits par l'appareil MINOLTA

Indice de couleur	Semoule	Farine de sésame	Mélange 5%	Mélange 10%	Mélange 15%	Mélange 20%	Mélange 25%	Mélange 30%
L (clarté ou luminance)	83,18	57,33	74,05	72,83	66,37	63,89	61,58	63,96
b (Indice de jaune)	26,50	23,27	23,29	23,09	21,02	20,20	19,24	21,10
100-L (indice de brun)	0,90	6,18	0,09	0,70	1,10	2,14	2,26	2,30

Tableau 25 : Echelle de classification des indices de coloration (**Houliaropoulos et al. 1981**).

Indice de jaune (b^*)	Appréciation	Indice de brun (100-L*)	Appréciation
> 35	Elevé	>21	Elevé
28 à 35	Moyen	18 à 21	Moyen
<28	Faible	<18	Faible

En se référant à l'échelle de classification des indices de coloration, nous remarquons que les matières premières ont un faible indice de jaune, pour la semoule une valeur de 26,50 a été observée et 23,27 pour la farine de sésame. Les indices de jaunes étudiés sont de même ordre de grandeur que ceux obtenues par Ladraa (2012) et Tazerout (2013) qui sont compris entre 18,58 et 23,55 et entre 16,23 et 22,58 respectivement. Nos échantillons présentent dans l'ensemble une coloration jaune faible allant de 23,29 à 19,14.

D'après l'échelle de classement des semoules Houliaropoulos et al. (1981) nos matières premières présentes un indice de brun faible -0,90 pour la semoule et 6,18 pour les sésames, et des valeurs allant de -0,09 (dans 5%) à 2,30 (dans 30%).

II.1.8 Détermination de l'indice de chute

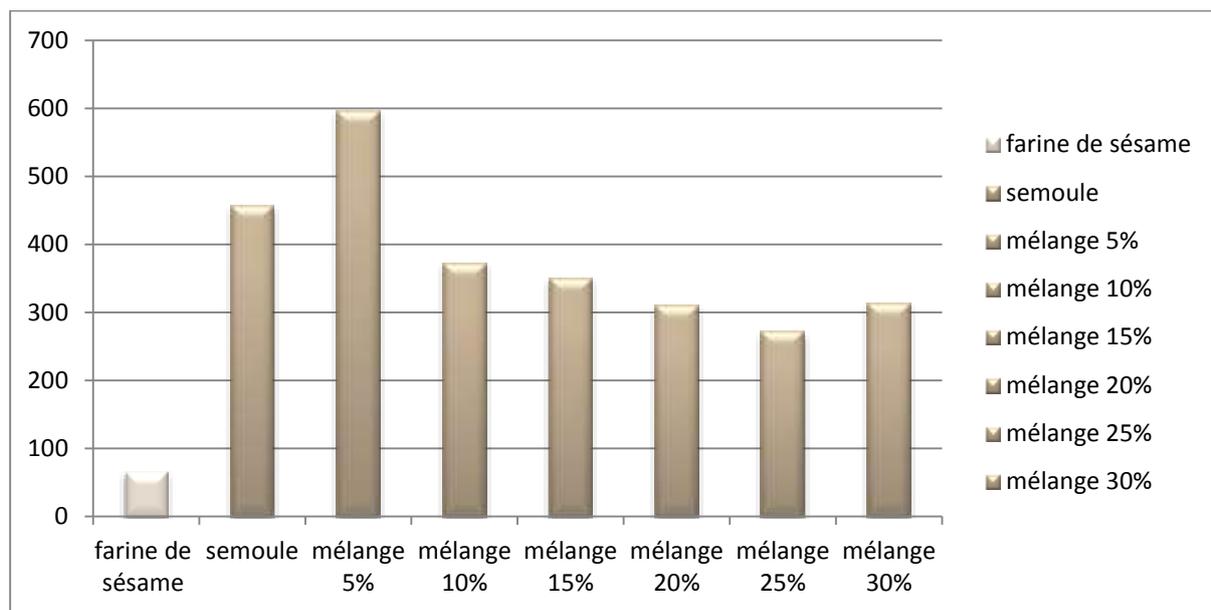


Figure 48 : Histogramme illustrant les résultats de l'indice de chute sur les matières premières et les mélanges.

L'indice de chute de Hagberg mesure indirectement l'activité des amylases (enzymes dégradant l'amidon) qui peut devenir excessif dans le cas de la présence de grains germés ou en voie de germination. Toutefois, on remarque pour la farine des grains de sésames l'indice de chute est de 66 (s), en se reposant sur les valeurs du tableau ci-dessous, la farine de sésames est inférieure à 150(s), éventuellement elle présente des graines germées ou en voie de germination.

Pour la semoule et le mélange de 5% les résultats sont Supérieurs à 400(s) et suivant les règlements, ils ont une très faible activité amylasique, peu ou pas de grains germés.

Pour les mélanges de 10, 15, 20, 25 et 30% les résultats obtenus varient entre 200 et 400 (S) ; donc ils possèdent une faible activité amylasique.

Tableau 26 : Normes de l'indice de chute selon le règlement (CE) N 824/2000 de la commission du 19 avril 2000

Indice de chute (Ic)	Activité amylasique
< 150	Elevée, grains germé nombreux
150 à 200	Moyenne, quelque grain germé
200 à 400	Faible, pas ou très peu grains germés
> 400	Très faible, peu ou pas de grains germés

II.1.9 Détermination de l'indice de sédimentation

Ce test caractérise la qualité et le pouvoir de gonflement des protéines en milieu SDS. Selon Godon et Loisel (1997), ce test est un moyen indirect qui permet d'apprécier la force du gluten d'un blé.

En effet Abecassis et Chaurand (1997), ont rapporté des valeurs de l'indice de sédimentation SDS inférieures à 60ml pour des blés de bonne qualité postière, ces deux auteurs mentionnent toutefois que les valeurs obtenues sont d'autant plus élevées que la qualité des semoules est bonne. C'est le cas d'échantillons analysé qui répond aux critères citée par ces deux auteurs, les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous

Tableau 27 : Résultat de test de sédimentation effectué sur la semoule

Indice de sédimentation (ml)	Premier essaie	Deuxième essaie	Moyenne
Semoule	25	24	25,5 ± 0,70

HUI en 2006, montre que les valeurs inférieures à 30 ml sont enregistrées pour blés de faible force de gluten, tandis que les valeurs supérieures à 35ml indiquent un gluten fort. En effet les valeurs inférieure à la norme, peuvent être expliquées par leur faible teneur en protéines. De ce fait, on peut constater que les protéines de notre semoule sont inférieures au seuil.

II.1.10. Granulométrie de la semoule

Tableau 28 : Résultat d'analyse du taux d'affleurement sur la semoule.

Diamètres des tamis (µm)	710	630	500	450	350	250	160	<160
Refus %	0	0	0	1%	24%	46%	24%	5%

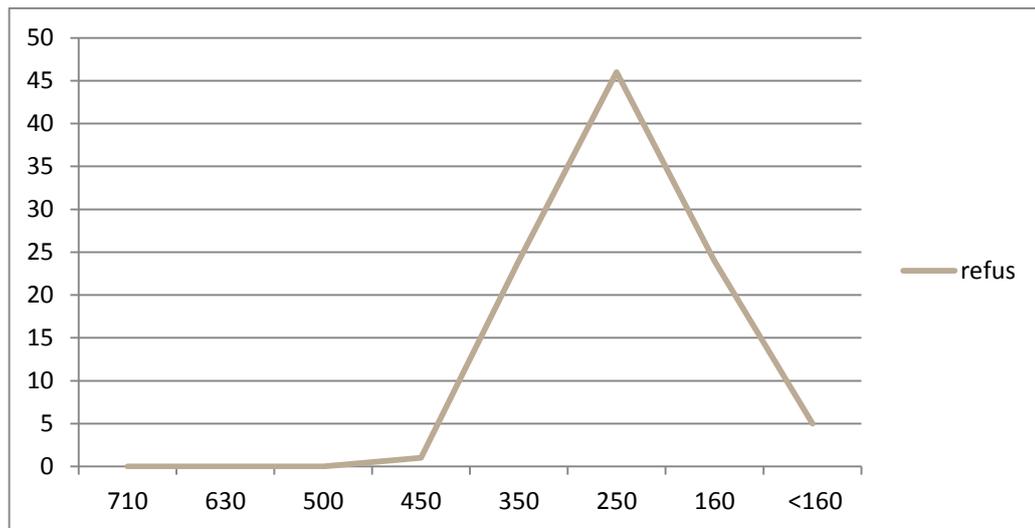


Figure 49 : Courbe représentant le taux d'affleurement des semoules en fonction des ouvertures de tamis

L'examen granulométrique d'une semoule consiste à déterminer la grosseur de ses particules et leurs proportions pondérales respectives. Il renseigne sur la façon dont le blé a été travaillé au moulin.

La granulométrie de la semoule joue un rôle important dans le comportement de la pâte lors de son hydratation, ce qui influence l'aspect et la fermeté du produit fini (**Petitot et al. 2009**).

La granulométrie des semoules utilisées dans cette étude varie d'un intervalle de [710μm-160 μm], les semoules de blé dur utilisées dans la fabrication des pâtes alimentaires sont en générale comprise entre 140 et 250 μm alors que pour les pates de qualité supérieur, la granulométrie requise va de 190 à 530 μm (**Jeanet. 2007**)

La granulométrie de la semoule utilisée dans la fabrication des pâtes alimentaires et leurs proportions respectives sont portées dans le tableau 29.

D'après les résultats obtenus de la granulation sont dans l'ensemble acceptable du fait que les extractions du tamis ouverture de maille 160um sont inférieures à 10%.

II.1.11. Dosage des fibres totaux

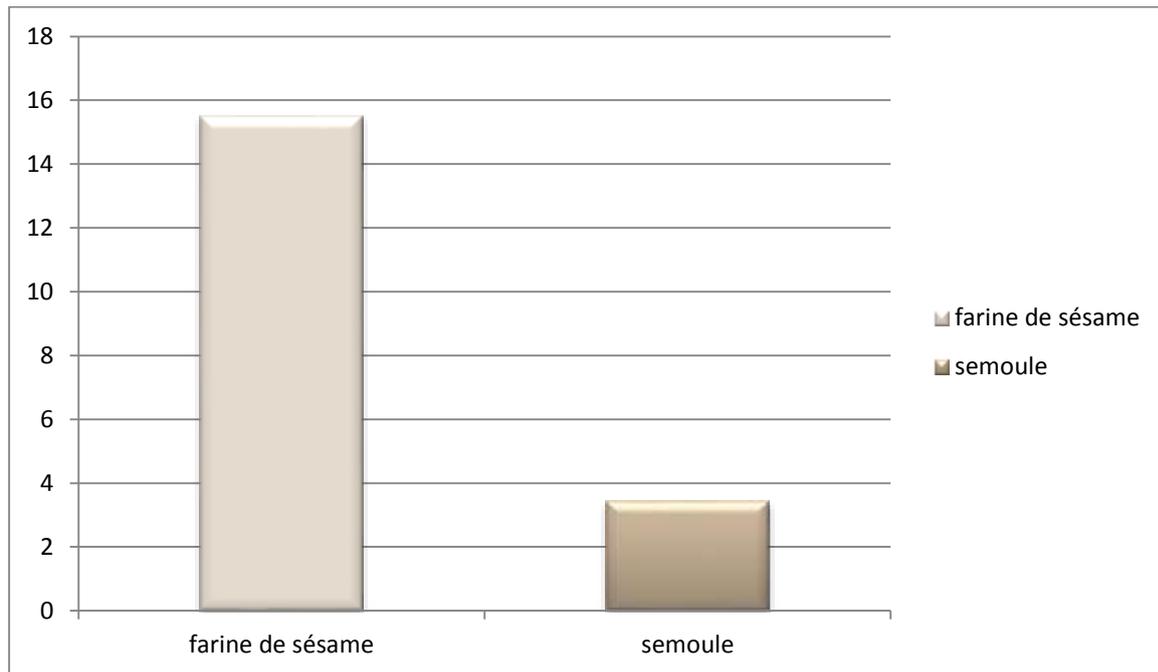


Figure 50 : Histogramme illustrant les résultats des fibres sur les matières premières

Les fibres sont importantes pour l'élimination des déchets de l'organisme, ce qui permet de prévenir la constipation et de nombreux troubles de la santé. La structure visqueuse et fibreuse des fibres alimentaires contrôle la libération du glucose dans le sang ce qui permet de contrôler et gérer correctement le diabète sucré et l'obésité (**Animashaun et al. 2017**).

D'après les résultats obtenus (figures 50), la farine de sésame présente une teneur importante en fibre ($15,49 \pm 5,17$) par rapport à la semoule ($3,425 \pm 1,13$), on accentue nos résultats par ceux de Ogbonna et Ukaan (2013) qui ont travaillé sur une variété de sésame d'origine de NIGER et ils ont trouvé une moyenne plus au moins élevée ($17,9 \pm 0,3$). Ainsi prenant en compte l'étude aboutie par Sene et ses collaborateurs (2018) et l'étude de Dravie et ses collaborateurs (2020) qui ont obtenues une teneur inférieure en fibre $8,22 \pm 0,18$.

Les résultats des fibres contenues dans la semoule sont adéquats aux recherches menées par Sissons, en 2004 et qui a trouvé une teneur de 2 à 3g.

II.1.12. Dosage des celluloses

L'intérêt des céréales complètes est la conservation de l'enveloppe protectrice, et le son du grain qui est naturellement riche en cellulose.

Dans cette étude, on a utilisé une semoule de blé dur, obtenu industriellement, et une farine de sésame obtenue artisanalement ; graine complète.

Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 29 : Résultat des essais d'analyser de cellulose brutes effectuées sur la semoule et farine de sésame.

Cellulose brute	Premier essai	Deuxième essai	Moyenne
Semoule	-	-	-
Farine de sésame	2 ± 0,00	2 ± 0,00	2 ± 0,00

Selon la norme NF dans la semoule de blé dur, la teneur moyenne est de 0.1%, dans notre cas la teneur en cellulose est nulle.

Pour la farine de sésame une valeur de 2 %MS a été trouvé, selon Diarra et al.,(2008) la teneur en cellulose du sésame est de 7,10%.

II.1.13. Dosage des polyphénols totaux et flavonoïdes

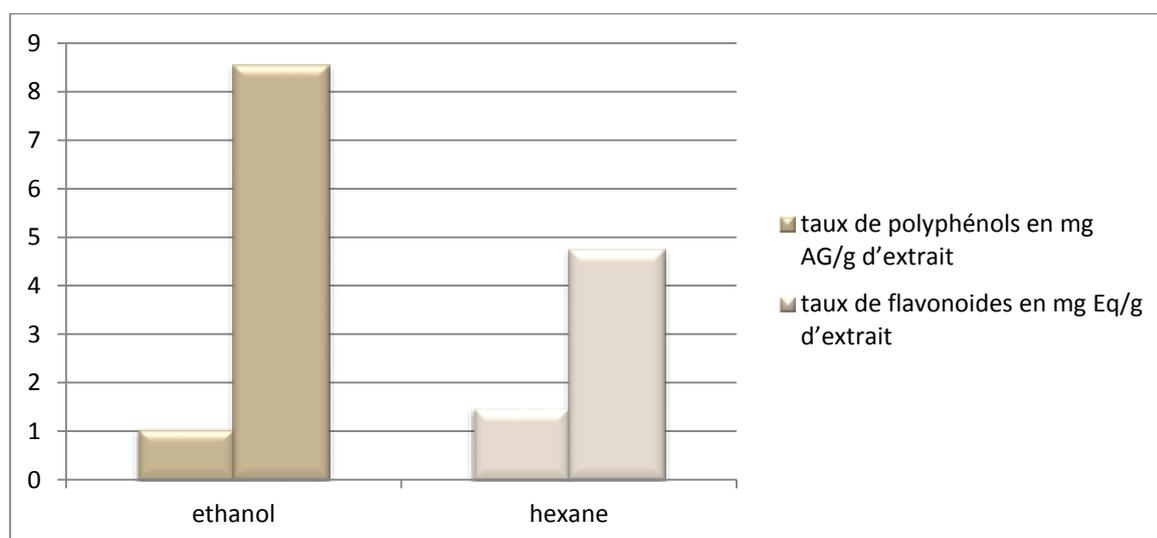


Figure 51 : Histogramme illustrant le taux de polyphénols et de flavonoïdes en utilisant différents solvant ; éthanol et hexane

L'analyse quantitative des phénols totaux et des flavonoïdes totaux dans la farine de sésame est réalisée par les méthodes spectrophotométriques utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu et le chlorure d'aluminium, respectivement.

L'histogramme (figure 51) résume les résultats du dosage des phénols totaux et des flavonoïdes présents dans l'échantillon étudié.

Les résultats obtenus indiquent une influence du solvant sur les polyphénols et des flavonoïdes extraits dans la farine de sésame

La teneur en polyphénols totaux d'échantillon en utilisant le solvant éthanol était de ($1,046 \pm 0,15$ mg AGE/g d'extrait) est moins que le résultat par le solvant hexane qui représente une meilleure extraction de ($1,463 \pm 0,11$ mg AGE/g d'extrait). Cette variation de la teneur extraite est due probablement à la différence de polarité existant entre les solvants utilisés (**Nacz & Shahidi. 2006**). Ces résultats sont inférieurs à ceux qui sont trouvée par Zhou et al (2017) (4,54-7,32 mg GAE/g), Lin et al. (2016) (3,7-7,8 mg GAE/g) et Rizki et al (2014) (3,75-3,92 mg EAG/g) En revanche, nos valeurs sont moins similaires à celles de Khan et al. (2019) (1,64-3,32 mg EAG/g), Kurt et al (2020) (1,99-6,81 mg EAG/g)

Par contre, pour la teneur en flavonoïdes la meilleure extraction était par le solvant éthanol de ($8,55 \pm 0,09$ mg EQ/g d'extrait) que par le solvant hexane qui est de ($4,728 \pm 0,11$ mg EQ/g d'extrait). Ce qui est supérieur aux résultats rapportés par Zhou et al. (2016) (5,8-8,04 mg EC/g), et dans l'intervalle des résultats obtenu par Lin et al. (2017) (7,14-13,54 mg EC/g). Cependant, nos valeurs restent inférieures à celles trouvées par Reshma et al(2013) (17,54-20,57 mg EC/g) et par Samuel et Geneviève (2017) (18 mg EC/g).

II.1.15. Dosage de l'activité antioxydants

Ce test est recommandé au vu de sa facilité et sa précision vis-à-vis la mesure de l'activité antioxydante des différents extraits (extrait méthanolique, extrait éthanolique ...). En effet, il est largement utilisé dans l'étude de cette activité (**Hazzit. 2008**).

Activité de piégeage du radical DPPH•

Dans ce test, le radical DPPH• est réduit en DPPH-H en arrachant un atome d'hydrogène(H) à partir d'un antioxydant (AH). Cette réduction induit un changement de couleur, du violet au jaune, mesurable à 517 nm par un spectrophotomètre. Il est réalisé à température ambiante, ce qui élimine la possibilité de dégradation thermique des composés thermolabiles (Popovici et al.2009).

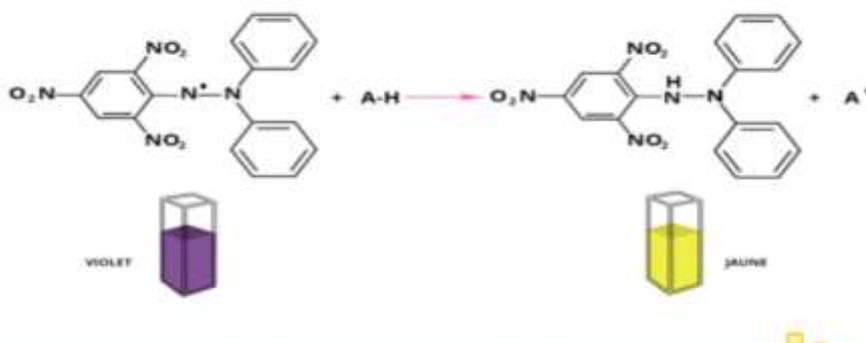


Figure 52 : Inhibition du radical DPPH• par un antioxydant (AH Berset C., 2006)

Tableau 30 : Tableau représentatifs des résultats obtenu d'activité de piégeage du radical DPPH•

Concentration	Résultats
5 mg/L	3,44% ± 0,35
25 mg/L	8,27% ± 0,91
50 mg/L,	7,37% ± 1,75
100 mg/L	4,53% ± 3,24
200 mg/L	6,61% ± 1,33
400 mg/L	49,34% ± 0,46
600 mg/L	33,75% ± 2,32
800 mg/L	38,48% ± 2,56

D'après le tableau 30 ci-dessus, on remarque que la capacité d'inhibition du radical DPPH+ par les extraits de farine de sésame est de 49,34% ± 0,46 .Les résultats obtenus ont permis de déterminer la concentration inhibitrice de 50% des radicaux (IC50).

II.1.16 Dosage des minéraux

Les taux des éléments essentiels constituant les poudres de graines de sésame sont déterminés par fluorescence X et sont représentés dans le tableau ci-dessous. Les résultats montrent des niveaux variables de Macro et de microéléments essentiels à l'utilisation de ces poudres.

Tableau 31 : Les résultats du dosage des minéraux des matières premières et les mélanges

Eléments	Semoule	FS	FS à 5%	FS à 10%	FS à 15%	FS à 20%	FS à 25%	FS à 30%
Mg	2.9341	3,724	3.2359	3.2359	3.1092	3.4048	3.3036	3.2317
Ca	9.8619	54,3095	27.5165	27.5165	31.1584	33.0253	37.7035	41.6164
Fe	1.1653	2,9716	1.6504	1.6504	1.938	1.9015	1.6367	1.6314
Zn	1.0775	1,5456	1.2432	1.2432	1.0657	1.2418	1.2495	1.2181

FS: farine de sésame, Mg : magnésium, Ca : calcium, Fe : fer, Zn : zinc

D'après les résultats obtenus des matières premières ; semoule de blé dur contient à un taux de 2.9341g de Magnésium (Mg), 9.8619g de calcium (Ca), 1.0775g de fer (Fe) et de 1.1653g de zinc (Zn).

Comparant aux résultats de la farine de sésame on remarque qu'elle contient un taux plus élevée que la semoule de blé dur ; 3,724 de Magnésium (Mg), 54,3095 g de calcium (Ca), 2,9716 g de fer (Fe) et de 1,5456 g de zinc (Zn)

Suivant les recherches de Sene et al. 2018, il a trouvé des résultats intéressantes, où la concentration moyenne en g de matière sèche du calcium (630,42) est plus élevée, suivie de celle du, (390,59) en magnésium, après une valeur de (10,50) en fer, et en fin du zinc (6,54).

Ce qui nous laisse faire la conclusion que cas la farine de sésame est plus riche en nutriments ; Mg, Ca, Fe, et Zn que la semoule. Au fur et à mesure que le taux d'incorporation augmente, la teneur en Mg, Ca, Fe, Zn est important, cette proportion est due essentiellement à la richesse de la farine de sésames en ces derniers.

II.1.17 Analyse microbiologique

Tableau 32 : Résultat d'analyse microbiologique des matières premières.

Matière première	Germe recherchés	Résultats
Semoule	Moisissures	Absence
	Anaérobies sulfite –réducteurs	Absence
	Escherichia coli	Absence
	Bacillus cereus	Absence
	Staphylocoques a coagulase +	Absence
Farine de sésame	Escherichia coli	Absence
	Moisissures	Absence
	Salmonella	Absence
Norme algériennes	≤100 germe/ml	≤100 germe/ml

Les résultats microbiologiques montrent l'absence totale de ; Anaérobies Sulfite – réducteurs, Escherichia coli, Bacillus cereus, Staphylocoques a coagulase + dans notre semoule, en ce qui concerne les moisissures, quelques colonies de celle-ci sont présentes mais avec une quantité négligeable. Ces résultats montrent que la semoule a une qualité microbiologique acceptable et conforme aux dispositions réglementaires en vigueur.

Pour les résultats de la farine de sésame ; une absence totale de Salmonella, Moisissures, ainsi que Escherichia coli, ce qui indique une qualité microbiologique conforme à la réglementation.

II.1.18 Caractéristiques de l'huile de sésame

Tableau 33 : Teneur des acides gras de l'huile de sésame

Pic	Acides gras	Noms	%
1	C16	Acide palmitique	10,33
2	C16:1 ω-7	Acide palmitoléique	0,012
4	C18:0	Acide stéarique	8,34
5	C18:1 ω-9	Acide oléique	42,247
6	C18:2 ω-6	Acide linoléique	38,55
7	C18:3 ω-3	Acide α-linolénique	0,311
8	C20:0	Acide arachidique	0,065
9	C20:1 ω-9	Acide gadoléique	0,061
10	C22:0	Acide béhénique	0,056

L'analyse du profil en acides gras a permis d'identifier 10 acides gras dans l'huile de sésame. Le tableau ci-dessus représente la composition des acides gras de type C16 :0, C18 :0, C18 :1, C18 :2. L'analyse chromatographique en GC/MS, montre la présence des quatre acides gras comme constituant majoritaire (C16 :0, C18 :0, C18 :1, C18 :2) respectivement Acide palmitique, Acide stéarique, Acide oléique et linoléique. L'observation des proportions relatives aux acides gras identifiés et dosés, confirme qu'elles sont conformes aux valeurs données par Codex (1983), par conclusion, notre huile extraite à froid est de nature sésame (oléique-linoléique).

L'acide oléique est le composant principal des acides gras représentant 42,247 des acides gras totaux, suivi de l'acide linoléique (38,55 %), l'acide palmitique (10,33%), l'acide stéarique (8.34%) et Acide α -linoléique (0,311 %).

Were et ses collaborateurs (2006) ont montré que la teneur en huile a été associée positivement avec les acides stéarique et oléique, mais avait une relation inverse avec les acides palmitique et linoléique. Bien que l'huile de sésame contient près de 85% d'acides gras insaturés, elle est connue pour être très résistante au rancissement oxydatif et peut être conservée pendant de longues durées (**Abou-Gharbia et al.2000**). Cette stabilité spécifique est aussi associée à La présence d'antioxydants de type lignanes naturels (**Sene al. 2018**). Les niveaux élevés d'acides gras polyinsaturés (AGPI) et insaturés (AGS) augmentent la qualité de l'huile pour la consommation humaine (**Mondal et al.2010**).

Tableau 34 : Analyse des propriétés de l'huile de sésame

Propriétés	Huile de sésame	Norme de Codex Alimentarius
Acidité (%)	1,33	1,8-max
Indice de réfraction	1,476	1,474-1,477
Indice de Saponification (mg KOH/g CG)	8 ,34	10 max
Densité relative (20°C/eau à 20°C)	0.918	0,915 -0,924
Indice de saponification (mg KOH/g huile)	188.14	186 -195
Indice d'Iode (g d'iode/100g de CG)	111.12	104 -120

On remarque d'après le tableau ci-dessus que tous les résultats sont conformes aux normes du codex alimentarius, donc on peut conclure que notre huile de sésames est de bonne qualité

II.2 Caractéristiques des pâtes alimentaires

Tableau 35 : Résultat récapitulatif sur les analyses effectuées sur les pâtes alimentaires.

Pâtes Paramètres		Témoin	Enrichie 5%	Enrichie 10%	Enrichie 15%	Enrichie 20%	Enrichies 25%	Enrichies 30%
Indice De coloration	Indice de jaune(b)	23.55	19.62	18.69	19.45	18.76	18.22	17.99
	Indice de brun (100-L)	0.05	0.46	0.9	1.33	1.87	2.21	2.61
	Clarté (L)	80.55	78.97	76.73	76.79	75.46	73.55	71.33
Gerçures		Absence	Absence	Absence	Absence	Présence	Absence	Présence
piqûres	Blanches	faible	Trace	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Faible	Faible
	Brune	Moyenne	Faibles	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible
	Noires	Absence	Trace	Trace	Faible	Faible	Faible	Faible
Couleur		Jaune ambré	Beige	Beige	Beige maronnée	Marron claire	marron	Marron
Aspects		Lisse	Lisse	Lisse	Rugeuse	Rugeuse	Rugeuse	Rugeuse
Odeur		Agréable	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable	Agréable
Gout		Non acide	Non acide	Non acide	Non acide	Non acide	Non acide	Non acide
Teneur en eau (%)		11,21±0,0 2	11,51±0, 02	11,175±0 ,02	11,08±0,02	10,625 ±0,03	10,17±0, 00	10,055±0 ,00
Taux de cendre (%)		0,772±0,0 2	0,52±0,15	1,38±0,00	1,51±0,02	1,56±0, 05	1,96±0,0 0	2,215±0, 00
Taux de protéines(%)		15,045±0, 31	16,07±0, 33	16,88±0,3 3	17,335±0, 30	17,68± 0,16	18,27±0, 22	20±0,18
Taux de lipides (%)		0,99	4,21	6,34	8,62	11,45	12,935	16,29
Test de cuisson	Temps de cuisson(mn)	15	10	9	8	8	7	6
	Poids avant caisson (g)	100	100	100	100	100	100	100
	Poids après cuisson (g)	283,1	299,7	299,3	289,9	326,6	332,8	341,9
	Volume finale	1480ml	1580ml	1550 ml	1500ml	1530ml	1310ml	1390ml
	Volume d'eau absorbé	520 ml	420ml	570 ml	500ml	470ml	690ml	610ml
	Poids d'extrait sec	0.119	0.1865	0.2995	0.3225	0.4095	0.3045	0.4855
	Aspect de l'eau	Peu trouble	Peu trouble	Peu trouble	Peu trouble	Trouble	Trouble	Trouble
	Couleur d'eau de cuisson	Jaune citron	Jaune citron claire	Jaune citron claire	Laiteux	Blanc	Laiteux	Laiteux
	Perte a la cuisson (g/100gms)	7,93	13,31	19,28	21,76	28,04	17,76	30 ,01
	capacité de fixation d'eau	226.45	265.62	661.98	282.98	369.44	323.01	403.60
Etat de surface		Peu collante	Bon	Bon	Collante	Collante	Collante	Collante

II.2.1. Teneur en eau

Selon DUBOIS (1996), la teneur en eau est d'une importance capitale dans la conservation des pâtes alimentaires, elle dépend principalement des conditions de déroulement du séchage. Les teneurs en eau des pâtes alimentaires sèches doivent être inférieures à 12,5% à la fin du séchage

D'après les résultats obtenus par Junqueira et al, en 2017 qui sont d'une moyenne de 11.324 ± 0.024 nos résultats sont conformes ils varient entre $11,51 \% \pm 0,02$ et $10,08 \% \pm 0,00$; ce qui confirme que les pâtes ont bien séchées.

II.2.2. Teneur en cendres

Selon Joubert et al (2016), le taux de cendres est de (0,65 – 1) et que cette teneur ne doit pas excéder 1% dans les pâtes alimentaires.

Le résultat obtenu pour les pâtes témoin et enrichies à 5% sont $0,772\% \pm 0,02$ et $0,52 \pm 0,15\%$ donc ils sont dans les normes par contre dès qu'on augmente le pourcentage d'enrichissement les valeurs augmentent à $1,38\% \pm 0,00$ et $2,215\% \pm 0,00$. Cela confirme que notre farine de sésame est riche en minéraux.

II.2.3. Teneur en protéines

Les teneurs en protéines des pâtes alimentaires rendent compte de leur valeur nutritive et jouent un rôle déterminant dans la qualité culinaire.

D'après Animashuan (2017), les pâtes peuvent contenir entre 11% et 15% de protéines. Les teneurs en protéines des pâtes rendent compte de leur valeur nutritive et jouent un rôle déterminant dans la qualité culinaire notamment, la fermeté du produit cuit.

Les teneurs en protéines des pâtes présentées dans le tableau, ont des valeurs supérieures aux normes. Pour le témoin le résultat obtenu est de $15,045\% \pm 0,31$ et nous remarquons que la teneur en protéine augmente avec l'augmentation du taux d'incorporation de la farine de sésame qui se varie de $16,07 \pm 0,33$ à $20\% \pm 0,18$.

II.2.4. Teneur en lipide

D'après le tableau n°36, les échantillons des pâtes alimentaires, présentent des teneurs variables en lipides : de 0,99 % pour le témoin, 4,21% pour les pâtes enrichies à (5%), et augmente jusqu'à 16,29% pour les pâtes de (30%).

Les résultats obtenus montrent que les lipides dans les pâtes alimentaires sont à l'état de traces difficilement mesurables, et qui ne dépasse pas 1,5% dans pâtes alimentaires (Animashuan.2017)

II.2.5. L'aspect des pâtes crues

Il est déterminé par plusieurs facteurs:

Le premier critère c'est la coloration, qui dépend en grande partie des caractéristiques des blés mis en œuvre.

En outre les (gerçures, piqûres, texture superficielle) dépendent, à l'exception des piqûres noires, des conditions de travail des semouliers ou des pastiers. D'après FEILLET (2000), On considère généralement qu'une pâte alimentaire doit être claire avec une couleur de jaune-ambéré.

En réalité, la coloration est la somme d'une composante jaune, que l'on souhaite élevée, et d'une composante brune ou grise, que l'on souhaite la diminuer. Les constituants de la semoule qui déterminent la coloration des pâtes alimentaires sont bien connus :

-L'indice de jaune qui dépend de la quantité des pigments caroténoïdes présents dans la semoule et de l'activité d'enzyme (lipoxygénase) susceptible de détruire les pigments au cours de la pastification.

-L'indice de brun est en fonction de l'activité d'une autre catégorie d'enzymes (peroxydases). En effet, l'évaluation des indices de coloration à l'état cru permet d'apprécier la différence entre les pigmentations des pâtes issues des différents passages de semoules.

On constate dans la figure 53 que le témoin est de couleur jaune ambéré et claire comparant aux autres ou a fur et à mesure ils deviennent plus foncer en raison de l'incorporation de la farine de sésame.



Figure 53 : Photo représentatives des pâtes alimentaires crues (originale)

Une autre évaluation visuelle, en zoomant sur l'aspect de nos pâtes qui dépend surtout de la nature des moules utilisés, on remarque le témoin et les pâtes alimentaires enrichies à 5% et 10% et 15% ont un aspect plus lisse que les enrichissements de 20%, 25% et 30% qui ont un aspect rugueux. Avec une absence de gerçures à l'exception des pâtes enrichies à 20% et 30%.

Ainsi la présence moyenne de piqûres blanches, brunes et noires dans les incorporations à l'exception du témoin qui ne présente que les piqûres noires (Tableau 36).

D'après ABECASSIS (1996), l'absence des gerçures se traduit par l'absence de fêlures dans les pâtes sèches, d'où un séchage irréprochable, une forte résistance à l'emballage et une qualité culinaire suffisante.

Selon FREDOT (2005), les piqûres blanches proviennent des mauvaises conditions de pastification (hydratation, malaxage, séchage) ; les spécialistes ont l'habitude à les nommer « Points blancs ». Les piqûres brunes, ce sont des particules de son non éliminées au cours de la mouture. Les piqûres noires peuvent provenir de blés mouchetés non éliminés au cours du nettoyage, que l'on retrouve broyé dans les semoules.

II.2.6. Test de cuisson

La qualité culinaire dépend des caractéristiques des blés mis en œuvre (selon les conditions de culture de la variété), de la pureté des semoules (taux d'extraction) et des conditions de fabrication des pâtes. La cuisson d'une pâte alimentaire vis à gélatiniser l'amidon pour le rendre digestible, modifier la texture des pâtes de manière à leur conférer les caractéristiques souhaitées par le consommateur, à amener les produits à la température désirable. Le comportement des pâtes au cours de la cuisson peut être très différent d'un produit à un autre. Dans son acception la plus large, la notion de qualité culinaire des pâtes regroupe l'ensemble des caractéristiques suivantes : temps de cuisson, absorption d'eau pendant la cuisson, texture des produits cuits (fermeté, élasticité), état de surface des produits cuits, arôme et goût (**Feillet. 1986**).

a) Temps de cuisson

En se référant au tableau 36, on constate qu'il y a une corrélation positive entre la teneur en protéines totales et le temps de cuisson. En effet, selon Lorenz et al. (1972), plus la teneur en protéines n'est élevée, plus le temps que met l'eau pour traverser la trame protéique pour gélatiniser l'amidon est long.

- Le temps de cuisson des pâtes à 100% semoule est de 15mn.
- Une diminution du temps de cuisson pour les pâtes enrichies par la farine de sésame avec 10mn pour 5% d'enrichissement, de 9 mn pour 10%d'enrichissement ,8 mn pour 15 et 20% d'enrichissement ,7mn pour 25% d'enrichissement et 6 mn pour 30% d'enrichissement.

Ces résultats indiquent que l'incorporation de la farine de sésame dans la fabrication les pâtes alimentaires diminue le temps de cuisson de ces pâtes, car la farine demande un temps de cuisson moins long par rapport à celui de la semoule de blé dur ainsi cela est dû à leur richesse en protéines qui forment un réseau insoluble, renfermant dans ses maille les granules d'amidon.

b) Perte de cuisson

La perte de cuisson est le paramètre le plus important dont il faut tenir compte car il détermine la tenue des pâtes, et grâce à cette analyse, on détermine les pertes de substances dans l'eau de cuisson, qui doit rester aussi limpide que possible.

D'après Okandza (2000), la perte à la cuisson renseigne sur le degré de désintégration des pâtes à la surcuisson et qui s'explique par une dénaturation des protéines (rupture des liaisons disulfures, hydrogène, hydrophobes et ioniques sous l'action de la température) qui précède la gélatinisation de l'amidon et qui se traduit par un relâchement du réseau protéique laissant diffuser l'amylose solubilisé hors des grains ; ce qui induit une diminution indéniable de la qualité culinaire (pâtes collantes) et nutritionnelle.

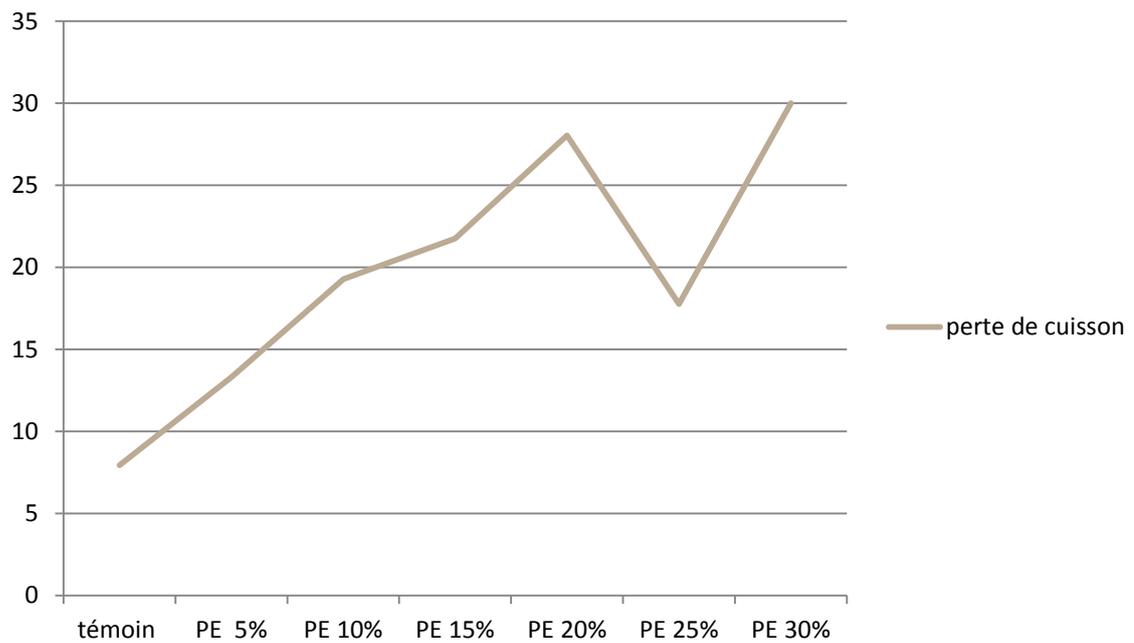


Figure 54 : Courbe de variation de la perte à la cuisson des pâtes en fonction des pâtes alimentaires enrichies

c) Gonflement des pâtes

Le gonflement est l'absorption d'eau pendant la cuisson. Ce paramètre influe directement sur le poids des pâtes cuites.

D'après nos résultats tableau 36, la capacité d'hydratation de nos pâtes enrichies est de 226,45% à 661,98 %. On remarque que les pâtes ayant un temps de cuisson élevé présentent des capacités de rétention plus faibles.

Selon DUSKIEWIEZ et al (1988), plus la trame protéique qui contrôle la vitesse de gélatinisation et le degré de gonflement des granules d'amidon est importante, plus la capacité de fixation d'eau diminue.

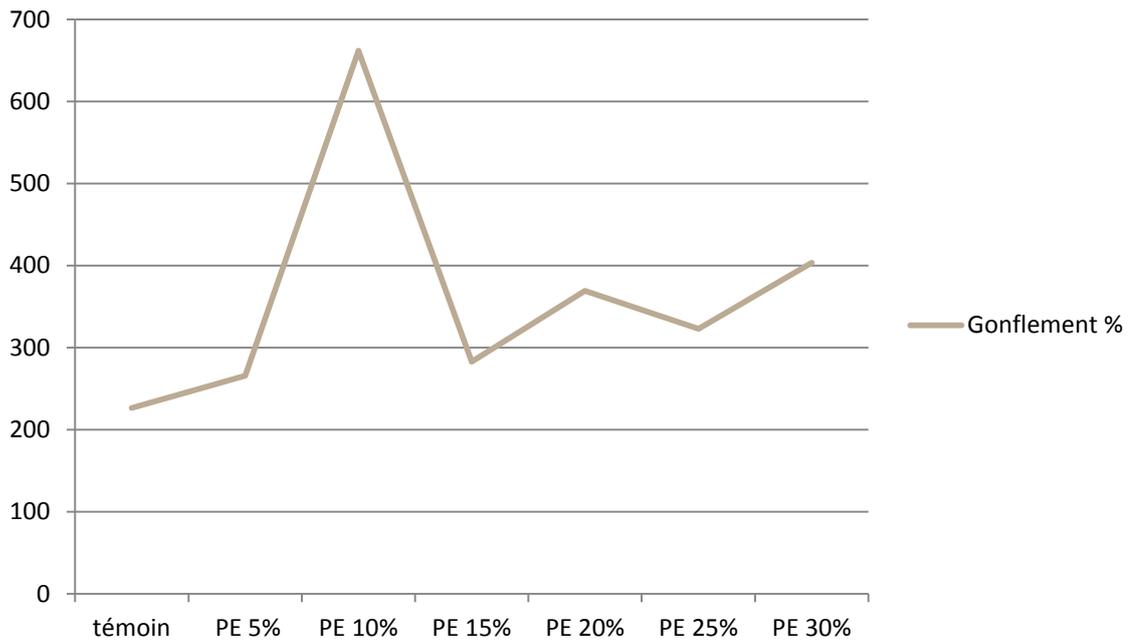


Figure 55 : Courbe de variation de gonflement en fonction des pâtes alimentaires enrichies

d) L'état de surface des pâtes

L'état de surface ou de désintégration des produits recouvre les notions de collant (prise en masse, degré d'adhésion des brins entre eux) et de délitescence (aspect plus ou moins lisse des produits cuits).

D'après nos résultats (Figure 56, 57 et 58), nous remarquons que l'état de surface de nos pâtes est satisfaisant pour les pâtes témoin et enrichis de 5% et 10%,15% mais collant avec celles de 20% ,25% et 30%.

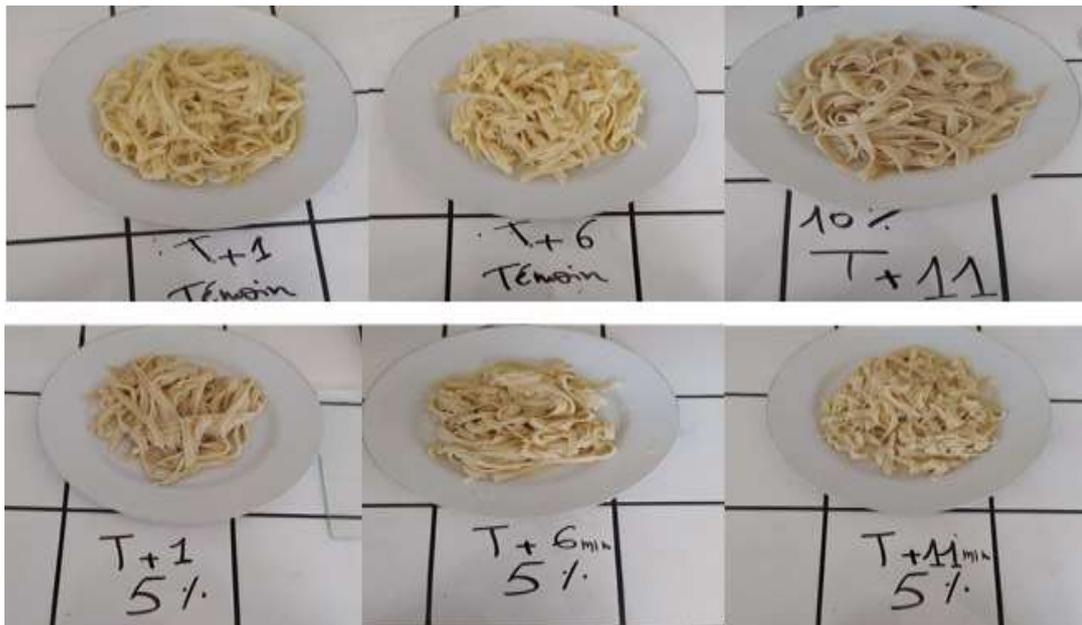


Figure 56 : Photo représentative des pâtes alimentaires témoin et enrichies à 5% de farine de sésame après cuisson (originale)

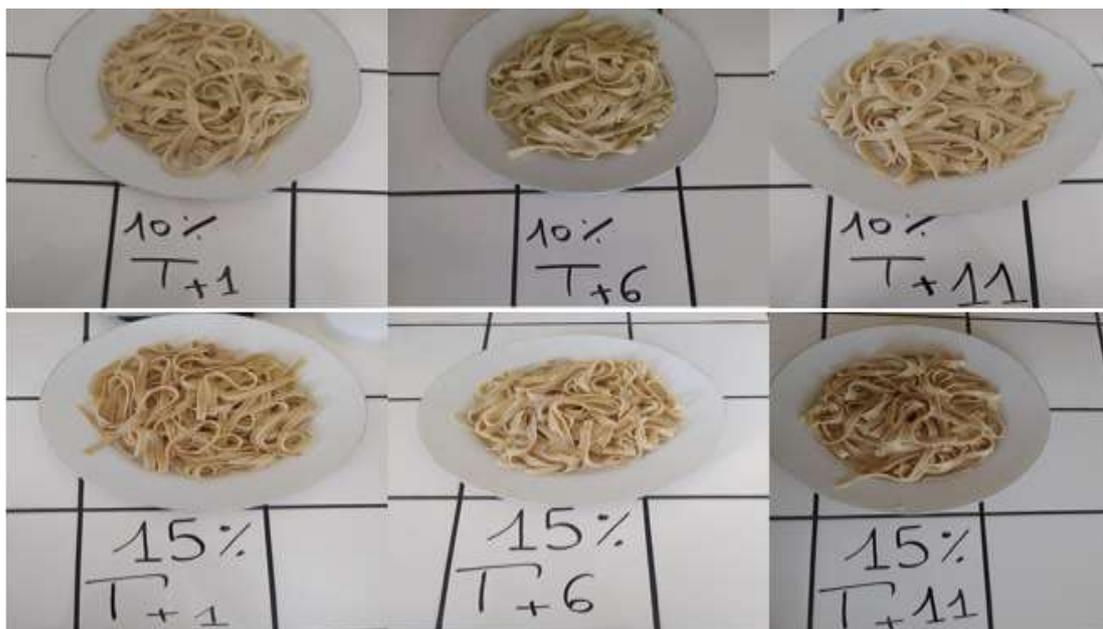


Figure 57 : Photo représentative des pâtes alimentaires enrichies a 10 et 15% de farine de sésame après cuisson (originale)

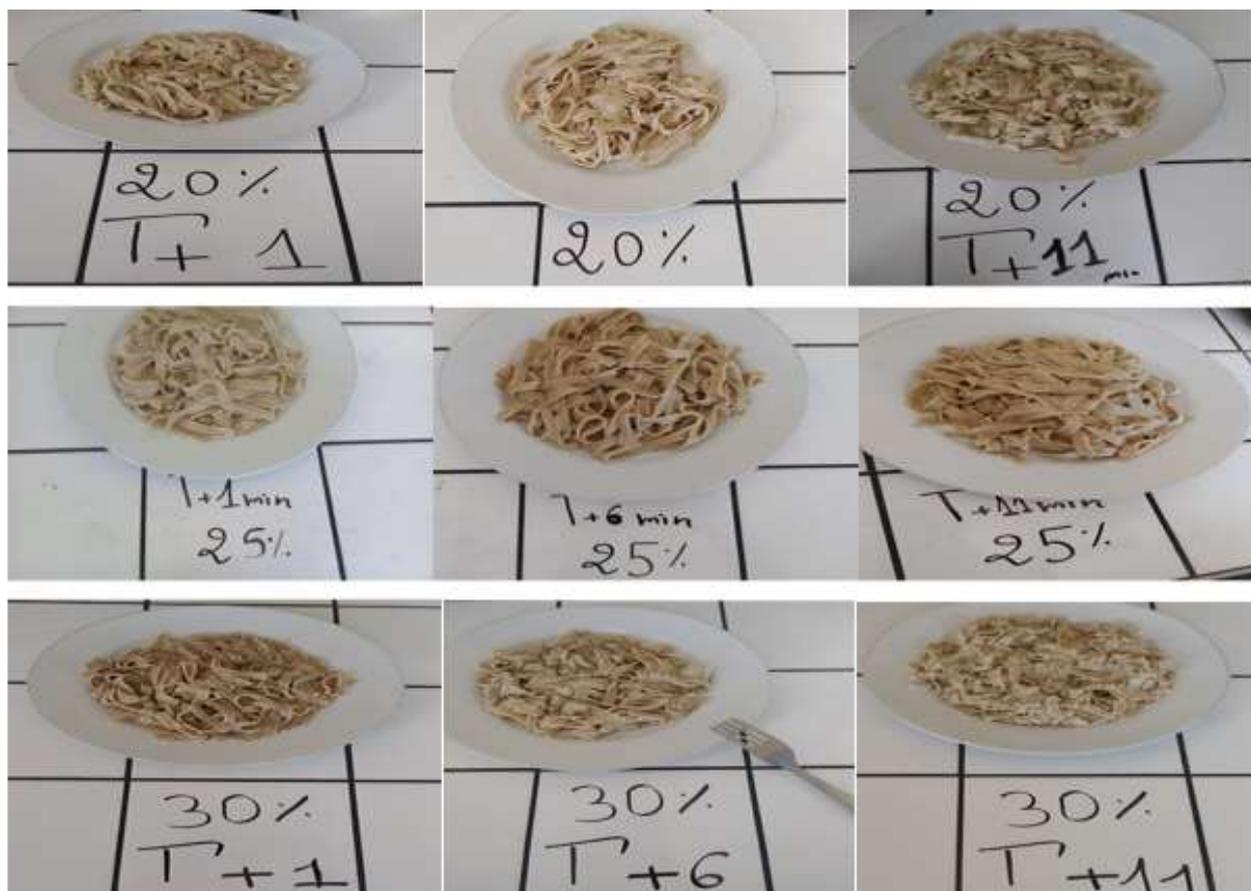


Figure 58 : Photo représentative des pâtes alimentaires enrichies 20, 25 et 30 % de farine de sésame après cuisson (originale)

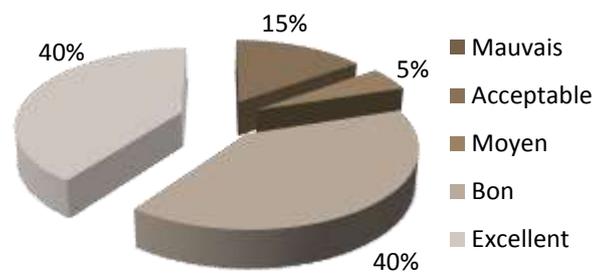
II.2.7 Analyses sensorielles

Tableau 36 : Les résultats de l'analyse sensorielle des différents échantillons de pâtes alimentaires

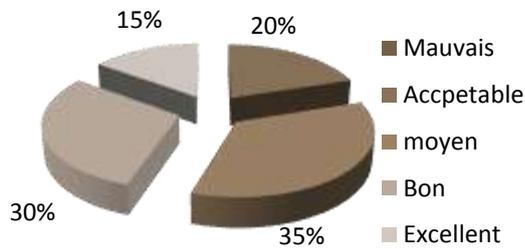
Produits		P Témoin	P 5%	P 10%	P 15%	P 20%	P 25%	P 30%
Caractéristiques		Nombre de réponses de la fiche de dégustation						
Couleur	Mauvais	0	0	0	0	1	5	6
	Acceptable	3	4	3	5	9	7	5
	Moyen	1	7	6	9	5	2	4
	Bon	8	6	8	3	3	4	2
	Excellent	8	3	3	3	2	2	3
	Totale	20	20	20	20	20	20	20
Odeur	Mauvais	0	0	0	0	0	0	0
	Acceptable	2	0	0	0	0	0	0
	Moyen	2	0	0	0	0	0	0
	Bon	6	10	8	8	5	4	2
	Excellent	10	10	12	12	15	16	18
	Totale	20	20	20	20	20	20	20
Texture	Mauvais	0	0	0	2	11	8	15
	Acceptable	1	0	0	6	5	2	3
	Moyen	4	1	5	1	3	3	2
	Bon	6	7	7	6	1	2	0
	Excellent	9	12	8	5	0	5	0
	Totale	20	20	20	20	20	20	20
Gout	Mauvais	0	0	0	0	0	0	1
	Acceptable	3	3	2	0	1	4	6
	Moyen	9	2	1	2	5	7	7
	Bon	7	8	7	9	2	5	3
	Excellent	1	7	10	9	12	4	3
	Totale	20	20	20	20	20	20	20

a) Couleur

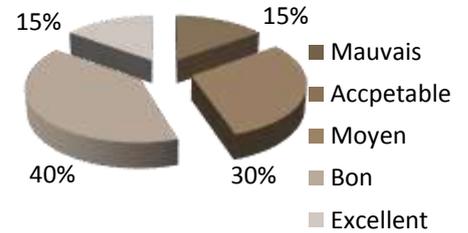
D'après la figure 59 en matière de couleur de les produits finis, la case excellente a été

Figure 59 : Taux d'acceptabilité de la couleur pour les pâtes alimentaires enrichies

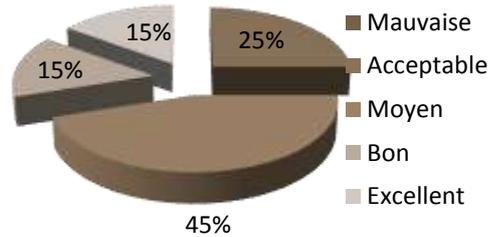
Taux d'acceptabilité de la couleur des P Témoin



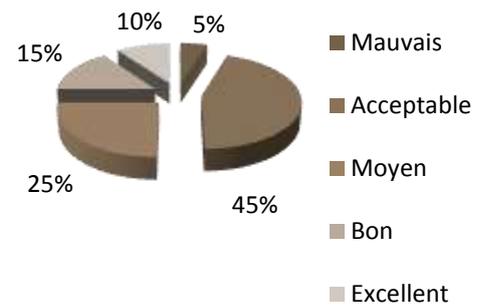
Taux d'acceptabilité de la couleur des P 5%



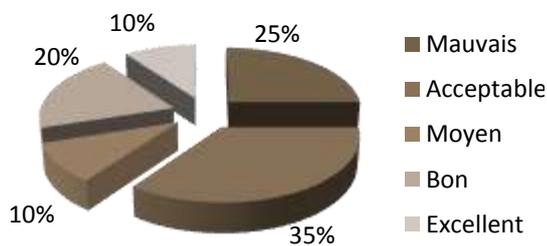
Taux d'acceptabilité de la couleur des P 10%



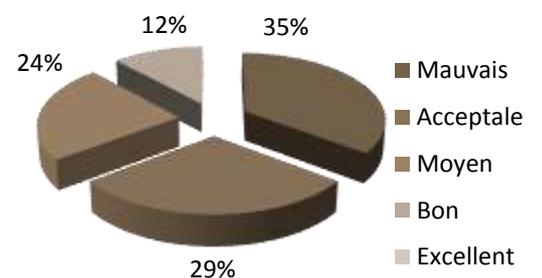
Taux d'acceptabilité de la couleur des P 15%



Taux d'acceptabilité de la couleur des P 20%



Taux d'acceptabilité de la couleur des P 25%



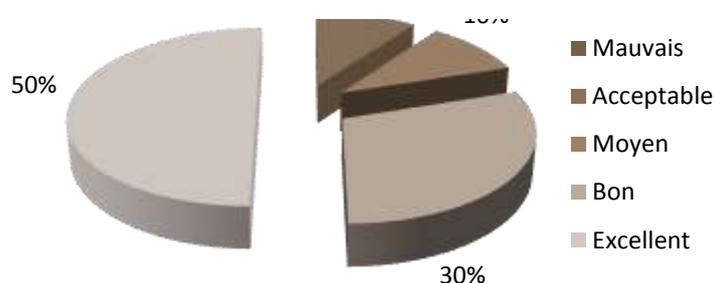
Taux d'acceptabilité de la couleur des P 30%

Figure 59 : Taux d'acceptabilité de la couleur pour les pâtes alimentaires enrichies

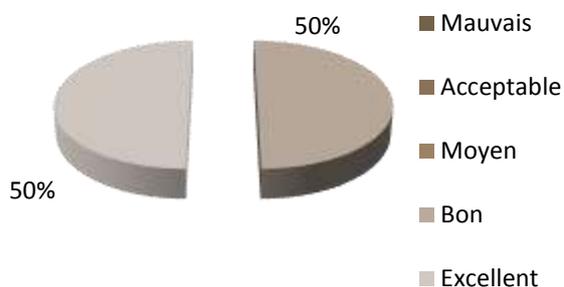
b) Odeur

La figure 60 montre le taux d'acceptabilité de l'odeur des produits finis, 50% du jury ont trouvé que l'odeur de PT et PE 5% étaient excellentes, alors que 60% partage cette avis sur PE 10% et PE15% à la fois, un pourcentage de 76% pour PE20% ,80% pour PE 25% et pour les PE 30% la plus grand vote de 90%.

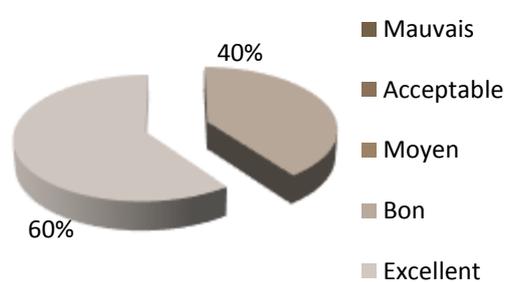
L'avis que l'odeur étaient bonne a pris le grand lot de jury, 30% ont tranché pour les PT, 50% 40% ,40%,25%,20%,10%l'ont exprimé pour les PT, PE5%, PE10, PE15%, PE20%, PE25% et PE30% respectivement.



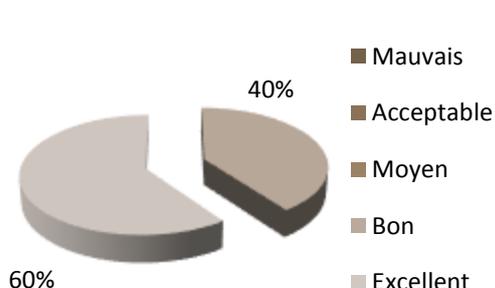
Taux d'acceptabilité de l'odeur des P Témoin



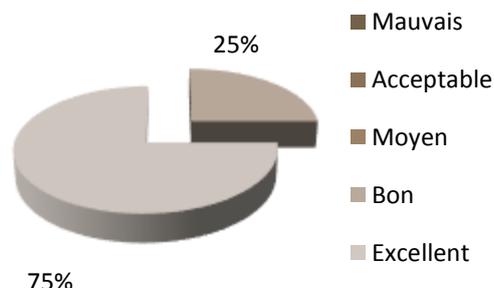
Taux d'acceptabilité de l'odeur des P 5%



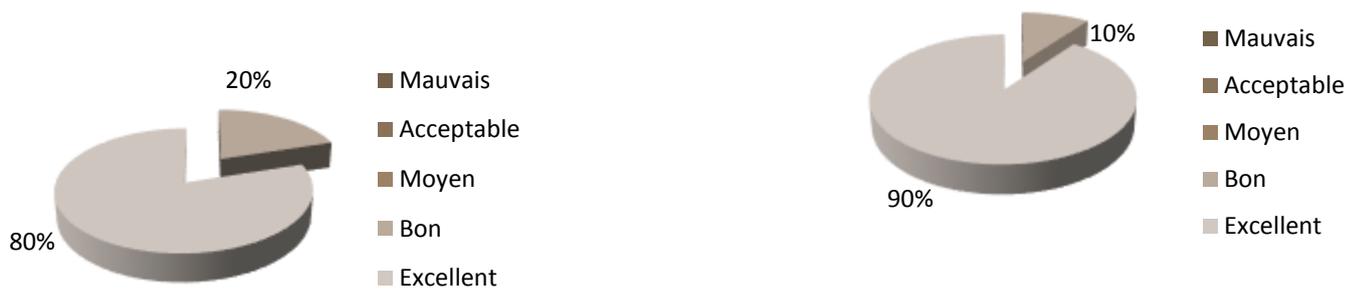
Taux d'acceptabilité de l'odeur des P 10%



Taux d'acceptabilité de l'odeur des P 15%



Taux d'acceptabilité de l'odeur des P 20%



Taux d'acceptabilité de l'odeur des P 25%

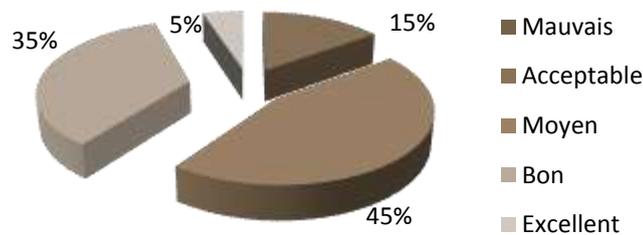
Taux d'acceptabilité de l'odeur des P 30%

Figure 60 : Taux d'acceptabilité de l'odeur pour les pâtes alimentaires enrichies.

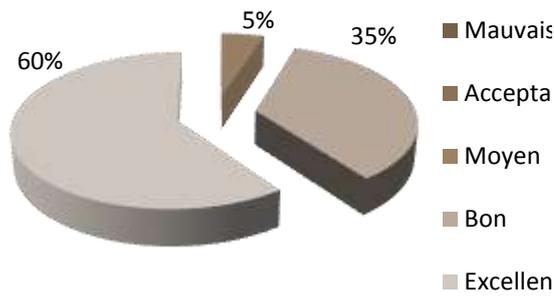
c)Texture

La figure 61 montre le taux d'acceptabilité de la texture de nos produits finis. La texture était jugée Excellente avec 45 % par l'ensemble de jury pour les PT et de 60% , 45%, 25%, 25% pour PE5%, PE10, PE15%,et PE25% respectivement , aucune case a étai cochée pour les PE 20% et 30%

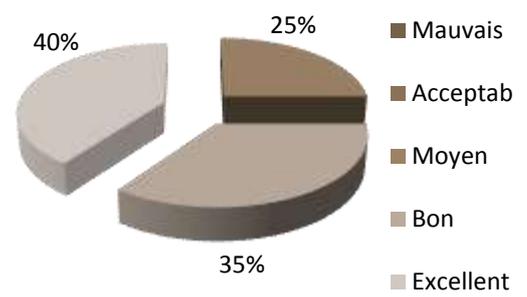
La texture des PT et PE5%, PE10, PE15%, PE20%, et PE25% a été jugée Bonne à raison de 30%, 35%, 35%, 30%,5%,10% et de 58,82% respectivement et aucune case a étai coché pour PE 30%



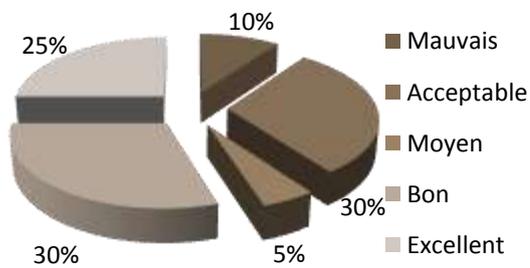
Taux d'acceptabilité de la texture des P Témoin



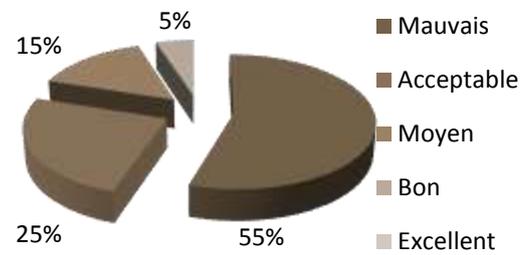
Taux d'acceptabilité de la texture des P 5%



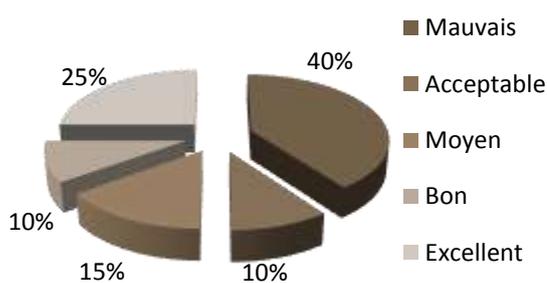
Taux d'acceptabilité de la texture des P 10%



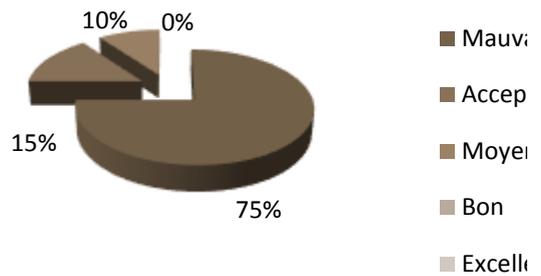
Taux d'acceptabilité de la texture des P 15%



Taux d'acceptabilité de la texture des P 20%

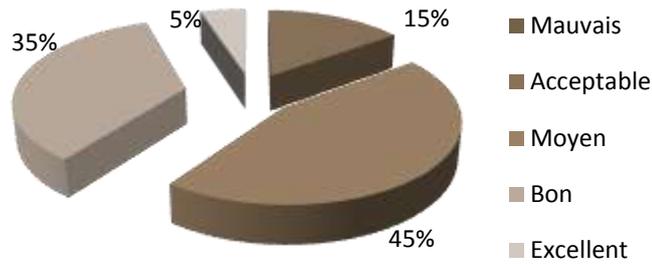


Taux d'acceptabilité de la texture des P 25%

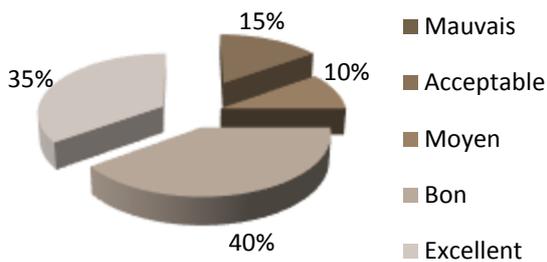


Taux d'acceptabilité de la texture des P 30%

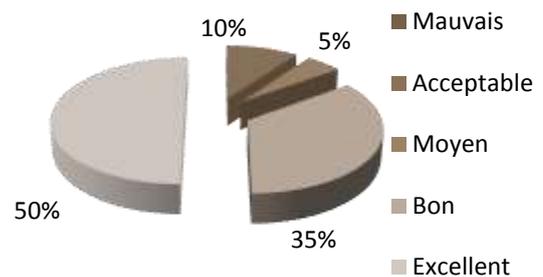
Figure 62 : Taux d'acceptabilité de la texture pour les pâtes alimentaires enrichies



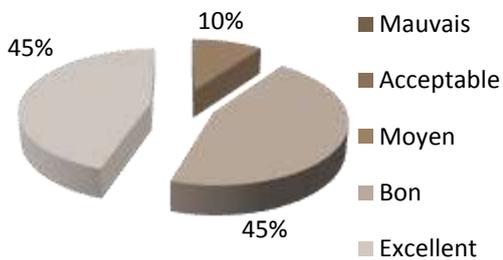
Taux d'acceptabilité du goût des P Témoin



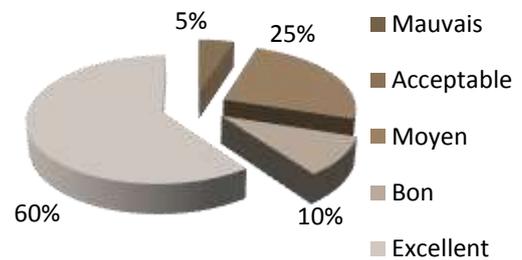
**Taux d'acceptabilité de goût
des P 5%**



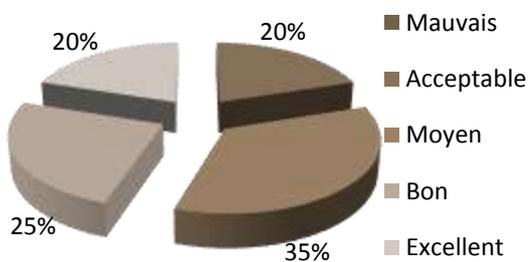
**Taux d'acceptabilité de goût
des P 10%**



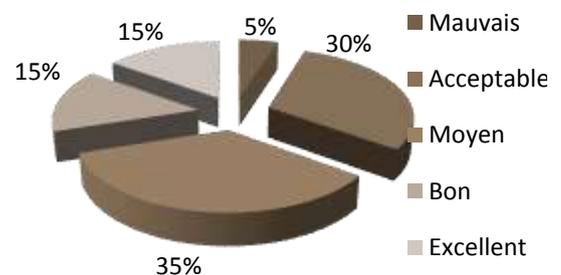
**Taux d'acceptabilité de goût
des P 15%**



**Taux d'acceptabilité de goût
des P 20%**



**Taux d'acceptabilité de goût
des P 25%**



**Taux d'acceptabilité de goût
des P 30%**

Figure 63 : Taux d'acceptabilité de goût pour les pâtes alimentaires enrichies

d) Gout

La figure 62 montre le taux d'acceptabilité de la texture de nos produits finis.

Le gout a été jugé Excellente avec 5% par l'ensemble de jury pour les PT et de 35% ,50%, 45%, 60%, 20% et 15% pour PE5%, PE10, PE15%, PE20%, PE25% et PE30% respectivement.

Le gout des PT et PE5%, PE10, PE15%, PE20%, PE25% et PE30% a été jugée Bonne à raison de 35%, 40%, 35%, 45%,10%,25% et 15% respectivement

e)Acceptation globale

Nous constatons d'après analyse effectuées que les pates enrichis par 15% de farine de sésame ont été plus appréciées par le jury que les autres pates enrichies.

II.2.8. Analyses microbiologiques

Tableau 37 : Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les pâtes alimentaires témoin et enrichies

Paramètre	Résultat						
Pourcentage	Témoin	5%	10%	15%	20%	25%	30%
Moisissures	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Salmonella	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
E coli	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
ASR	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Norme Algériennes	≤100 germe/ml	≤100 germe/ml					

D'après les résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les pâtes alimentaires à différents taux d'incorporation (0%,5% 15%,20% ,25% et 30%), nous remarquons une absence totale des moisissures et des clostridium sulfito-réducteurs.

On peut donc conclure que les échantillons des pâtes alimentaires à différents taux d'incorporation sont de qualité satisfaisante et présentent une bonne qualité microbiologique.

II.2.9 La qualité nutritionnelle

D'après le tableau 38, l'enrichissement pâtes alimentaires en farine de sésame a un effet positif sur sa qualité nutritionnelle menant à une augmentation de la valeur énergétique par rapport à les pâtes alimentaires témoin à (0%).

Tableau 38 : La détermination de la valeur nutritionnelle et énergétique des échantillons étudié

Echantillon étudiés	Qualité nutritionnelle						
	PAT	PE 5%	PE 10%	PE 15%	PE 20%	PE 25%	PE 30%
Protéines totales	15,045	16,07	16,88	17,335	17,68	18,27	20,158
Glucides totaux	28,022	67,69	64,285	61,45	58,686	56,665	51,44
Lipides	0,99	4,21	6,34	8,625	11,45	12,935	16,29
Valeur énergétique	Valeur énergétique (kcal) = 4 glucides + 4 protéines + 9 lipides						
	181,178 Kcal	360,93 Kcal	381,72 Kcal	392,77 Kcal	408,51 Kcal	416,155 Kcal	432,37 Kcal
	758 K	1511 KJ	1598 KJ	1644 KJ	1710 KJ	1742KJ	1810KJ
PAT: pâtes alimentaires témoin,			PE : pâtes enrichie a 5%,10%,15%,20%,25%et 30%				

L'enrichissement des pâtes alimentaires par la farine de sésame avait un effet positif sur la qualité nutritionnelle, cela est constaté par l'augmentation de la valeur énergétique des pâtes enrichis,

Les valeurs énergétique étaient de 181,178 Kcal/100g, augmenté vers 360,93 Kcal avec un enrichissement 5%, arrivent a une valeur de 432,37Kcal pour un enrichissement de 30% de farine de sésame.

Conclusion
Et
Perspectives

Conclusion

L'objectif de cette présente étude est l'élaboration d'un produit à base de blé dur et d'un ingrédient très utilisé dans la cuisine Algérienne tel que les gateaux et le pain vu sa bonne saveur ; la graine oléagineuse sésame (*Sesamum indicum*). Il s'agit des pâtes alimentaires enrichies par la farine de sésame, cette dernière possède de divers éléments nutritionnels.

La farine de sésame est un aliment énergétique , sa richesse en protéine qui atteint une valeur de $13,44\% \pm 0,15$, d'intéressante teneur en lipide $57,06\% \pm 7,90$, et en glucide $24,944\%$ dont la teneur en sucres totaux est $1,45 \pm 0,00$ mg/ml, qui lui confère une valeur élevée sur le plan énergétique, soit $640,07$ kcal/100g.

La farine de sésame est aussi riche sur le plan nutritionnelle , elle contient $15,49\% \pm 5,17$ de fibres totaux ,environ $2\% \pm 0,00$ de cellulose , d'importante teneur en minéraux ; $3,724$ de Magnésium (Mg), $54,3095$ g de calcium (Ca) , $2,9716$ g de fer (Fe) et de $1,5456$ g de zinc (Zn) , L'évaluation de la composition en phénols totaux et en flavonoïdes des extraits en utilisant deux différents solvants ; éthanol et hexane a fourni $1,046 \pm 0,15$ mg AG/g d'extrait et $1,463 \pm 0,11$ mg AG/g d'extrait en phénols totaux ; et des teneurs en flavonoïdes de $8,55 \pm 0,09$ mg Eq/g d'extrait et $4,728 \pm 0,11$ mg Eq/g d'extrait respectivement.

Nous avons évalué l'activité antioxydant de la farine de sésame par le test du pouvoir de piégeage du radical DPPH. L'estimation de l'activité antioxydant a montré un faible pouvoir de piégeage des radicaux libres DPPH dont les valeurs, à une concentration maximale de 800 mg/L, sont $3,44\% \pm 0,35$ pour 5 mg, $8,27\% \pm 0,91$ pour 25 mg/L, $7,37\% \pm 1,75$ pour 50 mg/L, $4,53\% \pm 3,24$ pour 100 mg/L , $6,61\% \pm 1,33$ pour 200 mg/L , $48,95 \pm 0,46$ pour 400 mg/L , $33,75\% \pm 2,32$ pour 600 mg/L, $38,48\% \pm 2,56$ pour 800 mg/ ; les résultats obtenus ont permis de déterminer la concentration inhibitrice de 50% des radicaux (IC50).

Ces caractéristiques font d'elles un aliment fonctionnel, l'avantage se réside dans le fait que l'enrichissement en faible quantité permet de rétablir un rééquilibrage alimentaire sans risque toxique, cela rend son utilisation régulière en industrie agroalimentaire.

En ce qui concerne la partie expérimentale de notre étude , nous avons opté pour l'enrichissement de la farine de sésame a des taux de 5% , 10% , 15% , 20% , 25% et 30% dans des pâtes alimentaires

A cet effet, nous avons mené un travail qui consiste a analysé les ingrédients qui rentrent dans la composition de produits finis ; la semoule et la farine de sésame , et sur les pâtes

alimentaires témoin et enrichies par des analyse physico-chimique, technologique ,nutritionnelle , microbiologique et culinaire.

Les analyses effectuées sur les pâtes alimentaires ont prouvé l'effet positif de l'enrichissement de la farine de sésame ; cela se présente par l'amélioration de la valeur nutritionnelle . l'augmentation remarquable dans le taux de protéines qui étai de $15,045\% \pm 0,31$ dans le témoin et atteint un intervalle de $16,07\% \pm 0,33$ à $20\% \pm 0,18$ avec augmentation de pourcentage d'enrichissement. Notons aussi une augmentation de la valeur énergétique qui étaient de $181,178$ Kcal/100g, augmenté vers $360,93$ Kcal avec un enrichissement 5%, arrivent a une valeur de $432,37$ Kcal pour un enrichissement de 30% de farine de sésame. Le taux de matière grasse est en relation proportionnel avec le taux d'enrichissement.

Pour la teneur en eau dans les pâtes alimentaires, on remarque que l'addition de la farine de sésame a provoqué une diminution de l'humidité, ce qui favorise une augmentation de la durée de leur conservation.

Les analyses microbiologiques ont révélé une conformité de la farine de sésame, de la semoule ainsi les produits finis avec les normes rétablies.

En outre, nous avons réalisé une analyse sensorielle basé sur un test de dégustation afin d'évaluer le degré d'acceptabilité des produits et aussi pour voir l'effet de la farine de sésame sur le couleur, l'odeur, la texture et le gout de notre produit fini.

Nous constatons d'après les analyses effectuées que les pâtes enrichies par 15% de farine de sésame ont été plus appréciées par le jury que les autres pâtes enrichies.

En perspectives il serait très intéressant de :

- Encourager la production du sésame sur le territoire national.
- D'utiliser la méthode des plans d'expérience pour optimiser cette formulation.
- Faire une étude économique afin de pouvoir concrétiser ce projet sur le plan industriel.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

- ❖ AACC (1995) Approved Method of the AACC. 9 th Edition, American Association of Cereal Chemists, St. Paul.
- ❖ AACC Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th edition. St. Paul, Minn., USA. American Association of Cereal Chemists International, **2000**.
- ❖ Abbas S, Sharif M K, Abbas M S, Teferra T F, Nutritional and Therapeutic Potential of Sesame Seeds, Journal of Food Quality **2022**(1).
- ❖ ABECASSIS J., AUTRAN J. C. et FEILLET P., (26 Novembre 1996) : Blé dur. In colloque « perspectives blé dur » éd. ONIC, ITCF. France, p 26.
- ❖ AFNOR, Recueil de normes- contrôle de la qualité des produits alimentaires céréales et produits céréaliers. AFNOR/DGCCRF. 1991. 3ème édition. Paris. 360.
- ❖ Akintunde T Y T, Oke M O, Akintunde, B. O, Sesame Seed, **2012**.
- ❖ Al Shehry G A, Estimation of Semolina Partially Substitution by Wheat Germ Flour in Specific a KSA **2015**, Local Lovely Product.
- ❖ Alais C. Linden G., Miclot L, Biochimie alimentaire, **2003** ; Ed. MASSON.
- ❖ Algérien.Thèse de magistère, E.N.S.A., El-Harrach, Algérie **2012**.
- ❖ Andres L., Lebailly P. — Le sésame dans le département d'Aguié au Niger : analyse d'une culture aux atouts non-négligeables dans une zone agricole à forte potentialité 2013.
- ❖ Anilakumar K, Pal A, Khanum F, Bawa A. Nutritional, Medicinal and Industrial Uses of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Seeds - An Overview. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. **2010**, 75(4): 159-168.
- ❖ Animashaun O, Olorode O, Sofunde K S, Idowu M A, Quality Evaluation of Pasta Fortified With Roasted Sesame Flour, **2017**.
- ❖ Article Chemical Composition on the Seeds and Oil of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Grown in Congo-Brazzaville, **2009**.
- ❖ Article Genetic diversity of seed lipid content and fatty acid composition in some species of *Sesamum L.* (Pedaliaceae), **2007**.
- ❖ Avelin C, L'impact de la crise de la COVID-19 sur la consommation alimentaire en France : Parenthèse, accélérateur ou élément de rupture de tendances ?, direction Marchés, études et prospective, 2020.

B

- ❖ Babani S. I., Ogbaga C. C., Okolo D. et Mangse G. Bioactive Compound and Rubisco Analyses of Leaf and Seed Extracts of *Sesamum indicum*. **2019** 15th International Conference on Electronics, Computer and Computation.
- ❖ Ballerini, Daniel. Les Biocarburants, état des lieux, perspectives et enjeux du développement. Paris : **2006** Edition Technip,
- ❖ Bedigian, D. Characterization of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Germplasm: A Critique. *Genetic Resources and Crop Evolution*, **2010**, 57, 641-647.
- ❖ Benbelkacem A, Sadli, f. brinis, la recherche pour la qualité des blés durs en Algérie in : la qualité du blé dur dans la région méditerranéenne 1995.
- ❖ Benmouna A, Mémoire étude des activités antimicrobienne et antioxydant de deux huiles végétales, **2020**.
- ❖ Berset C, Antioxydants phénoliques. Structures, propriétés, sources végétales. In Les
- ❖ Biswa T K, Sana N K, Badal R K, Huque Entazul M. (**2001**). Biochemical study of some oil seeds (Brassica, Sesame and linseed). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4(8), p 1002-1005. DOI: 10.3923/pjbs.2001.1002.1005.
- ❖ Borchani, C., Besbes, S., Blecker, C.H. and Attia, H, Chemical Characteristics and Oxidative Stability of Sesame Seed, Sesame Paste, and Olive Oils. *Journal of Agricultural Science and Technology*, **2010**, 12, 585-596.
- ❖ Boudreau A. Matsuo R. Laing W, L'industrie des pâtes alimentaires : In « Le blé. Eléments fondamentaux et transformation ». Coordonnateurs : Boudreau A. et Menard G., Ed. Les presses de l'Université Laval, 1992, Canada.
- ❖ bou-Gharbia H.A., Shehata A.A .et Shahidi F, Effect of processing on oxidative stability and lipid classes of sesame oil. *Food Res Int*, **2000**, 33(5).
- ❖ Bresciani A, Pagani MA, Marti A, Pasta-Making Process: A Narrative Review on the Relation between Process Variables and Pasta Quality, **2022**, *Foods* 11(3):256.



- ❖ Cecchini C, Bresciani A Menesatti P, M A Pagani, Assessing the Rheological Properties of Durum Wheat Semolina: A Review, *Foods*, **2021**, 10(12):2947.
- ❖ Chemical composition and biological activities of Algerian Thymus oils. *Food chemistry*, 116(3), 714-721.
- ❖ Cheng FC, Jinn TR, Hou RC, Tzen JT. Neuroprotective effects of sesamin and sesamol on gerbil brain in cerebral ischemia. *Int J Biomed Sci*, **2006**, 2:284–8.
- ❖ Chung CH, editor. Seoul: Proceedings of International Conference on Sesame Science, East Asian Society of Dietary Life; **2004**. Molecular strategy for development of value-added sesame variety.

- ❖ CIRIHA, Aliments et préparations typiques de la population Marocaine, outils pour estimer la consommation alimentaire, **2019**.
- ❖ CODEX ALIMENTARUS., Commission du Codex Alimentarius et le programme FAO et OMS sur les normes alimentaires : Céréales, légumes secs, légumineuses et matières protéiques végétales, norme codex pour la semoule et la farine de blé dur. Codex stan **2007**.
- ❖ Coello, Peñas E, Villaluenga C M, Cartea M E, Velasco P, Frias J, Pasta products enriched with moringa sprout powder as nutritive dense foods with bioactive potential, Food Chemistry, Volume 360, **2021**, 130032.
- ❖ CTA, Ressources végétales de l'Afrique tropical 14 : Oléagineux, Fondation PROTA, Wageningen,Pays-Bas, **2007**.

D

- ❖ Dalal I., Goldberg M.et Katz Y. Sesame seed food allergy. Current allergy and asthma reports, **2012**. 12(4).
- ❖ Das R, Bhattacharjee C, Processing Sesame Seeds and Bioactive Fractions, In book: Processing and Impact on Active Components in Food (pp.385-394), **2015**.
- ❖ de blé dur algérien. These magister. INA. Alger.
- ❖ Décorticage du sésame, étude Bibliographique, convention 657014 pour Provence - Régime S.A. Z.I. La Verrerie. BP 99 30130, Pont Saint Esprit. Diététique, 2005, Ed. Tec et DOC.
- ❖ Diabate S, Konan k E, Allou D, A A. Coulibaly, Franqueville H D, Performance de deux techniques d'extraction des phénols racinaires pour l'évaluation du marquage de la tolérance à la fusariose des clones de palmier a huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) ; Article original, Sciences & Nature Vol.6 N°2 : 117 – 123, **2009**.
- ❖ DJABER F, SEDDI F. Distribution des protéines de réserve dans les produits de mouture de blé dur et leur rôle en panification. Mémoire d'Ingénieur, Université Mouloud MAMMERI, Tizi-Ouzou, Algérie **2012**.
- ❖ Dolapo A Oladiran, Emmambux M N, Functional and nutritional properties of roasted semolina porridge with ghee and monoglyceride, **2021**, Food Bioscience 42(1):101156.
- ❖ DuBois, Michel, K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Rebers et Fred Smith. « Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances ». **1956**. Analytical Chemistry
- ❖ DURANTI M., Grain legume proteins and nutraceutical properties, 2006, Fitoterapia, 77:
- ❖ Duskwiezi., Reinhrd K., Khan K., Dich J. Et Halm Y: Schelf life
- ❖ Dziki D, Current Trends in Enrichment of Wheat Pasta: Quality, Nutritional Value and Antioxidant Properties, **2021**, Processes 9(8):1280.

E

- ❖ El Khier MKS, Ishag KEA, Yagoub AEA.. Chemical composition and oil characteristics of sesame seed cultivars grown in Sudan. *J Agric Biol Sci*, **2008** 4(6): 761766.
- ❖ EL Mehiry H F, Reziq A A, Abd El-Ghany M, Shelbaya L A, Therapeutic properties of sesame seeds, **2022**.
- ❖ El Mokni R.et El Aouni M. H, Le sésame, *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae) une adventice récemment naturalisée en Tunisie. *Poiretia, la revue naturaliste du Maghreb*, **2013**.
- ❖ Elhanafi L., Benkhadda Z. B., Rais C., Houhou M., Lebtar S., Channo A.et Greche H. Biochemical Composition, Antioxidant Power and Antiinflammatory of Dehulled *Sesamum indicum* Seeds and Its Coat Fraction. *Jordan Journal of Biological Sciences*, **2020**. 13(3)

F

- ❖ FAOSTAT, 2011. FAO Statistics Division of Sesame seed. In Food and Agriculture Organization of the United Nation. FAOSTAT **2011**.
- ❖ Feillet P, Le grain de blé, composition et utilisation, INRA, **2000**, Paris.
- ❖ FEILLET P.,L'industrie des pâtes alimentaires : technologie de fabrication qualité des produits finis et des matières premières. **1986**, Ind. Agro.
- ❖ Filipovic V, Filipovic J, Simonovska J, Rafqjlovska V, Effect of sesame flour and eggs on technology and nutritive quality of spelt pasta, 2017.
- ❖ FREDOT E. Connaissances des aliments. TEC et DOC, Paris, **2005**.
- ❖ Fredot E., Connaissance des aliments. Bases alimentaires et nutritionnelles de la

G

- ❖ Gaipova S, Ruzibayev A, Khakimova Z, Salijanova S, Formulation of mayonnaise recipe enriched with biological active compounds of sesame cake, **2021**, IOP Conference Series Earth and Environmental Science 939(1):012085.
- ❖ Gbadamosi S O, Fasuan T O, fatty acid profile, physico-chemical and functional properties of oil and protein isolate simultaneously extracted from sesame (*sesamum indicum*) seed, **2017**.
- ❖ Gharby S, Harhar H, Bouzouba Z, Asdadi A, El Yadini A, Charrouf Z. Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame grown in Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, **2015**. 16: 105–111.

- ❖ Giménez, M., González, R., Wagner, J., Torres, R., Lobo, M., and Samman, N. (2013). "Effect of extrusion conditions on physicochemical and sensorial properties of corn-broad beans (*Vicia faba*) spaghetti type pasta." *Food chemistry*, 136(2), 538-545.
- ❖ Gupta A, Sharma S, Surasani V K R, Quinoa protein isolate supplemented pasta: Nutritional, physical, textural and morphological characterization, 2021, *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*.

H

- ❖ Hassan, M. A. M, Studies on Egyptian sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) and its products -physicochemical analysis and phenolic acids of roasted Egyptian sesame seeds (*Sesamum indicum* L.), *World Journal of Dairy & Food Sciences*, **2012**, Vol.7 No.2.
- ❖ Hazzit, M., Baaliouamer, A., Veríssimo, A. R., Faleiro, M. L., & Miguel, M. G. (2009). Chemical composition and biological activities of Algerian Thymus oils. *Food chemistry*, 116(3), 714-721.
- ❖ Hebrard A, Oulahna D, Laurence G, Cuq, Abecassis J, Fages J, Hydration properties of durum wheat semolina: influence of particle size and temperature, **2022**.
- ❖ Honjaya S., Cotel N., Saf S., Just J., Bidat E., et Benoist G. Allergie au sésame. *Revue générale*. **2021**. *Revue Française d'Allergologie*, 61(4)
- ❖ Hugues S, Contribution des facteurs biotiques aux pertes de rendement du sésame (*Sesamum indicum* L.), Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), **2000**.

I

- ❖ Iqbal A , Chowdhury S, Murmu R, K. C. Dora, Nath S, Roy S, Saklani P, Surimi Powder Inclusion with Semolina-based Pasta Product– A Potential Method of Protein Fortification, **2022**, 13(2):144-154.
- ❖ Ikeda S, Kagaya M, Kobayashi K, Tohyama T, Kiso Y, Higuchi N, Yamashita K. Dietary sesame lignans decrease lipid peroxidation in rats fed docosahexaenoic acid. *J. Nutr.* **2003**. *Sci. Vitaminol*, 49(4): 270-276.
- ❖ International Standard Book Number-13: 978-1-4200-0520-2 (eBook - PDF).
- ❖ Iqbal, M.A., Imtiaz H., Abdul, H., Bilal A., Saira, I., Ayman, S., Celaledin, B., Rana, D.K. & Imran, M. Soybean herbage yield, nutritional value and profitability under integrated manures management. *An. Acad. Bras. Cienc*, **2021** 93(1).
- ❖ ISO 21415-3., 2006. Méthode de détermination de la teneur en gluten sec à partir du gluten humide obtenu comme spécifié dans l'ISO 21415-1 ou dans l'ISO 21415
- ❖ ISO 6887-1 : Microbiologie de la chaîne alimentaire, **2017**.

J

- ❖ J.M. Nzikou, 1L. Matos, 1G. Bouanga-Kalou, 1C.B. Ndangui, 1N.P.G. Pambou-Tobi, 1A. Kimbonguila, 2Th. Silou, 3M. Linder and 3 S. Desobry 1ENSP-UMNG, Chemical Composition on the Seeds and Oil of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Grown in Congo-Brazzaville, avenue de La forêt de Haye, 54505 Vandoeuvre-Lès-Nancy (France), **2009**
- ❖ J.O n°44, La méthode horizontale pour la recherche des *Salmonella* spp, **2017**, équivalent ISO6579 :2002/ Amd **2007**.
- ❖ J.O n°64, La méthode horizontale pour la recherche et dénombrement d'*Escherichia coli* présumés par la technique du nombre le plus probable NPP **2017**, équivalent ISO 7251: 2005.
- ❖ Jeantet R, Croguennec T, Schuk P et Brule G : Du blé au pain et aux pâtes alimentaires .In « sciences des aliments biochimie, Microbiologie, procédés, produits »Vol 2 : Technologie des produits Alimentaires, **2007**, Ed Tec et Doc. Lavoisier. Paris.
- ❖ Jora La méthode horizontale pour la recherche et dénombrement d'*Escherichia coli* présumés par la technique du nombre le plus probable NPP selon J.O n°64 équivalent ISO 7251: 2005
- ❖ Jora, Journal Officiel de la république Algérienne ,**2013**.
- ❖ Joubert, M., Lullien-Pellerin, V., Morel, M.-H., 2018. Fate of SDS-insoluble glutenin polymers from semolina to dry pasta. *Food Chemistry* 240.
- ❖ Juliet M, Williamson B, Book of Sesame: The genus *Sesamum*, **1983**.

K

- ❖ Kafiriti EM, Deckers J. Sésame : *Sesamum indicum* L. In Raemaekers, Agriculture en Afrique Tropicale. **2001**. Direction Générale de la Coopération Internationale (DGCI) : Bruxelles, Belgique ; 1634p.
- ❖ Karel K., Josef G, Ponte Jr: Handbook of cereal science and technology, **2000**, 2emé Ed Marcel Dekker Inc., New York.
- ❖ Kent N.L, Evers A.D, Technology of cereals. Ed. Elsevier science Inc, 4 ème, **1994**, Ed., New York.
- ❖ Khatoon R, Abbasi H, Aslam M, Chaudhary S S. A comprehensive review on Tuhme Kunjud (*Sesamum indicum* Linn.) with special reference to the Unani System of Medicine 2019; 9(3):1-7.
- ❖ Kouighat M, Nabloussi A, El Fechtali M, Hanine H, First Study of Improved Nutritional Properties and Anti-Oxidant Activity in Novel Sesame Mutant Lines as Compared to Their Wild-Types, **2022**, *Plants* 11(9).

L

- ❖ LADRAA N,. Aptitude à la panification de quelques variétés de blé dur
- ❖ Lamaison, J.L.C. and Carnet, A. Teneurs en Principaux Flavonoïdes des fleurs de *Crataegus Monogyna* Jacq et de *Crataegus Laevigata* (Poiret D. C) en Fonction de la Vegetation. *Pharmaceutica Acta Helvetia*, 65, 315-320.**1990**.

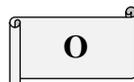
M

- ❖ Ma X, Wang Z, Zheng C, Liu C, A comprehensive review of bioactive compounds and processing technology of sesame seed, *Oil Crop Science*, **2022**, Volume 7.
- ❖ Maryna S, Evgenia D, Bolgova N, Anatoly K, Influence of addition berry powders on the quality of pasta products, **2022**.
- ❖ Mémoire de fin de cycle, effet de la torréfaction sur le pouvoir antioxydant des graines de sésame **2020**.
- ❖ Mémoire Effet de la torréfaction sur le pouvoir antioxydant des graines de sésame
- ❖ Mercier, S., Villeneuve, S., Mondor, M., & Des Marchais, L.P., Evolution of porosity and shrinkage and density of pasta fortified with pea protein concentrate during drying, 2011, *LWT Food Science and Technology*, 44:883-890.
- ❖ Messia M C, Cuomo F , Falasca L, Trivisonno M C, Nutritional and Technological Quality of High Protein Pasta, **2021** *Foods* 10(3):589.
- ❖ Miao H, Langham D R, Zhang H, Botanical Descriptions of Sesame, In book: *The Sesame Genome*, **2021**.
- ❖ Microwave, convective, and intermittent microwave-convective drying of pulsed vacuum osmodehydrated pumpkin slices: JUNQUEIRA et al. **2017**, *Journal of Food Processing and Preservation* 41(6):e13250, Junqueira J R J, Corrêa C, Ernesto D B.
- ❖ Misbah A, Ashfaq M, Rizwan B, Zanib R, Hypolipidemic effect of Sesame Seed Oil: A Review: Hypolipidemic Effect of Sesame Seed Oil, **2022**.
- ❖ MNHN, OFB [Ed]. Inventaire national du patrimoine naturel (INPN), **2022**
- ❖ Moreau R.A .et Lampi A.M. Analysis methods for tocopherol and tocotrienols . Analysis of antioxidant-rich phytochemical **2012**.
- ❖ Morris JB. Food, industrial, nutraceutical, and pharmaceutical uses of sesame genetic resources, In *Trends in New Crops and New Uses*, Alexandria VA (Eds.). **2002**. ASHS Press;

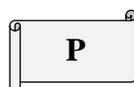
N

- ❖ Nakai M, Harada M, Nakahara K, Akimoto K, Shibata H, Miki W, Kiso Y. Novel antioxidative metabolites in rat liver with ingested sesamin, **2003**. *J. Agric. Food Chem.*, 51(6): 1666-1670.
- ❖ Nanotechnology in Agriculture sciences, **2018**.

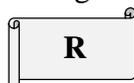
- ❖ NC Mondal, V P Singh, Singh V. S, Saxena K V, Determining the interaction between groundwater and saline water through groundwater major ions chemistry **2010**, Journal of Hydrology. Project: Ground water.
- ❖ NF V03-720 – Céréales et produits de mouture – Détermination des cendres – Méthodes par incinération à 900°C, (1981)
- ❖ Nzikou JM, Matos L, Bouanga-Kalou G, Ndangui CB, Pambou-Tobi NPG, Kimbonguila A, Silou T, Linder M, Desobry S. Chemical Composition of the Seeds and Oil of Sesame (*Sesamum indicum* L.) **2009**. Grown in Congo-Brazzaville. Advance Journal of Food Science and Technology.



- ❖ Ogbonna PE, Ukaan SI. Chemical composition and oil quality of seeds of sesame accessions grown in the Nsukka plains of South Eastern Nigeria. Afr. J. Agric. Res., **2013** 8(9): 797–803.
- ❖ OKANDZA Y., (2000) : Caractérisation technologique et biochimiques de quelques variétés



- ❖ Padalino L, Mastromatteo M, Lecce L, Spinelli S, Chemical composition, sensory and cooking quality evaluation of durum wheat spaghetti enriched with pea flour, 2013, International Journal of Food Science & Technology 49(6).
- ❖ Parle M, Dhamija I, Journal of Pharmaceutical and Scientific Innovation WHERE THERE IS A TIL, THERE IS A WILL **2012**.
- ❖ Pathak N, Rai A.K., Kumari R, K.V. Bhat Pharmacogn, Value addition in sesame, a perspective on bioactive components for enhancing utility and profitability, Rev. **2014**.
- ❖ Petitot M., Abecassis J, Micard V, Structuring of pasta components during processing: impact on starch and protein digestibility and allergenicity, **2009**, Food Sciencetechnology.
- ❖ Polyphénols en agroalimentaire. Ed. Tec & Doc, Lavoisier, **2006**
- ❖ Prakritiz, J.,P.,Kumar, B. and Tanwar, B. Celiac disease: Overview and considerations for development of gluten-free foods. Food Science and Human Wellness, 5(4), **2016**.
- ❖ Premkumar J, Aluganti C, Rajagopalan S, Parthasarathy S, Sesamol: A powerful functional food ingredient from sesame oil for cardioprotection, **2020**. Food & Function 11(2):1198 – 1210.
- ❖ Punia H, Analysis of carbohydrate changes in durum wheat (*Triticum durum* L.) genotypes



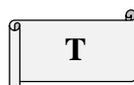
- ❖ Rakotosamimanana, V. R., Valentin, D., and Arvisenet, G. (2015). "How to use local resources to fight malnutrition in Madagascar? A study combining a survey and a consumer test." *Appetite*, 95, 533-543.

- ❖ Rao bandla, narasimha, A study of the rheological properties and gluten protein components associated with enhanced baking quality in durum wheat (*triticum turgidum* l. Var. Durum). Mémoire master, université de saskatchewan, canada, **2008**.
- ❖ Rebbas K., Ghadbane M., Miara M. D., Hammou M. A. et Rebbas N. Découverte de *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae) dans la région de Selatna (Bordj Bou Arreridj, Algérie). Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège **2020**.
- ❖ Rekha K R, Chauhan A C, Prabhasankar P, Ramteke R, Influence of vegetable purees on quality attributes of pastas made from bread wheat (*T. aestivum*), 2013.
- ❖ Research Article Effect of the extraction solvent polarity on the sesame seeds oil composition Rachid Tir1, 2, 3, Paresh C. Dutta3 and Ahmed Yacine Badjah-Hadj-Ahmed, **2012**.
- ❖ Research Article, Étude de la composition minérale et des teneurs en protéines et en matières grasses de huit variétés de sésame (*Sesamum indicum* L.) introduites au Sénégal pour un criblage variétal, **2018**.
- ❖ Rivas R, N., Dench, J. E. and Caygill, J. C. Nitrogen extractability of sesame (*Sesamum indicum* L.) seed and the preparation of 2 protein isolates. Journal of the Science of Food and Agriculture. **1981** 32(6): 565-571.
- ❖ Rizki H, Kzaiber F, Elharfi M, Nabloussi A, Ennahli S, Hanine H. Assessment of antioxidant capacity of 16 cultivars of sesame (*Sesamum indicum* L.) from different areas, International Journal of Innovation and Scientific Research, **2015**. 18(2).
- ❖ Rizki H, Nabloussi A, Kzaiber F, Latrache H, Hanine H, Mineral Composition of Some Accessions of Sesame Seeds (*Sesamum indicum* L.) Collected from Morocco, International Journal of Engineering Research and Allied Sciences, **2017**, 2(8).
- ❖ Russo M D, Spagnuolo C, Moccia S, Angelino D, Nutritional Quality of Pasta Sold on the Italian Market: The Food Labelling of Italian Products (FLIP) Study, Nutrients, **2021**, 13(1):171.



- ❖ Sabah El Khier MK, Khogali Elnur AI, Abu El Gasim AY. Chemical composition and oil characteristics of sesame seed cultivars grown in Sudan. Res. J. **2008**. Agric. Biol. Sci.
- ❖ SABANIS D., MAKRI E., DOXASTAKIS G., Effect of durum flour enrichment with chickpea flour on the characteristics of dough and lasagna, **2006**, Journal of the Science of Food and Agriculture, 86 (12).
- ❖ Saha R, Dinar AM, Nabila K A, Roy P, HPLC analysis and cell surface receptor-binding activities of the crude aqueous and methanolic extract of *Sesamum indicum*. Asian Pac. J. Trop. Biomed., **2014**, 4(1): S516-S520.

- ❖ satability of spaghetti fortified with legume flowers and protein concentrates. Cereal chem.
- ❖ Sene B., Sarr F., Diouf D., Sow M. S., Traore D., Kane A. et Niang M. Synthèse des connaissances etquelques acquis de recherche sur le sésame (*Sesamum Indicum L.*) au Sénégal. **2018**. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 12(3),
- ❖ Sissons M., Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread, **2008**, Food 2 (2), 75- 90, Global Science Books.
- ❖ Smith J.S. et hui Y: Food processing: principals and applications, **2004**, éd Blackweel , Ames, USA.
- ❖ Stevens PF, Angiosperm Phylogeny Website 2011.
- ❖ Study of mineral composition and contents about proteins and fats of eight sesame varieties (*Sesamum indicum L.*) introduced in Senegal for variety screening.
- ❖ Suja KP, Jayalekshmy A, Arumughan C. Free radical scavenging behavior of antioxidant compounds of sesame (*Sesamum indicum L.*) in DPPH(*) system. J Agric Food Chem. **2004**; 52:912–5.
- ❖ Sun Hwang, L., Sesame oil. In: Fereidoon Shahidi (Ed.), Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Sixth Edition, **2005**. Six Volume Set, John Wiley & Sons



- ❖ Turnbull K., Quality assurance in a dry pasta factory. In: KILL R.C, TURNBULL K (Ed) Pasta and Semolina Technology, **2001**, Blackwell Scientific, Oxford.



- ❖ Ugrinovits M., Arrigoni E., Dossenbach A.,Haberli G .,Hanich H .,Rychener M.,Thormann M. et Stalder U, Pâtes alimentaires et pâtes alimentaires composées. **2004**, Manuel suisse des denrées alimentaires.



- ❖ V65, n°4, **1988**.
- ❖ Vavilov, N, The origin, variation, immunity and breeding or cultivated plants Chronica Bot 13 (1-6) **1999**.
- ❖ Vishwanath H, Anilakumar KR, Harsha SN, Khanum F and Bawa AS. In vitro antioxidant activity of *Sesamum indicum* seeds. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, **2012**, 5(1): 56-60.



W

- ❖ Warren C. M., Chadha A. S., Sicherer S. H., Jiang J. et Gupta R. S. Prevalence and severity of sesame allergy in the United States. **2019**. JAMA network open, 2(8).
- ❖ Weiss, E.A. In 'Oil seed crops'. New York: Longman; **1983**.



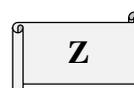
X

- ❖ Xuan M, Wang Z, Zheng C, Liu C, A comprehensive review of bioactive compounds and processing technology of sesame seed, Oil Crop Science, **2022**, Volume 7, Issue 2.



Y

- ❖ Yogranjan, Satpute GK, Marabi RS, Mishra MK, Mishra SP, Global resurgence of sesame (*Sesamum indicum* L.) utilization: acurrent scenario. Indo-Am J Agric Vet Sci, **2014**, 2(3): 2321–9602.



Z

- ❖ Zebib H, Bultosa G, Abera S, Physico-chemical Properties of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Varieties Grown in Northern Area, Ethiopia, Agricultural Sciences, **2015**, 06(02):238-246.
- ❖ ZHAO, Y.H, MANTHEY, F.A, CHANG, S.K.C., HOU, H.J., YUAN, S.H., Quality 70 characteristics of spaghetti as affected by green and yellow pea, lentil, and chickpea flours. Journal of Food Science, **2005**, 70: 371-376.

Annexe I

Description des sites de lieux de stages

Notre stage s'est déroulé au niveau de plusieurs unités pendant 05 mois :

1 - L'entreprise SARL SOPI (Société des pâtes Industrielles) spécialisé dans la production de semoules, de farine, de couscous et de pâtes alimentaires, située au niveau du lot N° 13. Route de Boufarik-Guerrouaou (Blida). Elle a débuté son activité à partir de Juillet 2001. L'activité de l'unité consiste à transformer le blé dur et le blé tendre pour l'obtention des semoules et de la farine avec une capacité de production de 300 tonnes/jour pour la semoulerie et 400 tonnes/jour pour la minoterie. En ce qui concerne les pâtes et le couscous, SOPI dispose d'une ligne de production de pâtes courtes de capacité 1500 kg/heure, d'une ligne de pâtes longues de capacité 1500 kg / heure et de trois lignes de couscous de capacité de production 1500 kg/ heure et 1800 kg/heure.

2 - L 'I.T.G.C : C'est un organisme public algérien à caractère administratif placé sous la tutelle du ministère de l'agriculture, qui se situe avenue des Frères Ouadek. BP 200 Hassen BADI. El Harrach CP 16200 – Alger. Créé par l'ordonnance du 1/10/1974 sur les fondations du projet "CÉRÉALES. L'ITGC est composé de deux structures : Structures centrales (siège) constituées d'un secrétariat général et de cinq départements. Structures décentralisées, neuf stations expérimentales réparties sur tout le territoire national dont 3 à l'Est, 3 à l'Ouest et 3 au centre.

3 - Laboratoire de contrôle de la qualité et de la répression des fraudes Blida qui se situe à Dyar el Bahribenimred Blida et qui a été créé en Novembre 2018 par Tutelle Ministère du Commerce/ (CACQE) : Activité Contrôle de la Qualité et de la Répression des Fraudes.

Il se compose de deux sections de laboratoire :

Département microbiologie et département physique- chimique

4 - Laboratoire de recherche de technologie alimentaire et de nutrition humaine (LRTANH) : située au sein d'institut national d'agronomie (INA) d'Alger (ENSA), précédemment connue sous le nom de l'Institut national agronomique (INA), est un établissement algérien d'enseignement supérieur et de recherche scientifique en agronomie. L'ENSA, fondée en 1905, est la seule école qui forme des ingénieurs agronomes en Algérie. Elle est située à Cinq-Maisons (El Harrach, Alger), au pôle universitaire à côté de l'École

nationale polytechnique (ENP), de l'École polytechnique d'architecture et d'urbanisme (EPAU) et de l'École nationale supérieure vétérinaire (ENSV).

5- Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico- Chimiques (C.R.A.P.C) est un Etablissement à caractère Scientifique et Technologique (EPST). Il a été créé en 1992 par le décret exécutif N° 92-214 du 23 Mai 1992 modifié et complété par le décret exécutif N° 03-459 du 7 Chaoual 1424 correspondant au 1er Décembre 2003, sous la tutelle du Ministère de l'Enseignement Supérieur et la Recherche Scientifique et sous la Direction Générale de la Recherche Scientifique et le Développement Technologique. Il se situe BP 384, Zone Industrielle Bou-Ismaïl RP 42004 Bou Ismaïl, Tipaza, Algeria . L'activité du centre au départ était essentiellement tournée vers la recherche de nouvelles méthodes d'analyses physico-chimique ainsi le développement de nouveaux protocoles chimiques de synthèses et d'application.

6- Laboratoire PFE de l'institut vétérinaire de l'université Saad Dahleb Blida

7- Groupe Bimo (Biscuiterie moderne), créée en 1981, est une société Algérienne spécialisée dans la biscuiterie, la chocolaterie et le cacao. La première usine a été créée en 1981 dans la zone industrielle de Baba-ali au Sud d'Alger baptisée la Nouvelle biscuiterie moderne (Bimo par abréviation). La société a connu un développement rapide de ses activités productives. Cette société regroupe six filiales ; SARL Biscuiterie Moderne 'BIMO' sise à Baba-ali, SARL Biscuiterie du Maghreb « BM » , SARL Chocolaterie Bimo, , SARL CACAO Bimo, SARL Gaufretterie Bimo ,SARL Confiserie Bulle d'Or

Annexe II

I. Liste des produits chimiques et les reactifs utilisées

- 2-2-diphenyl-1-picrylhydrazyl DPPH• $C_{18}H_{12}N_5O_6$

- Acétate de plomb $C_4H_6O_4Pb$ 

- Acétone C_3H_6O 

- Acide borique H_3BO_3 

- Acide chlorhydroque HCl 

- Acide sulfurique H_2SO_4 

- Carbonate de Sodium Na_2CO_3 

- Charbon

- Chlorure de sodium NaCl

- Ethanol C_2H_6O 

- Folin-Ciocalteu

- Hexane C_6H_{14} 

- Hydroxyde de sodium NaOH 

- Nitrite de sodium $NaNO_2$ 

- Phénol C_6H_6O

- Rouge de méthyl $C_{15}H_{15}N_3O_2$

- Sodium-dodecyl sulfate SDS $C_{12}H_{25}NaSO_4$ 
- Sulfate de cuivre pur $CuSO_4$ 
- Sulfate de potassium pur K_2SO_4
- Trichlorure d'aluminium $AlCl_3$ 

II. Milieu utilisé dans les analyses microbiologiques

- Bouillon au Lauryle de sulfate (LS)
- Bouillon milieu sélectif (EC)
- Bouillon Muller-Kauffman au Tétrathionate-navobiocine (MKKTn)
- Bouillon Rappaport-Vassiliadis avec soja (RVS)
- Bouillon Sélénite-Cystéine (SFB)
- Eau peptonée (EP)
- Eau peptonée tamponnée (EPT)
- Gélose dichloran à 18 de glycérol (DG18)
- Gélose Tryptose-sulfate à la cylosérine (TSC)
- Gélose xylose lysine désoxycholate (XLD)
- Indole
- Tryptone sel eau (TSE)

Annexe III

I. Etape de préparation de la farine de sésame



II. Etapes de fabrication des pâtes alimentaires témoin et enrichies



Annexe IV

I. Des photos représentatifs de matériels utilisées dans la partie pratique



Balance de précision



Etuve



Deccicateur



Four a moufle



Nacelles



Infra tec



Tamiseur de laboratoire



Colorimètre Minolta.



Centrifugeuse



Glutork



l'indice de chute HAGBERG



Système reflux



Spectrophotométrie U.V



Rampe de filtration



Fliale jaugée



Eprouvette



Picette



Bicher + Agitateurs



Papier filtre



Burette + support



Boite à pétrie



Tube a essaie + support



Bec bensen



Presse à pâte : qui contient un malaxeur et filière



Spatule



Canne



Broyeur (maison)



Tamis (maison)



Broyeur de laboratoire



Casserole

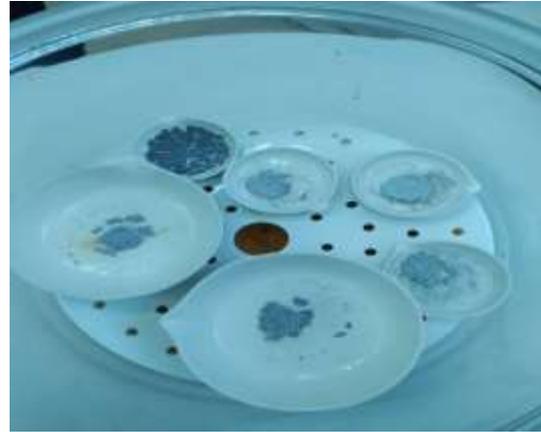


Rampe de soxhlet

II. Photo representatifs des resultats obtenu des analyses sur matieres premieres et produit fini



Humidité



Cendre



Granulometrie et absence de gluten dand la farine de sésame



Analyse de SDS



Analyse de l'indice de chute



Resultat de l'extraction de la matière grasse



Dosage de fibres brutes



Dosage de sucre totaux



Dosage de protéine (distillation)



Filtration de cellulose



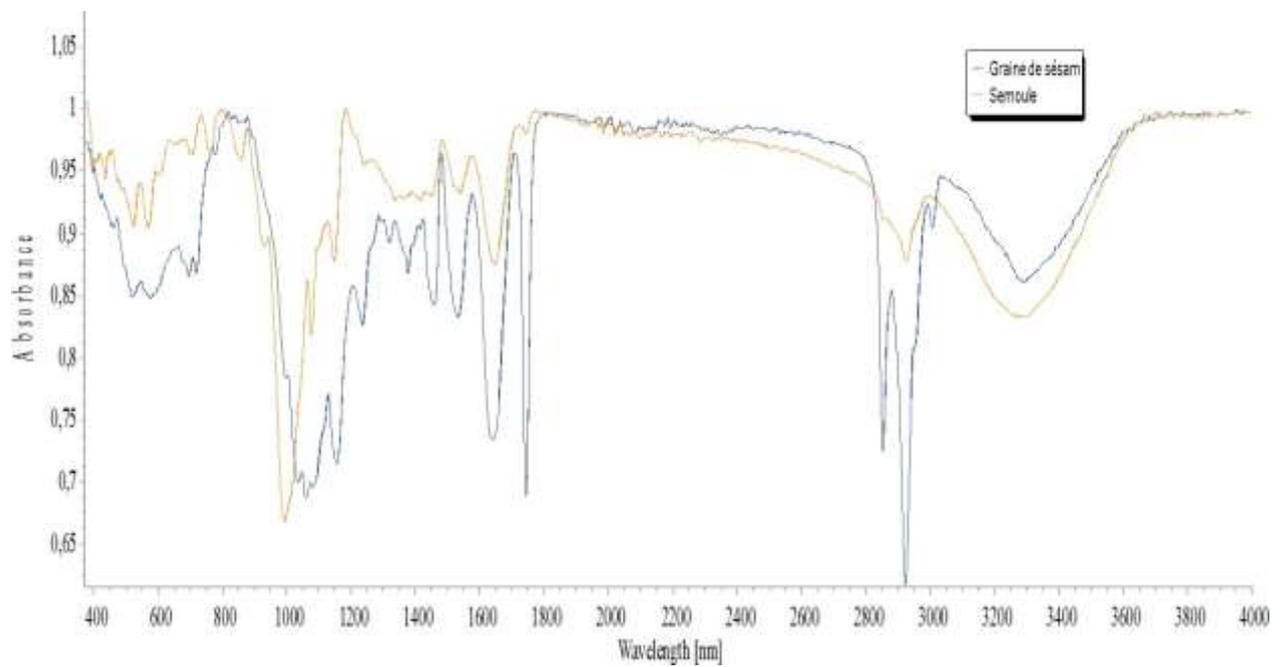
Perte de cuisson dans l'étuve



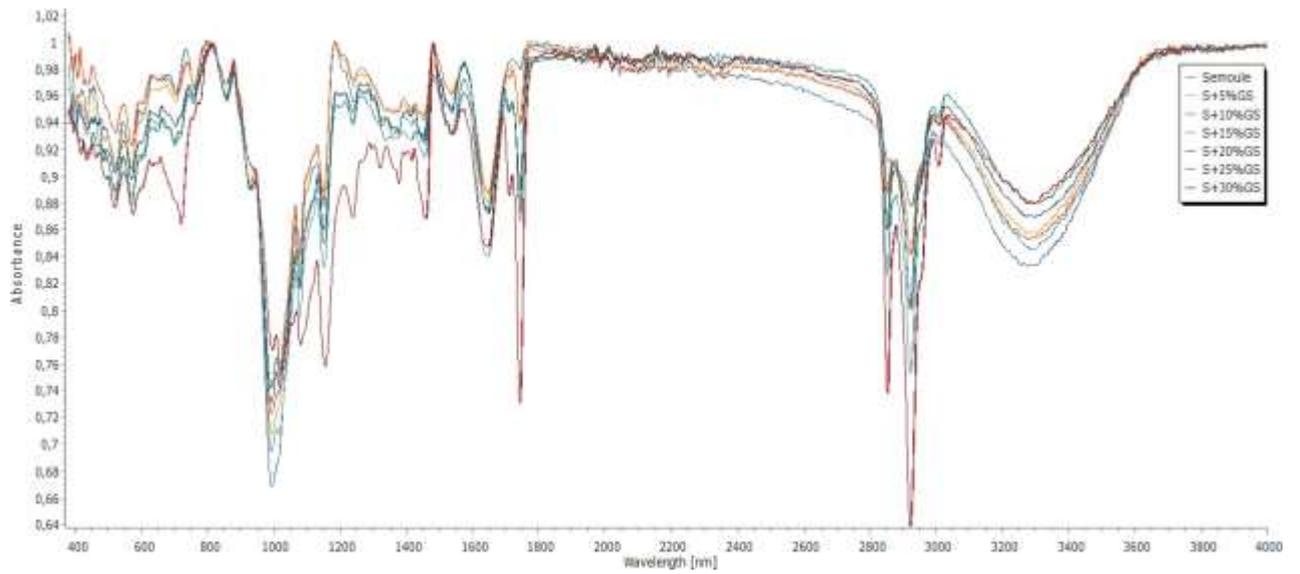
Aspect de l'eau de cuisson



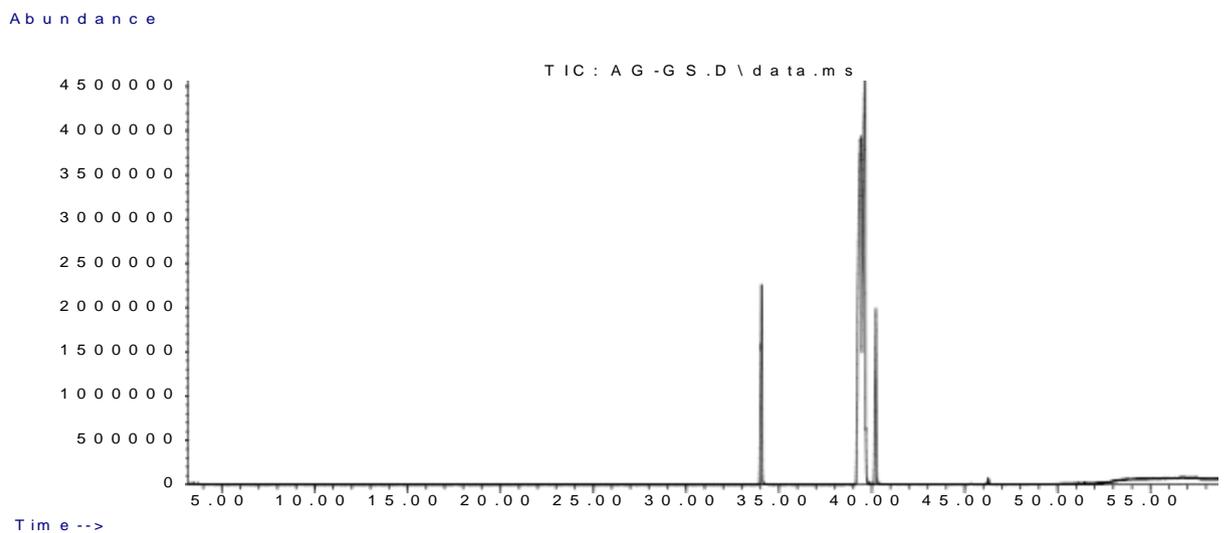
Trait d'amidon entre deux plaques de verre



Specre IR des graines de sésame et semoule de blé dur

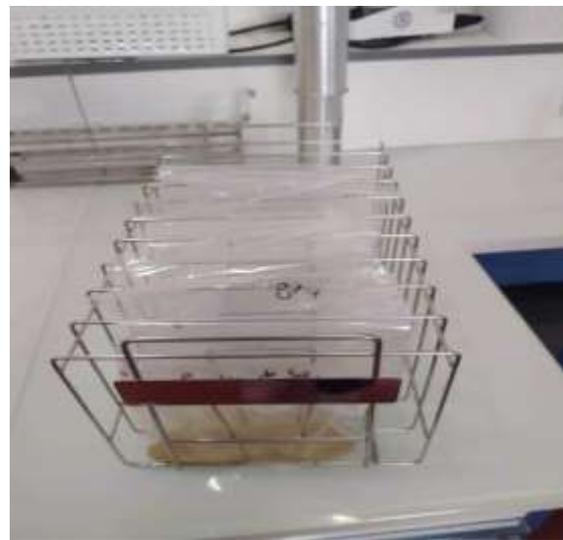


Spectre IR de semoule de blé dur seule et a différents pourcentage



Chromatogramme de l`huile de sésame

III. Photos représentatifs des analyses microbiologiques

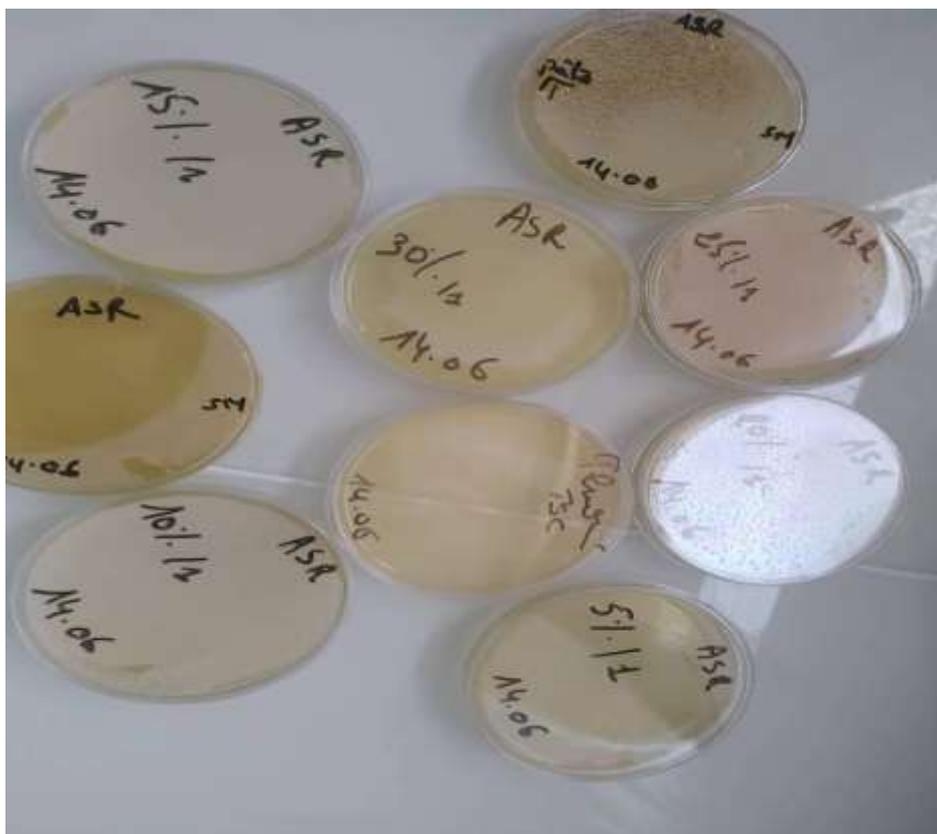


Préparation de la solution mère

▪ Anaérobies sulfite reducteurs



Preparation



Résultat : absence

▪ Moisissures



Incubation



Résultat : absence

▪ **Eschchria coli**



Préparation



Résultat après 24H



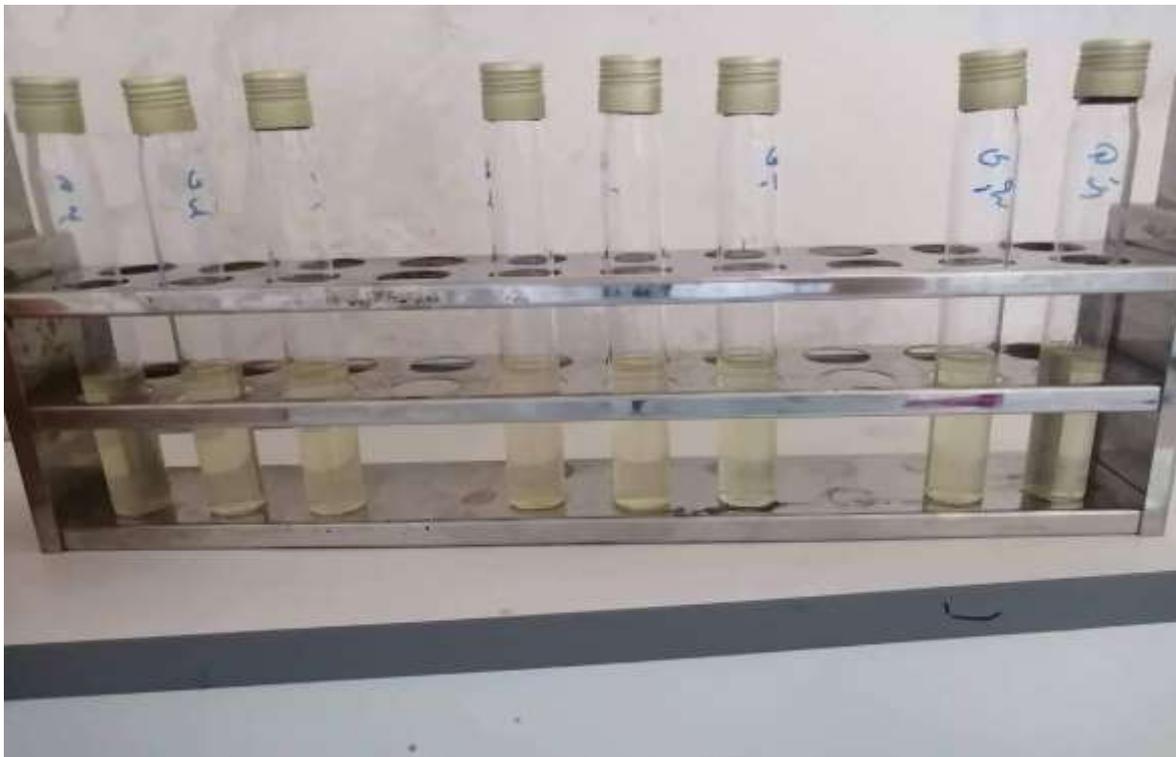
Premier repiquage dans EC pendant 24h



Résultat

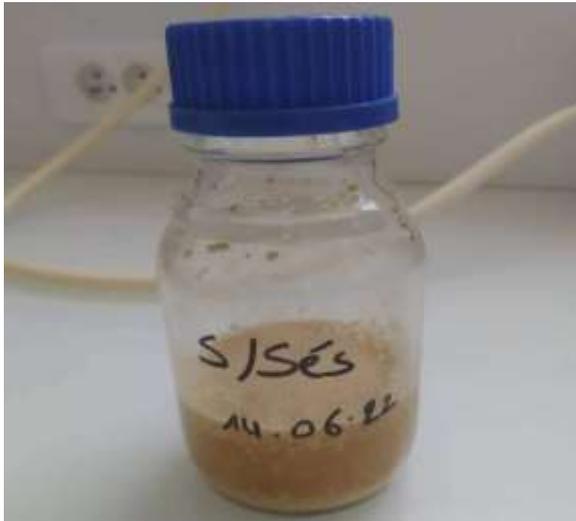


Deuxième repiquage dans ET



Résultat après ajout de covax : absence

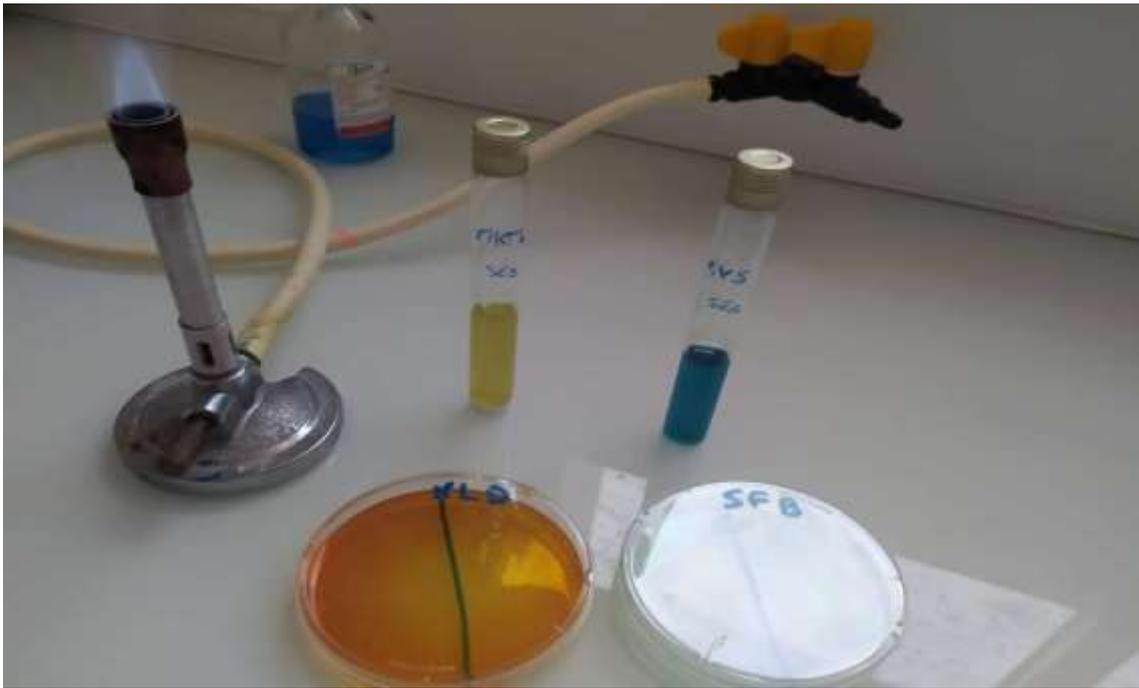
▪ **Salmonella (avec solution mère)**



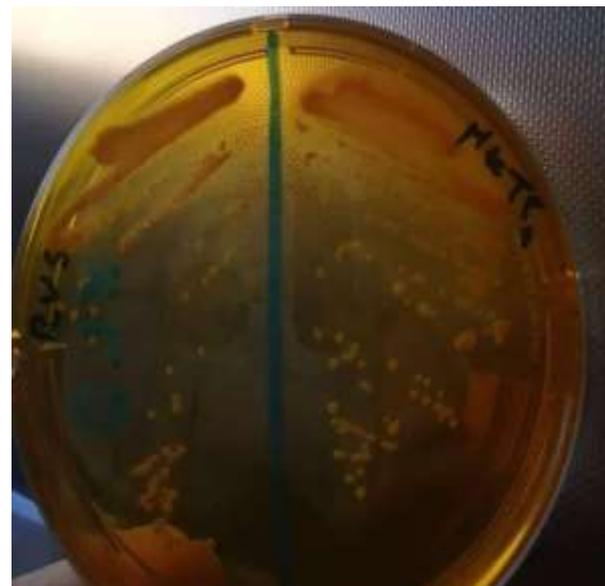
Incubation 37 °C pendant 24h



Enrichissement RVS et MKTTM



Isolement dans XLS et SFB



Résultat : absence

Tables NPP (d'après la norme ISO 7218 :1996(F))

Tableau 1 - Table NPP pour 3 x 1 g (ml), 3 x 0,1 g (ml) et 3 x 0,01 g (ml).

Nombre de résultats positifs			NPP	Catégorie lorsque le nombre d'essais de mesures est de 1 pour le lot considéré	Limites de confiance			
					>95%	>95%	>99%	>99%
0	0	0	<0,30		0,00	0,94	0,00	1,40
0	0	0	0,30	3	0,01	0,95	0,00	1,40
0	1	0	0,30	2	0,01	1,00	0,00	1,60
0	1	1	0,61	0	0,12	1,70	0,05	2,50
0	2	0	0,62	3	0,12	1,70	0,05	2,50
0	3	0	0,94	0	0,35	3,50	0,18	4,60
1	0	0	0,36	1	0,02	1,70	0,01	2,50
1	0	1	0,72	2	0,12	1,70	0,05	2,50
1	0	2	1,1	0	0,4	3,5	0,2	4,6
1	1	0	0,74	1	0,13	2,00	0,06	2,70
1	1	1	1,1	3	0,4	3,5	0,2	4,6
1	2	0	1,1	2	0,4	3,6	0,2	4,6
1	2	1	1,5	3	0,5	3,8	0,2	5,2
1	3	0	1,6	3	0,5	3,8	0,2	5,2
2	0	0	0,92	1	0,15	3,50	0,07	4,60
2	0	1	1,4	2	0,4	3,5	0,2	4,6
2	0	2	2	0	0,5	3,8	0,2	5,2
2	1	0	1,5	1	0,4	3,8	0,2	5,2
2	1	1	2,0	2	0,5	3,8	0,2	5,2
2	1	2	2,7	0	0,9	9,4	0,5	14,2
2	2	0	2,1	1	0,5	4,0	0,2	5,6
2	2	1	2,8	3	0,9	9,4	0,5	14,2
2	2	2	3,5	0	0,9	9,4	0,5	14,2
2	3	0	2,9	3	0,9	9,4	0,5	14,2
2	3	1	3,6	0	0,9	9,4	0,5	14,2
3	0	0	2,3	1	0,5	9,4	0,3	14,2
3	0	1	3,8	1	0,9	10,4	0,5	15,7
3	0	2	6,4	3	1,6	18,1	1,0	25,0
3	1	0	4,3	1	0,9	18,1	0,5	25,0
3	1	1	7,5	1	1,7	19,9	1,1	27,0
3	1	2	12	3	3	36	2	44
3	1	3	16	0	3	38	2	52
3	2	0	9,3	1	1,8	36,0	1,2	43,0
3	2	1	15	1	3	38	2	52
3	2	2	21	2	3	40	2	56
3	2	3	29	3	9	99	5	152
3	3	0	24	1	44	99	3	152
3	3	1	46	1	9	198	5	283
3	3	2	110	1	20	400	10	570
3	3	3	>110					
autres valeurs			non cité dans la table ISO 7218 : 1996 (F)					

Annexe V

I. Tableau récapitulatifs des analyses physico-chimiques et technologiques des matières premières

Matières Premiers	Humidité (%)			Cendres (%)			Protéines (%)			
	ES 01	ES 02	MY	ES 01	ES 02	MY	Es 01	ES 02	MY	
semoule	13.97%	13.99%	13,476% ±0,01	0.88%	0.90%	0.89% ±0,01	13.44%	13.44%	13.44% ±0,00	
Farine de sésame	3.459%	3.493%	3,476% ±0,02	5.23% %	5.25 %	5,24% ±0,01	25.95%	25.73%	25,84% ±0,15	
matières premiers	Lipides			Acidité grasses			Glucides			
	ES 01	ES 02	MY	ES 01			ES 01	ES 02	MY	
Semoule	0,9%	0,73%	0,815%± 0,12	0,035%			70,81%.	70,94%	71,379%	
Farine de sésame	51,47%	62,653%	57,06%± 7,90	1,8%			13,891%	2,874%	8,384%	
Analyse technologiques										
Matières Premiers	Gluten			Indice de couleur			Indice de chut	Indice de SDS		
	Gluten humide	Gluten sec	Gluten index	Indice de jaune	clarté	Indice de brun		ES01	ES 02	MY
Semoule	38,5%	15,0%	58,18%	26,50	83.18	-0.90	456(S)	25	24	25,5 ±0,01
Farine de sésame				23,27	57.33	6.18	66 (s)			

II. Tableau récapitulatifs des résultats des essaies de fibres totaux.

Fibre brute	Essai1	Essai2	Moyenne
Farine de sésame	11,825	19,15	15,49 ± 5,17
Semoule	2,625	4,225	3,425 ± 1,13

III. Tableau récapitulatifs des analyses physico-chimiques et technologiques des mélanges

Les mélanges	Humidité (%)			Cendres (%)			Protéines (%)			lipides
	Essai 01	Essai 02	Moyenne ±0,00	Essai 01	Essai 02	Moyenne ±0,02	Essai 01	Essai 02	Moyenne ±0,34	
5%	13.22%	13.23%	13.225% ±0,00	0.80%	0.76%	0.78% ±0,02	16.14%	16.63%	16.385% ±0,34	4,429%
10%	12.88%	12.92%	12.90% ±0,02	1.47%	1.37%	1.42% ±0,07	17.06%	17.54%	17.30% ±0,33	6,98%
15%	12.10%	12.19%	12.145% ±0,06	1.55%	1.62%	1.585% ±0,04	17.39%	17.80%	17.595% ±0,28	9,476%
20%	11.67%	11.69%	11.68% ±0,01	1.92%	1.92%	1.92% ±0,00	17.78%	18.02%	17.90% ±0,16	11,896%
25%	10.17%	10.15%	10.16% ±0,01	2.10%	2.14%	2.12% ±0,02	17.96%	18.43%	18.195% ±0,33	14,46%
30%	10.84%	10.79%	10.815% ±0,03	1.93%	1.94%	1.935% ±0,00	18.08	18.56%	18.32% ±0,33	16,952%

Analyse technologique

Les mélange	Gluten			Indice de couleur			Indice de chut
	Gluten humide	Gluten sec	Gluten index	Indice de jaune	clarté	Indice de brun	
5%	37,67	14,6	61.24	23.29	74.05	-0.09	595
10%	36.5	14.2	61.09	23.09	72.83	0.70	372
15%	33,10	14,10	57,40	21.02	66.37	1.10	350
20%	32,80	14,00	57,31	20.20	63.89	2.14	310
25%	31.0	13.3	57.09	19.24	61.58	2.26	271
30%	30,4	13,10	56,90	21.10	63.96	2.30	313

IV. Tableau récapitulatifs des analyses physico –chimiques des pâtes alimentaires

Les mélanges	Humidité (%)			Cendres (%)			Protéines (%)			lipides
	Essai 01	Essai 02	Moyenn e	Essai 01	Essai 02	Moyenn e	Essai 01	Essai 02	Moyenn e	Essai 01
Témoin	11.20%	11.23%	11.215% ±0,02	0.74%	0.71%	0.725 ±0,02	14.82%	15.27%	15.045% ±0,31	0,99%
5%	11.53%	11.49%	11.51% ±0,02	0.63%	0.41%	0.52% ±0,15	15.83%	16.31%	16.07% ±0,33	4,21%
10%	11.16%	11.19%	11.175% ±0,02	1.38%	1.38%	1.38% ±0,00	16.64%	17.12%	16.88% ±0,33	6,34%
15%	11.06%	11.10%	11.08% ±0,02	1.53%	1.49%	1.51% ±0,02	17.16%	17.59%	17.375% ±0,30	8,62%
20%	10.65%	10.60%	10.625% ±0,03	1.60%	1.52%	1.56% ±0,05	17.56%	17.80%	17.68% ±0,16	11,45%
25%	10.17%	10.17%	10.17%± 0,00	1.96%	1.96%	1.96% ±0,00	18.11%	18.43%	18.27% ±0,22	12,935%
30%	10.06%	10.05%	10.055% ±0,00	2.21%	2.22%	2.215% ±0,00	20.286 %	20.03%	20.158% ±0,18	16,29%

V. Tableaux représentatifs des résultats d'absorbance des polyphénols, flavonoïdes

Analyses effectuées	Matières premières	Do 1	Do 2	Do 3	Do m	X	Résultats
Taux de sucre totaux	Semoule	0,509	0,562	-	0,5355	0,012	44,58±0,03 mg/ml
	Farine de sésame	0,018	0,017	-	0,0175	0,012	1,45±0,00mg/ml
Analyse effectués sur la farine de sésame par deux solvants							
Taux de polyphénols	Ethanol	0,156	0,444	0,386	0,328	5,231	1,046 ± 0,15 mg AG/g d'extrait
	Hexane	0,350	0,408	0,572	0,443	7,315	1,463 ± 0,11mg AG/g d'extrait
Taux de flavonoïdes	Ethanol	0,706	0,686	0,856	0,328	21,39	8,55 ± 0,09 mg Eq/g d'extrait
	Hexane	0,506	0,461	0,280	0,443	11,82	4,728±0,11 mg Eq/g d'extrait

VI. Tableau récapitulatif des résultats d'absorbance de l'activité antioxydant

	A0	At	A%	A% Moy	Ecart type
5	0,848	0,818	3,5377358	3,4413731	0,3550723
5	0,853	0,827	3,0480657		
5	0,856	0,824	3,7383178		
25	0,854	0,792	7,2599532	8,2775635	0,9163758
25	0,852	0,775	9,0375587		
25	0,867	0,793	8,5351788		
50	0,672	0,609	9,375	7,3784918	1,7574719
50	0,643	0,604	6,0653188		
50	0,702	0,655	6,6951567		
100	0,862	0,842	2,3201856	4,5374619	3,2477836
100	0,859	0,833	3,0267753		
100	0,859	0,788	8,2654249		
200	0,85	0,805	5,2941176	6,6140635	1,3323484
200	0,867	0,798	7,9584775		
200	0,865	0,808	6,5895954		
400	0,705	0,359	49,078014	48,952014	0,4688401
400	0,702	0,362	48,433048		
400	0,687	0,348	49,344978		
600	0,69	0,465	32,608696	33,752657	2,3212371
600	0,692	0,469	32,225434		
600	0,755	0,48	36,423841		
800	0,702	0,415	40,883191	38,489486	2,5679038
800	0,688	0,421	38,80814		
800	0,682	0,438	35,777126		

Annexe VI

Fiche de degustation de nos pâtes alimentaires

*Nom et prénom :**Age :**Sexe :**Fonction :*

Echantillon	Caractéristique	Mauvaise	Acceptable	Moyen	bon	excellent
Témoin	Couleur					
P 5%						
P 10%						
P 15%						
P 20%						
P 25%						
P 30%						
Echantillon	Caractéristique	Mauvaise	Acceptable	Moyenne	bonne	excellente
Témoin	odeur					
P 5%						
P 10%						
P 15%						
P 20%						
P 25%						
P 30%						
Echantillon	Caractéristique	Mauvaise	Acceptable	Moyenne	bonne	excellente
Témoin	texture					
P 5%						
P 10%						
P 15%						
P 20%						
P 25%						
P 30%						
Echantillon	Caractéristique	Mauvaise	Acceptable	Moyen	bon	excellent
Témoin	Gout					
P 5%						
P 10%						
P 15%						
P 20%						
P 25%						
P 30%						

P : pate alimentaire % : la quantité de la farine de sésame ajoutée.



Photo représentatifs lors de la dégustation