

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministre De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique
Université De Blida 1



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

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Spécialité : Agro-alimentaire et Contrôle de Qualité

Filière : Sciences Agroalimentaires

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Thème :

**Essai de fabrication d'un biscuit diététique à base d la
farine complète de blé tendre et la farine d'avoine**

Réalisé par :

Melle Hennini Khaoula

Melle Boussetta Lilia

Soutenant le 18/07/2022 Devant le jury composé de :

Présidente	Dr AOUES K	MCA à L'Université de Blida 1
Examinatrice	Dr ABDELLAOUI Z	MCB à L'Université de Blida 1
Promotrice	Dr BENLEMMAN S	MCB à L'Université de Blida 1

Année Universitaire 2021-2022

Remerciement

Avant toute chose, nous remercions Dieu le tout puissant, miséricordieux et clément, pour nous avoir donné santé, patience, volonté et courage.

Nous remercions nos chers parents qui ont aidés à être ce que nous sommes. On remercie leur dévouement, leur consacre de temps et leur présence constante au cours de toutes ces années d'études. On vous aime...

On exprime nos vifs remerciements à Dr BENLEMANE S qui a fait l'honneur d'être notre promotrice. Nous la remercions profondément par son encouragement contenu et aussi d'être toujours là, pour nous écouter, nous aider et nous guider à retrouver le bon chemin par ces précieux conseils.

Nous tenons d'autre part à remercier les membres du jury, pour bien vouloir nous accorder de leur temps précieux, pour commenter, discuter et juger notre travail.

Nous présentons nos sincères remerciements au groupe KAMELO, surtout Mr Ouadjina Abderrhim responsable de laboratoire de contrôle de qualité de KAMELO, Mr Younes, les deux Mr Raouf et Mm Samia et Mr Hakim, pour leur encouragement et leur accueil durant toute la durée de ce projet.

Nous remercions également Mm Kheddaoui Faiza responsable de laboratoire de Contrôle de qualité et la conformité Bioengineers pour leur aide et leur soutien.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et sincères remerciement à tous ceux et celles qui nous ont soutenu de près ou de loin, lors de la réalisation de ce modeste travail.

Boussetta Lilia

&

Hennini Khaoula

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père Abd el Hakim

A la femme qui a souffrent sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère Hakima.

A mes frères Mossaâb et Selmane qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A mon adorable petit sœur Khadidja qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.

A mon cher binôme Lilia pour sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

A ma grand-mère, et grand-père, et toute ma famille.

Sans oublies mes très cher amis : Fella, Hafssa, Amira et Fethia. Qui étaient là pour moi depuis le premier jour, merci infiniment.

A toute la promotion de 2ème Master Agroalimentaire et Contrôle de Qualité de l'année universitaire 2021-2022.

Khaoula

Dédicace

Avec une immense joie, je dédie ce modeste travail

A mes chers parents pour leur patience, leur amour, leur soutien et leur encouragement, je vous remercie pour votre scarification pour mon instruction et mon bien être depuis mon enfance.

A mon binôme khaoula pour leur précieux soutien tout au long de travail.

A ma sœur Feriel et mon frère Abdalilah, à mes proches Lilia, Kader, et toutes mes cousines. Ainsi qu'à toute la promotion de master2 science alimentaire de l'année universitaire 2021-2022.

Lilia

Résumé

Notre travail a pour objectif de fabriquer un biscuit sec à base d'avoine et la farine complète de blé tendre, il a porté sur cinq essais de fabrication (100%) farine complète, (10%, 20% ,30%) farine d'avoine et le témoin (100% T55). Nous avons effectuées des analyses physicochimique et technologique des matières premières et des analyses organoleptiques pour tous les biscuits fabriqués, et on a fait des analyses physicochimiques et la valeur énergétique de biscuit choisi par les jurys «10% FA». Les analyses physicochimiques et technologiques effectuées montrent que les matières premières utilisées sont de bonne qualité. En effet, le test organoleptique réalisé a montré que nos biscuits sont bien appréciés par les dégustateurs surtout le biscuit qui contient 10% de farine d'avoine. Ces résultats restent préliminaires méritent d'être suivis par d'autres travaux portant sur la caractérisation de la farine d'avoine et la farine complète afin de créer une formule qui réponde aux exigences des consommateurs et qui intéresse économiquement l'entreprise productrice.

Mots clés : farine d'avoine, farine complète de blé tendre, biscuit, analyses

Abstract

Our work's objective is to create a dry (plain) biscuit base of Oat and whole wheat flour, it covered five production essays (100%) whole wheat flour, (10%, 20%, 30%) Oats flour and witness (100% T55) . We did a physicochemical and technological test for the raw materials and a Organoleptic test to all the biscuits, also we did physicochemical tests and energetic measure to the favorite biscuit (10% Oat flour). The physicochemical and technological tests showed that raw materials are Good quality ones. The organoleptic test showed that our biscuits are so appreciated by the judges specially the 10% Oat flour biscuit. These results are a stage one steps it must be followed by other characterizations tests for Oats and whole wheat flours to create a formulation witch follows the consummator's desires and the company's economic needs.

Keywords: Oat flour, whole wheat flour, biscuit, tests

ملخص

عملنا يهدف الى صناعة بسكويت جاف بالشوفان والقمح الكامل, يتضمن تحضير خمسة وصفات مختلفة النسب, لقد قمنا بتحليل فيزيو_كيميائية و تكنولوجية على المواد الاولية المستخدمة و تحاليل ذوقية لجميع اصناف البسكويت المصنوع. قمنا ايضا بتحليل فيزيو_كيميائية و قيس السرعات الحرارية للبسكويت ذو نسبة « 10 من الشوفان» الذي تم تفضيله من قبل اللجنة, التحليل الفيزيو_كيميائية والتكنولوجية المقامة على المواد الولية اكدت أنها ذات نوعية جيدة. اما بالنسبة لتحليل الذوق فقد نتج عنه رضا وقبول كبير من طرف اللجنة وعلى وجه الخصوص البسكويت ذو نسبة « 10 من الشوفان». هذه النتائج تعد اولية ويجب ان تتبع بتحليل تصنيفية اخرى على المواد الاولية المستخدمة لصناعة بسكويت يرضي المستهلك ويثير اهتمام الشركات المصنعة اقتصاديا.

كلمات مفتاحية: دقيق الشوفان, دقيق القمح الكامل, بسكويت, تحاليل

Table des matières

List des figures

List des tableaux

Abréviations

Introduction.....1

Partie bibliographique

CHAPITRE I : Blé tendre, Avoine et les Fibres alimentaires

I.1 Le blé tendre.....	2
I.1.1 Définition et taxonomie.....	2
I.1.2 La composition biochimique du grain de blé tendre.....	3
I.1.3 La Valeur nutritionnel du blé tendre.....	5
I.1.4 Transformation du blé tendre en faine.....	6
I.2 L'avoine.....	7
I.2.1 Généralités sur l'avoine.....	7
I.2.2 Origine de culture.....	8
I.2.3 Définition et classification taxonomique.....	8
I.2.4 Types d'avoines cultivées.....	9
I.2.5 Composition biochimique.....	10
I.2.6 Composition nutritionnelle et valeur énergétique.....	11
I.2.6 Prévention des maladies.....	12
I.2.7 Transformation du grain en farine.....	13
I.2.8 Forme du grain.....	14
I.2.9 L'importance de la culture d'avoine en Algérie.....	14
I.3. Les fibres alimentaires.....	15
I.3.1 Définition.....	15
I.3.2 Les différents types des alimentaire.....	15
I.3.2.1 Fibres solubles.....	15
I.3.2.2 Fibres insolubles.....	15

I.3.3 Les effets des fibres alimentaires sur la santé.....	16
I.3.3.1 Effet sur la satiété.....	16
I.3.3.2 Régulation de la glycémie.....	17
I.3.3.3 Effet hypocholestérolémiant.....	17
I.3.3.4 Prévention contre certains cancers.....	17

CHAPITRE II : Les Biscuits

II.1 Historique des biscuits.....	18
II.2 Définition des biscuits.....	18
II.3 La classification des biscuits.....	18
II.4 Les matières utilisées dans la fabrication du biscuit.....	19
II.5 Les étapes de production du biscuit sec.....	22
II.6 Diagramme de fabrication du biscuit sec.....	25
II.7 La qualité des biscuits.....	26
II.8 Critères de qualité d'un biscuit.....	26

Partie expérimentale

CHAPITRE III : Matériels et Méthodes.

III.1 objective de notre travail.....	27
III.2.Matériel biologique.....	27
III.3 Méthodes d'analyses des matières premières.....	28
II I.3.1 Analyses physicochimiques.....	28
III.3.1.1 Le pH.....	28
III.3.1.2 Détermination du taux de cendre.....	29
III.3.1.3 Détermination de tenure en eau.....	30
III.3.2 Analyses technologiques.....	31
III.3.2.1 Détermination du taux de gluten.....	31
III.3.2.1.1 Gluten humide.....	31
III.3.2.1.2 Gluten sec.....	32
III.4 L'Essai de fabrication du biscuit.....	33
III.5 Les étapes de formulation des biscuits secs.....	34

III.6 Diagramme de fabrication des essais.....	36
III.7 Méthodes d'analyses des biscuits finis.....	37
III.6.1 Evaluation sensoriel.....	37
III.6.2 Analyse physicochimique de biscuit.....	39
III.6.2.1 Détermination de la teneur en lipides.....	39
III.6.2.2 Détermination de la teneur en protéines.....	40
III.6.2.3 Détermination de la teneur en glucide.....	41
III.6.2.4 Détermination de la valeur énergétique.....	41

CHAPITRE IV: Résultats et Discussion

IV.1 Résultats des analyses physicochimiques et technologiques des matières premières.....	42
IV.1.1 La teneur en eau.....	42
IV.1.2 Le pH.....	42
IV.1.3 La Teneur en cendre.....	43
IV.1.4 Teneur en gluten.....	44
IV.2 L'étude des produits finis.....	45
IV.3 Résultat d'analyse sensorielle des produits finis.....	45
IV.4 Qualité générale des biscuits.....	51
IV.5 Résultats des analyses physicochimiques des biscuits.....	51
IV.6 La Valeur énergétique.....	52
Conclusion.....	54
Références.....	55
Annexe.....	60

Liste des Figures

Figure I.1 : Coupe longitudinale présentant les constituants du grain de blé.....	2
Figure I.2: Principe de la mouture du blé tendre.....	7
Figure I.3 : Avena sativa.....	9
Figure I 4 : Avena nuda.....	10
Figure II.1 : Diagramme des étapes de fabrication du biscuits.....	26
Figure III.1: Farine complète de blé tendre.....	27
Figure III.2 : Farine d'avoine.....	28
Figure III.3 : Pétrissage de la pâte.....	34
Figure III.4 : la pâte de biscuits.....	34
Figure III.5 : Façonnage de la pâte.....	34
Figure III.6 : Refroidissement des biscuits.....	35
Figure III.7 : Emballage des biscuits.....	35
Figure III.8 : Diagramme de fabrication.....	36
Figure IV.1 : Teneur en eau des matières premières étudiées.....	42
Figure IV.2 : pH des matières premières étudié.....	43
Figure IV.3 : Taux de cendre des matières premières étudiées.....	43
Figure IV.4 : Taux de gluten des matières premières étudiées.....	44
Figure IV.5 : Les biscuits fabriqués.....	45
Figure IV.6 : Les résultats statistiques de la forme des biscuits fabriqués.....	47
Figure IV.7 : Les résultats statistiques de la friabilité des biscuits fabriqués.....	47
Figure IV.8 : Les résultats statistiques de la couleur des biscuits fabriqués.....	48
Figure IV.9 : Les résultats statistiques de l'odeur des biscuits fabriqués.....	49
Figure IV.10 : Les résultats statistiques du goût des biscuits fabriqués.....	49
Figure IV.11 : Les résultats statistiques de la fissuration des biscuits fabriqués.....	50
Figure IV.12: Les résultats statistiques de la texture des biscuits fabriqués.....	50

Liste des Tableaux

Tableau I.1 : Classification botanique du blé tendre.....	3
Tableau I.2 : Valeur nutritionnelle pour 100g de blé tendre.....	5
Tableau I.3 : Classification de la graine d'avoine.....	9
Tableau I.4 : Composition biochimique du grain d'avoine.....	10
Tableau I.5 : Composition nutritionnelle et valeur énergétique d'avoine.....	12
Tableau I.6 : Quelques problèmes de santé ayant potentiellement une relation inverse avec l'ingestion des fibres alimentaires.....	16
Tableau III.1 : Les essais de préparation des biscuits à la farine d'avoine et la farine complète de blé tendre.....	33
Tableau III.2 : Les quantités des ingrédients pour la fabrication des biscuits.....	33
Tableau IV.1 : Résultats d'analyse organoleptique des biscuits secs fabriqués.....	46
Tableau IV.2 : les résultats des analyses physicochimiques des biscuits 10% avoine et le témoin.....	52
Tableau IV.3 : La valeur énergétique du biscuit à base de farine d'avoine (10%) A partir de résultats obtenues et la comparaison avec le témoin.....	53

Abréviations

FC : farine complète de blé tendre.

FA : farine d'avoine.

T150 : farine complète de blé tendre.

N : Normalité.

g/mol : gramme par mol.

% : pourcentage.

g : gramme.

Min : minutes.

MGV : matière grasse végétale.

°C : degré celsius.

pH : Potentiel d'hydrogène.

ml : Millilitre.

JORA : Journal officiel de la république algérienne

AFNOR : Association française de normalisation

NA : norme algérienne

NF : norme française.

Kcal : kilocalorie

KJ : kilojoule

µm : micromètre

mm : millimètre

Ms : matière sèche.

Introduction

Introduction

L'industrie de la biscuiterie occupe une place appréciable dans l'industrie alimentaire en Algérie et en monde entier. Ce produit destiné surtout à la consommation infantile et des personnes âgées prend de plus en plus d'importance. **(Anonyme, 2015).**

Les biscuits sont des produits de boulangerie les plus populaires consommés, ceci est principalement dû à leurs qualités gustatives, leurs disponibilités dans différentes variétés, leurs coûts accessibles, ainsi que leur longue durée de conservation. **(Anonyme, 2015).**

En Algérie la fabrication des biscuits se base sur l'emploi des farines de blé tendre cependant il existe d'autres types de farines comme : la farine complète de blé tendre, de maïs, riz, dattes, sorgho, avoine etc. **(Anonyme, 2015).**

Les biscuits et gâteaux sont des aliments familiers, intergénérationnels et modernes, savoureux chargés de souvenir et de plaisir. Il existe une variété infinie de biscuits et gâteaux, grâce à la combinaison de nombreux facteurs tels que l'histoire et les traditions régionales, les ingrédients utilisés, les différentes technologies ; ce qui va entraîner aussi une très large palette de composition nutritionnelle. **(Denis, 2011).**

Les biscuits et gâteaux sont composés de trois matières premières principales : la farine (ingrédient principale qui représente jusqu'à 80% des ingrédients selon la recette, la moyenne d'ingrédients céréaliers étant de 41%), les matières sucrées et les matières grasses **(Denis, 2011)**. Ce sont des aliments à faible teneur en humidité, les biscuits secs en contiennent environ 2% et les gâteaux moelleux jusqu'à 20%, cette faible teneur en humidité permet une longue conservation.

Des nombreuses entreprises cherchent à réduire les teneurs en sucres et en matière grasse de leurs produits (qualité et quantité), soit par des rénovations de recettes, soit par le développement de nouveaux produits. En cas de diminution de la quantité de matières grasses ou sucres, la teneur en farine est augmentée. Des biscuits à base de farine complète sont aussi développés. Toutefois, l'emploi de ce type de matière complète est limité par des contraintes technologiques, le goût et l'aspect qu'elles confèrent au produit (couleur sombre, irrégularité, fermeté plus importante). Qui ne correspond pas toujours aux attentes des consommateurs.

L'objectif de notre étude est d'élaborer des biscuits secs ayant un profil nutritionnel amélioré et enrichi en protéine et en fibres. Pour ce faire nous nous proposons d'utiliser des farines complètes de blé tendre et d'avoine à différents pourcentages dans la fabrication de biscuits et d'étudier ainsi l'acceptabilité de ces biscuits par les consommateurs.

Le document est présenté selon le plan suivant :

- Une première partie relative à l'étude bibliographique comprenant deux chapitres dont le premier ; des généralités autour du blé, l'avoine et les fibres alimentaires le deuxième présente la technologie biscuiterie.
- Une deuxième partie expérimentale présente le matériel végétal utilisé, les méthodes nécessaires pour la confection des biscuits et même le déroulement du test de dégustation.
- Une troisième partie concernant les résultats obtenus, leurs analyses et leurs discussions.

Chapitre I : Blé tendre, Avoine et les Fibres alimentaires

I.1 Le blé tendre :

I.1.1 Définition et taxonomie :

I.1.1.1 Définition :

Le « Blé » est un terme générique désigne plusieurs céréales appartenant au genre *Triticum*. Ce sont des plantes annuelles de la famille des graminées ou Poacées, cultivées dans de très nombreux pays. Le terme blé désigne également le grain (caryopse) produit par ces plantes. C'est une plante annuelle aux racines fibreuses a tiges hautes et généralement creuses portant des nœuds d'où partent des feuilles des sommets de la tige portent une grappe de fleurs qui se transforme en graine (**Feillet, 2000**), la longueur du grain de blé est entre 0.48 et 0.95 centimètre et le poids est d'environ 35 milligrammes selon les variétés et le degré de maturité. Il est caractérisé par une brosse et est parcouru en surface par un sillon longitudinal dont le repli attient parfois le quartier médian du grain. Ce caryopse comprend trois parties : les enveloppes ou son (13%), l'albumen (84%) et le germe (3%). Les enveloppes sont soudées à l'albumen et constituées de couches de cellules superposées. (**Boudreau. Ménard, 1992**)

Le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*) sont les deux espèces les plus cultivées dans le monde

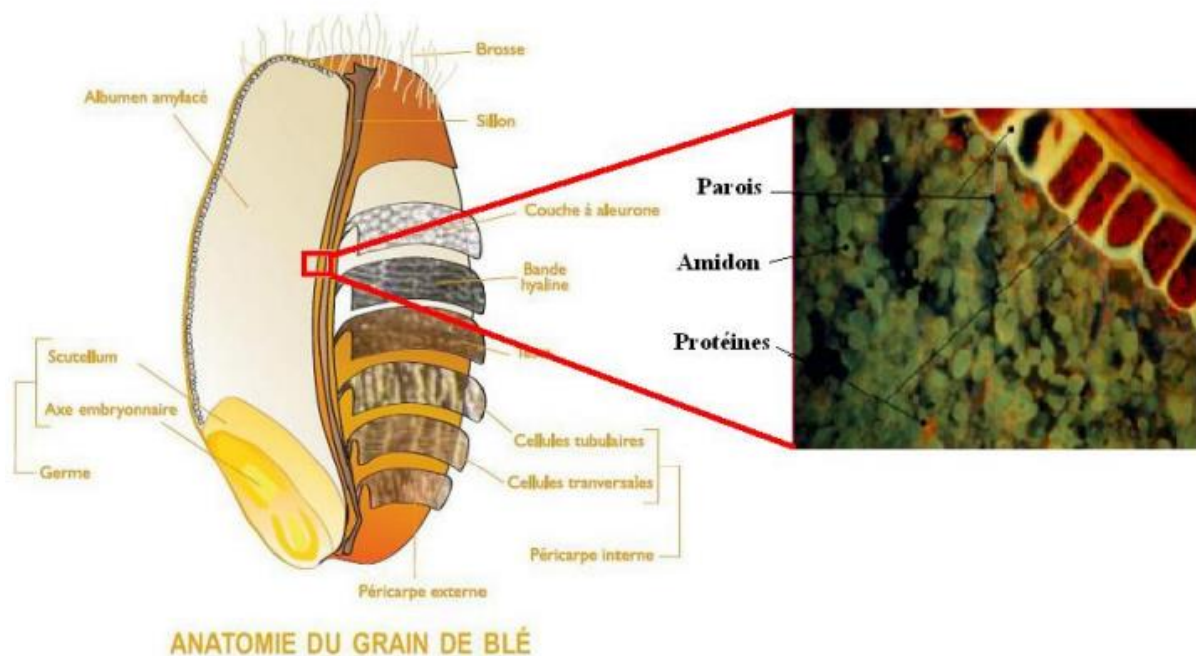


Figure I.1 : Coupe longitudinale présentant les constituants du grain de blé (**Paul, 2007**)

I.1.1.2 Taxonomie : (Feillet, 2000)

La classification de blé tendre est mentionnée dans le tableau suivant :

Tableau I.1: classification botanique du blé tendre (Feillet, 2000).

Famille	<i>Gramineae</i>
Sous-famille	<i>Festucoideae</i>
Tribu	<i>Triticeae</i>
Sous-tribu	<i>Trticineae</i>
Genre	<i>Triticum</i>

I.1.2 La composition biochimique du grain de blé tendre :

Le grain de blé est constitué majoritairement d'amidon qui représente environ 70 % de la matière sèche du grain et qui est situé dans l'albumen. Les protéines représentent entre 10 à 15% de la matière sèche et se retrouvent dans tous les tissus du grain de blé avec une concentration plus importante dans le germe et la couche aleurone. Les pentosanes (polysaccharides non amylacés) représentent quant à eux entre 8 et 10% de la matière sèche et sont les principaux constituants des parois cellulaires de l'albumen (70 à 80%) (Pomeranz, 1988)

➤ **Glucides :**

Les glucides ou sucres se présentent sous forme d quelques sucre simples mais surtout de composés plus ou moins complexes de ces mêmes sucres simples tels que le glucose et pentose. Le plus important est l'amidon qui est la substance énergétique par excellence. la cellulose qui entre dans la composition du périsperme est un glucide complexe. (Feillet, 2000)

Amidon C'est un glucide qui se trouve en plus grande quantité dans l'albumen, et peut atteindre 82 % de la matière sèche de blé, c'est l'un des polymères fonctionnels les plus importants des aliments en raison de son pouvoir gélifiant et fixateur d'eau. (Boudreau, Ménard, 1992)

➤ **Protéines**

Les grains de blé renferment un grand nombre de protéines : des protéines de structure, des protéines biologiques actives et des protéines de Réserve. Ces protéines ne sont pas réparties dans le grain de blé uniformément, elles sont surtout localisées dans le germe et l'assise protéique. Les protéines sont les seules composés responsables à la fois de l'extensibilité, ténacité, élasticité et cohésion de la pâte. Parmi les différents types de protéines du blé le gluten est le plus important. (Benhania, 2013), c'est un composés amorphe combines avec de l'amidon dans l'endosperme de la plupart des céréales. Il constitué environ 80% des protéines contenus dans le blé et se compose de gliadines et de gluténines. Le gluten est responsable de l'élasticité de la pâte malaxée ainsi que masticabilité des pates des produits à base de céréales cuits au four. C'est un composant essentiel dans la fabrication du pain et de biscuit. (Godon, 1991).

➤ **Lipides**

Les lipides représentent une classe complexe hétérogène d constituants, que nous définirons comme étant insolubles dans l'eau et solubles dans les solvants organiques (chloroforme, éther, benzène...).

Ils sont constitués de longues chaînes hydrocarbonées et contiennent un ou plusieurs acides gras ou des dérivés d'acides gras.

Les lipides sont des constituants mineurs du blé puisqu'ils ne représentent en poids qu'entre 1.5 et 2.5 % (**Daniels et al, 1971**)

Le grain de blé est riche en acides gras saturés, localisés dans le germe (15%) et les enveloppes (12%). (**Calvel, 1980**)

➤ **L'eau**

L'eau dans le blé représente 8 à 9% avec une valeur moyenne de 14 % les caractéristiques de siccité des blés permettent de faciliter les opérations de transport, de conservation et la possibilité de traitement par voie sèche. Du point de vue physique et chimique son action de solvant favorise les réactions enzymatiques et les attaques microbiennes lorsque sa teneur dans le grain dépasse un certain seuil. (**Djelti, 2014**)

➤ **Les enzymes**

Elles sont présentes en faible quantité dans le grain, les plus importants sont :

- Les protéases : trouvées en quantité relativement faible.
- Les amylases : sont des hydrolases capables de dégrader spécifiquement les liaisons glucidiques de l'amidon (amylose et amylopectine). (**Adrian et Poiffait, 1996**)
- La lipase : est une enzyme lipolytique concentrée dans la couche d'aleurone et augmente au cours de germination. (**Potus et al, 1994**)

➤ **Les Substances minérales et les vitamines**

Pendant la maturité de la graine les substances de réserves sont accumulées soit dans le colédon, soit dans le péricarpe. Ces substances sont principalement des métabolites qui assurent la nutrition de la plantule lors de germination. (**Godon, 1991**)

On retrouve dans le blé les vitamines : B1, B2, B5, PP, B6 et E. les variations dues aux traitements technologiques sont beaucoup plus marquées car certaines vitamines sont très sensibles à la chaleur (**Godon, 1995**)

Le blé peut être plus ou moins riche en minéraux selon le sol, le climat, la fumure et même l'année (**Godon, 1995**).

I.1.3 La Valeur nutritionnel du blé tendre

Les tableaux suivantes présentent l'apport énergétique (calories) de 100 grammes de blé tendre et les nutriments (protéines, glucides, sucres, matières grasse/lipides, acides gras saturés, fibres alimentaire, sodium, sels minéraux et vitamines) qui entrent dans sa composition. Les quantités de nutriments indiquées sont des valeurs moyennes, ces valeurs peuvent varier pour différents types de blé tendre. Les valeurs nutritives (VNR) sont indiquées par portion de 100g

Tableau I.2 : valeur nutritionnelle pour 100g de blé tendre. (Anonyme, 2013)

Composition	Quantité
Energie	
Energie-calories	343 kcal
Energie-kilojoules	1460 kJ
Protéines	11.7g
Glucides	69.3g
Dont sucre	1.82g
Dont polyols	0g
Dont amidon	55.1g
Lipides	0.8g
Dont acide gras saturés	0.162g
Dont acides gras mono insaturés	0.112g
Dont acides gras polyinsaturé	0.494g
Dont acide gras Oméga 3	0.0384g
Dont acide gras Oméga 6	0.45562g
Dont acide gras Oméga 9	0.112
Sodium	2.9g
Eau	13.9g
Fibres	3.9g
Minéraux	
Magnésium	24.8mg
Phosphore	106mg
Potassium	24mg
Calcium	0.6mg
Manganèse	0.6mg
Fer	0.89mg
Cuivre	0.5mg
Zinc	0.7mg
Vitamines	
Vitamine E / tocophérol	0.46mg
Vitamine B1	0.15mg
Vitamine B2	0.04mg
Vitamine B3	1.31mg
Vitamine B5	0.55mg
Vitamine B6	0.07mg
Vitamine B9	16.4µg
Vitamine B12	0.09 µg

I.1.4 Transformation du blé tendre en farine

Pour obtenir la farine souhaitée, chaque meunier met au point un diagramme de mouture, c'est-à-dire « un programme de réglage des machines » qui permet la fabrication de la farine en fonction des caractéristiques du blé reçu et la farine souhaitée. Pour bien comprendre le processus de fabrication de farine ou de transformation du grain de blé en farine, ou plus précisément du principe d'extraction de farine, il faut comprendre le parcours que le grain de blé effectue dès son arrivée au moulin. (**Doumandji A. Doumandji S. Doumaldji M.B, 2003**)

I.1.4.1 Diagramme de mouture

L'objectif de la meunerie est d'isoler l'albumen amylopectin du grain exempt des parties périphériques (enveloppes et couches à aleurone) et du germe avec le meilleur rendement possible et à moindre coût.

La transformation des blés en farine se déroule en trois étapes :

- **Le nettoyage** des blés dont le but est d'éliminer les produits et grains contaminants.
- **Le conditionnement** qui permet d'augmenter l'élasticité des enveloppes et d'accroître la différence de friabilité entre les tissus du grain.
- **La mouture** proprement dite qui assure la séparation de l'albumen et des enveloppes et réduit l'albumen en fines particules. (**Feillet, 2000**)

I.1.4.1.1 Nettoyage de grain

Avant d'être broyé, le blé est nettoyé. C'est à l'occasion de ce nettoyage qu'il est débarrassé de diverses impuretés comme la poussière, le sable, la paille, des petites pierres, des graines étrangères etc. L'humidification qui suit le nettoyage a pour but de rendre le blé le plus souple possible de façon à pouvoir aisément séparer l'endosperme du son. Le broyage du blé sec entraîne la formation d'une fine poussière brune qu'il est ensuite impossible d'éliminer de la farine, le grain arrivant au moulin a le plus souvent cet aspect. (**Minoterie Tafna, 2017**)

I.1.4.2 Différentes étapes de la mouture (Feillet, 2000)

A. Le broyage :

C'est une opération qui permet d'ouvrir mécaniquement le grain, par cisaillement, choc ou compression et de détacher plus ou moins complètement l'amande qui se brise alors que les enveloppes, plus élastiques, résistent. Il est réalisé entre des cylindres cannelés tournant en sens inverse et à des vitesses différentes.

B. Le convertissage et le claquage :

Ils sont effectués dans des appareils à cylindres lisses, respectivement des convertisseurs et des claqueurs

C. Le tamisage (blutage) :

Il permet de séparer les produits en provenance de cylindres lisses et des cylindres cannelés en fonction de leur granulométrie. L'opération est réalisée dans des plansichters.

D. Le sassage

Il assure également la séparation des produits de mouture, les produits sont maintenus en suspension par un courant d'air ascendant au-dessus du tamis dont la largeur de maille diminue au fur et à mesure de la progression du produit, celle-ci étant assurée par l'inclinaison et le mouvement de va-et-vient des tamis.

E. La ségrégation

La ségrégation des produits repose sur leurs différences de densité et de propriétés aérodynamiques : les particules d'albumen amylicé, plus dense ($d=1.4$) que celles d'enveloppe ($d=1.2$), retombent plus rapidement sur les tamis et sont extraites en premier. (Feillet, 2000)

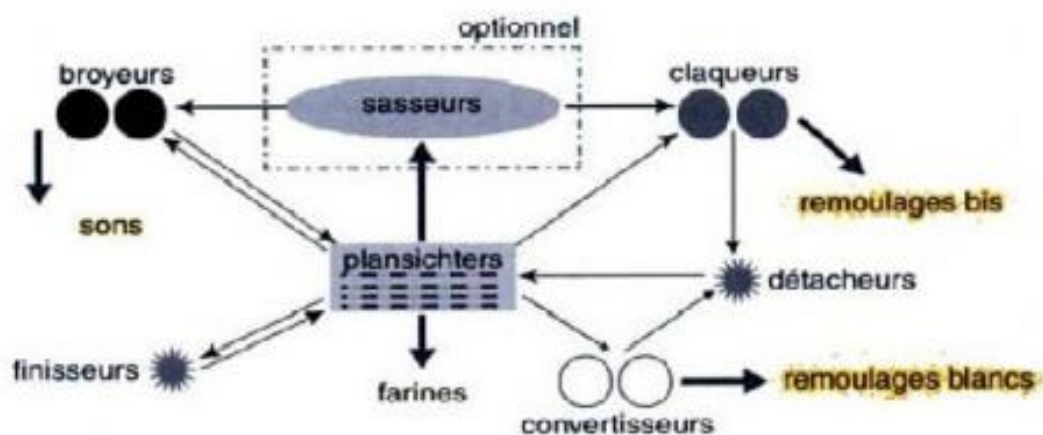


Figure I.2: principe de la mouture du blé tendre (Feillet, 2000)

I.2. L'avoine :**I.2.1 Généralités sur l'avoine**

L'avoine est une céréale récoltée en grains secs, assez champêtre avec de multiples fonctions, offre principalement deux débouchés, utilisée depuis des siècles pour l'alimentation humaine, sous différentes formes mais les flocons restent la forme la plus connue.

L'avoine est une espèce de céréale cultivée connue sous le nom scientifique « *Avena stavia L* », également appelée « avoine commune », « avoine byzantine », classée parmi les germinées (Coffman, 1997 ; Gibbs Russell et al, Bremness, 1999 ; Suttie, 2004).

Cette céréale, est une plante prometteuse pour l'avenir. Elle est comestible et bénéfique grâce à ses utilisations nutritionnelles, médicinales et pharmaceutiques, par conséquent, reconnue pour être utile à un monde plus sain (Nihed et al, 2015).

Egalement appelé Azekun en kabyle, El chouffan en arabe, et Oat en anglais.

I.2.2 Origine de culture

L'avoine est originaire du nord-est de l'Europe (Autriche et Russie) et des plateaux de l'Éthiopie et de la chine. Le plus ancien grain d'avoine a été découvert en Egypte dans les vestiges de la 12^e dynastie, autour de 2000 ans avant J.-C, et devait probablement provenir de plante sauvage puisque l'avoine n'était pas encore cultivée à cette époque. (Wissam et Mahdia. 2017).

La plus ancienne avoine cultivée a été découverte dans les grottes en suisse et daterait de l'époque de l'âge de bronze. L'avoine a été introduite en Amérique en 1609 sur les îles Elizabeth, sur les côtes de l'état du Massachussetts et Georges Washington, premier président des États-Unis d'Amérique, en aurait semé 234,71 hectares) en 1786. (Sirodot,2016).

I.2.3 Définition et classification taxonomique

I.2.3.1 Définition

L'avoine est une plante herbacée annuelle, cultivée (*Avena Sativa L.*), parfois appelée « avoine commune », « avoine byzantine » ou simplement « avoine », est une espèce de plantes monocotylédones de la famille des poaceae (graminées), sous famille des Pooideae. (Bermness, 1999)

Ce sont des plantes herbacées aux tiges (chaumes) dressées et feuilles linéaires lâches d'épillets composées de trois fleurs donnant les grains, aux inflorescences en panicules lâches, et des épillets retombants (Bermness, 1999).

L'avoine est cultivée comme céréale ou comme plante fourragère à couper en vert ; ses pousses tendres et sucrées aux animaux de la ferme. Elle fait partie des céréales à paille et est utilisée principalement en alimentation animale.

I.2.3.2 Classification taxonomique

Selon **Feillet (2000)** l'avoine est une plante annuelle herbacée monocotylédone

La classification de la graine d'avoine est expliquée dans le tableau suivant :

Tableau I.3 : classification de la graine d'avoine (**Feillet, 2000**)

Règne	Plante
Sous-règne	<i>Trancheobiona</i>
Division	<i>Magnolipha</i>
Classe	<i>Loliopsda</i>
Sous-classe	<i>Commelindie</i>
Ordre	<i>Cyperales</i>
Famille	<i>Poaceae</i>
Sous-famille	<i>Pooideae</i>
Tribu	<i>Aveneae</i>
Genre	<i>Savia</i>
Espèce	<i>Avena stavia</i>

I.2.4 Types d'avoines cultivées**A. Avena sativa :**

Avoine vêtue de type printemps et hiver dont les couleurs de l'enveloppe peuvent être, jaune (grise) ou noir



Figure I.3: Avena sativa (**Ali Meziani, 2014**)

B. Avena nuda

Avoine nue (grain sans enveloppe) possédant qu'une seule couleur d'amande claire. (Ali Meziani, 2014).



Figure I.4 : Avena nuda (Ali Meziani, 2014)

I.2.5 Composition biochimique

Composition biochimique de l'avoine :

Tableau I.4: composition biochimique du grain d'avoine (J I-Sánchez et al, 2020)

Composition	Valeur moyenne%	Intervalle %
Amidon	51.1	44-61
Protéines	15.2	11-20
Humidité	10	9-14
Fibres	8.9	7-11
Lipides	8.9	5-10
β-Glucane	4.2	2.2-6.6
Sucre libre	1.1	0.9-1.3

I.2.5.1 Les principaux composants de l'avoine sont :

- **Les protéines :**

Les quatre principales protéines du grain d'avoine sont l'albumine, la globuline, la prolamine et la glutéline, elles sont différentes de celles des autres céréales par leur concentration.

L'albumine et la globuline sont les principales protéines de stockage de l'avoine qui ont le plus haut équilibre des acides aminés essentiels pour le corps humain et spécialement riches en Lysine, tandis que la prolamine est la moins concentrée (**Singh et Al. 2003**).

Des études récentes ont démontré que l'avoine peut être toléré par la plupart des souffrant de la maladie cœliaque (**JI-Sanchez et al, 2020**).

❖ Les lipides :

Sont principalement stockés dans acides l'endosperme et se caractérisent par la teneur en acides gras insaturés. Ces lipides confèrent la stabilité et la longévité, et ne sont seulement impliqués dans les propriétés de la saveur et le collage du grain d'avoine mais déterminent également sa teneur énergétique et ses qualités nutritionnelles (**Zhou et Al, 1999**).

L'avoine est particulièrement riche en acides gras insaturés comme l'oléique (C 18 :1) et acide linoléique (C 18 :2), comptant pour environ 40 et 36 % du total de l'huile contenue (**Halima et Al, 2015**).

Les niveaux les plus élevés d'acide insaturé ainsi que les faibles quantités de graisses saturées peuvent réduire le risque cardiaque dans les maladies vasculaires, la teneur élevée en huile en fibres induit une sensation durable de satiété qui aide à perdre du poids (**JI Sanchez et Al, 2020**).

❖ Les Fibres :

Sont des polysaccharides non amylacés et lesquels un constituant. Propre à l'avoine qui est le β -glucane ; c'est des polysaccharides non amylacés formés par des glucoses reliés par des liaisons β (1-3) – (1-4) situés dans les parois cellulaires de l'endosperme et de l'aleurone (**Butt et Al, 2008 ; Clemens et Van Klinken, 2014**).

Les β -glucanes améliorent la dégradation des aliments en retardant la vidange de l'estomac avec un effet amortisseur sur l'oscillation du glucose dans l'intestin grêle et le sang provoquant un effet hypocholestérolémiant et améliorant l'équilibre de la microflore intestinale (**Frid et Al, 2007 ; khan et Al, 2008**). Ils modèrent la glycémie et réponse de l'insuline, en raison de sa viscosité. L'absorption du glucose et des stérols retarde la contribution à une atténuation des taux plasmiques de glucose et d'insuline postprandiaux (**Butt et Al., 2008**).

I.2.6 Composition nutritionnelle et valeur énergétique

L'avoine contient plusieurs variétés de nutriment, présentant de multiples effets bénéfiques sur la santé. Selon la base des données des nutriments welch et USDA, ces derniers sont cités dans le tableau :

Tableau I.5: composition nutritionnelle et valeur énergétique d'avoine (Welch et USDA).

Composants	Avoine (100g)
Energie (Kcal)	401
Carbohydrate (g)	72.8
Protéines (g)	12.4
Matières grasse (g)	8.7
Fibre alimentaire (g)	6.8
P (mg)	380
K (mg)	370
Mg (mg)	110
Ca (mg)	55
Se (µg)	8.6
Fe (mg)	4.1
Zn (mg)	3.3
Niacine, vitamine B3 (mg)	3.8
Vitamine E (mg)	1.7
Thiamine (mg)	0.50
Cu (mg)	0.23
Vitamine B6 (mg)	0.12
Acide folique (µg)	60
Riboflavine (mg)	0.10

La composition de l'avoine diffère selon leur génotype et les différentes conditions environnementales, par conséquent, elle être améliorée par des pratiques agronomiques et des approches génétique (Nihed et al, 2015).

I.2.6 Prévention des maladies :

L'avoine est riche en antioxydant qui permettant la prévention des maladies chronique telles que le diabète type 2, et les maladies cardiovasculaires, parmi ces antioxydants, les tocotriénols qui possèdent des propriétés hypocholestérolémiantes chez l'homme (Thies et al, 2014 ; tong et al, 2014)

Il a récemment été prouvé que l'huile d'avoine favorise l'extraction des lipides fécaux qui conduisent à la réduction des concentrations de cholestérol plasmique et hépatique. Plusieurs études ont porté sur l'avoine entant qu'agent thérapeutique pour guérir les maladies aigues comme la tumeur du colon et la stéatose hépatique (Wang et al, 2011 ; Cais e al, 2012 ; tong et al, 2014)

Les fibres de l'avoine se distinguent de celles des autres céréales par leur teneur élevée en bêta-glucane, qui réduit considérablement le taux de cholestérol sanguin chez les adultes atteint de l'hypercholestérolémie (thongoun et al, 2013).

I.2.7 Transformation du grain en farine :

La plupart des producteurs ne garde pas leurs céréales à la ferme mais préfèrent plutôt, directement après la récolte, les vendre à des entreprises spécialisées qui s'occupent de leur nettoyage, triage, stockage et quelques fois même de leur transformation, mais cela nécessite des installations et un certain savoir-faire (**Annet, 2016**)

Ce processus est composé de différentes étapes :

➤ **Premier nettoyage :**

Afin de nettoyer les céréales reçues, humides, qui présentent encore des impuretés, tels que les cailloux, les herbes, les céréales vides et rongées, un nettoyeur-séparateur, de sorte d'aspirateur énorme est considéré comme premier nettoyeur.

La propreté des grains favorisera par la suite le séchage par refroidissement et ventilations (**Annet, 2016**).

➤ **Séchage et ventilation :**

Afin d'optimiser une bonne conservation des céréales, deux critères doivent être respectés, une humidité inférieure à 16% et une température inférieure à 15°C. Alors qu'un séchage avec de l'air sec ne dépassant pas 40°C permet de diminuer le taux d'humidité du grain, une ventilation qui est d'autant plus efficace quand elle est réalisée à la nuit ou le matin quand il fait frais, permet de refroidir la température du grain qui était récolté à 30°C, en l'abaissant à un degré de conservation 20°C dès la mise en silo, puis à 12°C, cette étape est très importante et doit se faire avant décembre pour éviter la différence de température entre le grain et l'air ambiant, ce qui pourra entraîner des moisissures, et enfin à la température idéal qui est de 5°C pour assurer sa stabilité ultérieure et préserver la qualité nutritionnelle du grain (**Annet, 2016**)

➤ **Stockage :**

Les céréales sont nettoyées, séchées, puis stockées dans des silos bien aérés, différents pour chaque type de céréales, équipés chacun d'un thermomètre, contrôlant quotidiennement la température pendant la récolte et les semaines qui suivent. Cette température sera contrôlée de façon hebdomadaire lorsqu'elle atteint la condition requise (**Annet, 2016**)

➤ **Décorticage :**

Après le battage, certains grains comme l'avoine, gardent leurs enveloppes, d'où vient le nom d'avoine vêtue. Afin de préserver les propriétés gustatives du grain et de le protéger le maximum contre la pourriture, cette couche indésirable à la consommation doit être enlevée juste avant la mouture ou l'aplatissage grâce à une décortiqueuse réglée de façon à ce que ces enveloppes externes se détachent du grain sans que le son et le germe ne soient touchés (**Annet, 2016**)

➤ **Nettoyage :**

Afin d'assurer un bon processus de nettoyage il est tout d'abord nécessaire de séparer les impuretés en fonction de leur densité ; les cailloux pèsent plus lourd que les céréales, la paille et les pellicules sont moins lourdes, c'est pour cela qu'il existe plusieurs tamis pour tamiser

les parties qui sont trop petites ou trop grandes, et de cette façon, les céréales sont enfin propres et prêtes à être aplaties ou vendues dans des magasins (**Djamel, 2016**)

I.2.8 Forme du grain :

➤ **En farine : mouture**

Afin d'obtenir la farine d'avoine avec un aspect brunâtre, on procède à sa mouture qui se déroule comme suit : broyage, le grain d'avoine passe entre de gros cylindres métalliques afin de séparer les enveloppes et l'amidon par écrasement. Ensuite, l'étape du claquage et du convertissage, après le passage au moulin, la farine passe dans un blutoir, ceci afin d'obtenir le type de farine souhaité. Le blutage se base sur le principe du tamisage (**Annet, 2016**).

➤ **En flocon : aplatissage**

Avant que les céréales soient battues et aplaties, elles sont d'abord trempées le premier jour, puis le lendemain afin qu'elles deviennent douces et souples, elles sont déversées dans un silo, tombant sur une chaîne roulante où elles sont chauffées à l'aide de brûleurs à gaz, pendant quelques minutes dans le cas d'avoine pour éviter un goût amer pendant la conservation, car il contient une quantité importante de matière grasse, et si le grain est endommagé il risque de devenir rance sous l'influence d'une enzyme (lipase), c'est pour cela que le préchauffage interrompt l'activité de cette enzyme et le flocon garde son bon goût, l'amidon du grain est suffisamment lié pour que le flocon ne se décompose pas. Après le chauffage, les céréales sont laminées sous forme de flocons grâce à des laminaires, ensuite ils tombent sur une bande, ils se refroidissent et se sèchent (**Djamel, 2016 ; Annet, 2016**).

I.2.9 L'importance de la culture d'avoine en Algérie :

La culture des céréales a été, et restera l'élément essentiel de l'agriculture algérienne. Une superficie de 2448200 hectares lui est consacrée. Les céréales fournissent les aliments de base et occupent une place de choix dans l'alimentation des populations algériennes. Ils représentent 50% des dépenses des ménages. Ces céréales constituent 60% de l'apport calorique et 71% de l'apport protéique de la population algérienne (**Bensalem, 1998**).

Actuellement l'Algérie occupe la 5^{ème} place dans la consommation des céréales (établi par le conseil international de céréales (CIC)). En Algérie, l'avoine vient en quatrième position avec une superficie moyenne de l'ordre de 68095.5 ha après le blé dur qui occupe une superficie moyenne de 1314014 ha très importants par rapport aux autres céréales, et à la surface destinée à la céréaliculture (**direction des services agricole, 2016**).

La production mondiale d'avoine est d'environ de 22.5 à 25 million de tonnes lors de la campagne 2011-2012 cultivé sur 10.6 millions d'hectares, globalement, la production annuelle est très inférieure à celle de blé, de maïs, ou même d'orge (**planetoscope, 2012**).

I.3. Les fibres alimentaires :

I.3.1 Définition :

Ce sont des polymères glucidiques d'origine végétale (cellulose, pentosanes, gommés, pectines...) associés ou non dans la plante à lignine ou à d'autres constituants glucidiques (phénols, cires, phytates,) ou des polymères glucidiques transformés physiquement, chimiquement, ou par voie enzymatique) ou encore des polymères synthétiques. En outre les fibres alimentaires ne sont ni digérées ni absorbées dans l'intestin grêle (**Afssa, 2002**).

I.3.2 Les différents types des fibres alimentaires :

Il existe deux types de fibre : les fibres solubles, que se dissolvent dans l'eau, et les fibres insolubles qui ne se dissolvent pas dans l'eau. La teneur totale en fibres de la plupart des aliments d'origine végétale se composent des deux types de fibres dans diverses proportions.

I.3.2.1 Fibres solubles :

Les fibres solubles regroupent plusieurs composés tels que la pectine, la cutine, les gommés, l'inuline, les mucilages, les galactomananes et les hémicellulose solubles sous forme d'arabinoxylanes ou des pentosanes. La séparation des fibres alimentaire sous forme soluble ou insoluble est un critère analytique basé sur leur solubilité dans différentes solutions. Les fibres solubles font parties de composés solubles dans l'eau. Dans la farine les arabinoxylanes constituent 20 à 25 % des fibres solubles dans l'eau et formeraient un gel en contact avec des agents oxydants (**Linebackfr et Rasper, 1998**). Les arabinoxylanes soluble forment des solutions extrêmement visqueuses (**Rouau, 1996**). Agissent globalement positivement sur les qualités de la pâte et du pain, à l'opposé des arabinoxylanes insolubles. Ce même auteur a monté l'enlèvement de composé solubles du son de blé donne des pâtes molles et collantes avec production des pains non développés. Lorsque des arabinoxylanes solubles dans l'eau sont ajoutés aux pâtes, les propriétés de la mie s'amélioreraient (**Rodionova et Al., 1992**).

C'est donc pour ces raisons que les composés solubles des fibres alimentaires sont utilisés comme améliorant que les composés solubles des fibres alimentaires sont utilisés comme améliorants des pâtes à pain (**Lineback et Rasper, 1988**)

I.3.2.2 Fibres insolubles :

Les fibres insolubles sont constituées d'hémicelluloses, de cellulose, de lignine et, d'amidon résistant. Il existe un gradient de concentration des arabinoxylanes insolubles, du centre vers la périphérie du grain de blé (**Rouau, 1996**) où 93% des fibres du son de blé se retrouvent sous forme insoluble (**Asp, 1996**). La teneur en cendres serait, par conséquent, corrélée avec la concentration d'arabinoxylanes insolubles (**Rouau, 1996**). Les fibres insolubles seraient difficiles à digérer puisqu'une réaction à deux phases intervient, mais des particules insolubles peuvent fournir une surface favorisent la croissance des micro-colonies

bactériennes (**Chaplin, 2004**). Les fibres insolubles augmentent et ramollissent les selles en absorbant de l'eau en augmentant le volume des selles (**Rosado, 2000**). Le résultat est une diminution du temps de transit intestinal et une augmentation de la fréquence des mouvements gastrique (**Rosado, 2000**)

I.3.3 Les effets des fibres alimentaires sur la santé :

Les fibres alimentaires sont reconnues pour leurs propriétés techno- fonctionnelles en raison de leurs actions épaississantes et gélifiantes de même que pour leurs effets physiologiques spécifiques et systématiques. En plus de diminuer la réponse glycémique et insulinémique, ces dernières sont bénéfiques pour le maintien de la santé intestinale (**Cummings, 2001**), la prévention du développement des maladies cardio-vasculaires, tels l'hypertension et l'hypercholestérolémie (**Fernandez, 2001**) de même que pour la régulation de l'appétit et la perte de poids (**Howarth et AL., 2005**).

Les fibres alimentaires sont reconnues pour leurs effets bénéfiques potentiels contre plusieurs maladies (Tableau). Les céréales sont les aliments les plus riches en fibres alimentaires. La quantité et la nature chimique des fibres alimentaires pourraient expliquer des variations de fonctionnalité dans les intestins, par exemple, leurs caractéristiques de fermentation (**Nandini et Salimath, 2001**).

Tableau I.6 : quelques problèmes de santé ayant potentiellement une relation inverse avec l'ingestion des fibres alimentaires. (**Divries, 2003**).

Problèmes De santé	
Constipation	Diverticulose
Appendicites	Obésité
Calculs biliaires	Cancer du gros intestin
Diabète	Maladies cardiovasculaires

I.3.3.1 Effet sur la satiété :

Les fibres, principalement les fibres solubles, ont la capacité de provoquer un sentiment de satiété, par leur action sur la viscosité de l'aliment et celle du bol alimentaire tout au long de la digestion (**Pereira et Ludwig, 2001**). Plusieurs fibres sont fermentées par la flore microbienne du côlon. Parmi les sous-produits de cette fermentation, les acides gras à courte chaîne jouent un rôle potentiel sur la satiété. Ces acides gras provoquent la sécrétion du peptide PYY par les cellules-L de la paroi du côlon. L'augmentation de la concentration de cette hormone dans la circulation sanguine diminue la motilité de l'estomac, ayant pour effet de ralentir la vidange gastrique, d'où une augmentation de la satiété (**Cherbut, 2003**).

I.3.3.2 Régulation de la glycémie :

Les fibres alimentaires solubles ralentissent l'absorption du glucose, mais n'entraîneraient pas de malabsorption réelle de celui-ci (**Hébuterne, 2002**). Ces fibres solubles par leur viscosité ralentissent la digestion permettant ainsi de limiter l'augmentation de la glycémie après un repas (taux de sucre dans le sang) en ralentissant la vidange gastrique. Elles contribuent également à une meilleure régulation glycémique, en particulier chez le sujet diabétique ; les plus efficaces sont les fibres solubles (**Vierling et Frenot, 2001**).

I.3.3.3 Effet hypocholestérolémiant:

Les fibres solubles exerceraient un effet hypocholestérolémiant par un mécanisme d'augmentation de la viscosité de l'estomac et du contenu de petit intestin (**Caballero et Al., 2004**). Lorsque les fibres solubles atteignent le côlon ou elles fermentées par les microorganismes qui s'y trouvent, certains acides gras à chaîne courte se forment, tels l'acide acétique, acide butyrique et l'acide propionique (**Spiler, 2007**).

Ces acides gras abaissent le Ph du côlon et provoque l'insolubilisation des sels biliaires qui sont alors davantage excrétés. L'effet hypocholestérolémiants des fibres insolubles est attribué à leur capacité d'absorption d'une partie du cholestérol sanguin (**Caballero et Al., 2004**).

De plus la réduction du taux de cholestérol sanguin semble être de plusieurs facteurs, dont un serait dû à la consommation de fibres alimentaire (**L'Institute of médecine, 2002**). Recommande de consommer 25 et 38 g/jour des fibres alimentaires pour les femmes et les hommes, respectivement, afin de se protéger des maladies coronariennes (cardiaque). La consommation médiane des fibres alimentaires devrait varier entre 16.5 et 17.9 g/jour pour les hommes et entre 12.1 et 13.8 g/jours pour les femmes (**Institute of médecine, 2002**).

Par contre, on ignore la dose maximale pour les fibres alimentaires.

I.3.3.4 Prévention contre certains cancers :

Selon (**Bingham et Al, 2003**), dans les populations où la consommation de fibres alimentaires est faible, le fait de doubler la consommation de fibres totales dans l'alimentation (non sous forme de supplément ou additifs alimentaire) réduit le risque de cancer colorectale de 40%. Par contre aucun travail scientifique n'a pu démontrer la supériorité d'une source de fibre par rapport aux autres dans l'efficacité de lutte contre le risque de cancer colorectal (**Bingham et Al, 2003**).

Les fibres alimentaires préviennent le cancer du côlon (**Spiller, 2007**) : Elles lient les composés cancérigènes ;

- Modifient la concentration des acides biliaires ;
- Accélèrent le temps transit et l'élimination des sous-produits de la digestion et d'autres fonction organiques possiblement cancérigènes ;
- Fermentent et produisent des composés protecteurs (dont l'acides butyrique qui acidifie le côlon et le garde donc en santé).

Chapitre II : Les Biscuits

II.1 Historique des biscuits :

Les origines des biscuits et les gâteaux remontent à une dizaine de milliers d'années lorsque la bouillie de céréales devient galette, premier aliment susceptible d'être conservé. Au début c'était des produits consommés par les pharaons égyptiens, les grecs et les romains. En effet, la biscuiterie est d'origine égyptienne, environ 2500 ans avant JC.

L'étymologie du mot biscuit est donnée par Jean de Joinville, un chroniqueur français, qui a parlé de ces petits pains cuits deux fois. C'est un terme venant du latin « pains biscotus » qui signifie « pain cuit deux fois ». **(Kabore, 2012)**

II.2 Définition des biscuits :

L'origine du mot biscuit est « Bis-cuit », qui signifie subir une double cuisson. En effet, ce procédé exige que les pâtons soient d'abord cuits comme le pain, puis placés dans les compartiments au-dessus du four pour réduire leur teneur en humidité.

C'est un aliment à base de farine alimentaire, des matières grasses, matière sucrantes et d'autres ingrédients. La composition des biscuits varie énormément selon leur type. **(Armand et Germain, 1992; Cheblaoui et Yahiantene, 2016)**

Le concept de biscuit recouvre une gamme de produits très large. Ils se distinguent par leur composition, leur forme et les techniques de fabrication utilisées. **(Broutain, 2001)**

Après la cuisson le biscuit doit conserver ses qualités organoleptiques et commerciales durant une période supérieure à un mois. **(Broutain 2001)**

II.2.1 C'est quoi un biscuit diététique ?

C'est un biscuit riche en fibres, il est composé de farines complète ou intégrales, de son de blé, de germe de blé ou son d'avoine. Les biscuits diététiques se révèlent plus riches en fibres que les biscuits classiques.

Leurs ingrédients sont globalement moins riches : comme n'importe quelle friandise, les biscuits diététiques contiennent évidemment des ingrédients raffinés. Mais ceux qui entrent dans leurs compositions sont moins caloriques que les biscuits classiques. **(Delphine FB, 2014)**

II.3 La classification des biscuits :

Il n'existe pas de classification officielle des biscuits en raison de la très grande variété des productions et la multiplicité des composants pouvant entrer dans les diverses fabrications.

Cependant, une classification peut être envisagée en se basant sur la consistance de la pâte avant cuisson, on distingue : **(Soulef, 2010)**

- Les pâtes dures ou semi-dures donnant naissance au type de biscuits secs sucrés et salés : casse-croûte, sables, petit beurre, etc. c'est une fabrication sans œufs.
- Les pâtes molles s'adressent à la pâtisserie industrielle. Il s'agit à la fois de biscuits secs, et d'articles moelleux tels que la génoise. La particularité de ces biscuits est leur richesse en œufs et en matières grasses.
- Les pâtes qui ont une forte teneur en lait ou en eau et contiennent peu de matières grasses. Ce sont les pâtes à gaufrettes.

Certains produits n'entrent pas dans ce système de classification et c'est le cas notamment ; des pains d'épices, des crackers et divers «amuse-gueule» (ou snacks)

II.4 Les matières utilisées dans la fabrication du biscuit :

La recette de base des biscuits est faite de farine, de matière grasse, de sucre et d'eau. Les proportions de ces quatre constituants varient au sein d'une large plage d'un produit à l'autre. D'autres ingrédients sont souvent présents comme les œufs, le lait, les fruits secs, les amandes, le chocolat, les émulsifiants et les agents levants. **(Feillet, 2000)**

II.4.1 La Farine :

Malgré la diversité des produits rencontrés en biscuiterie, la farine reste la matière première principale de ce secteur. Généralement la farine de froment est la plus utilisée pour la confection des biscuits. Certains facteurs intrinsèques à la farine comme les protéines ont une influence qualitative sur la qualité du produit fini, donc la teneur en protéines doit être comprise entre 7.5 à 10%. **(Menar D et al, 1992)**

En effet, l'industrie biscuitière recherche des farines extraites de blés à faible teneur en protéines inférieure à 11% de sorte former une pâte extensible et non élastifiée afin d'éviter sa rétraction après laminage. **(Feillet, 2000)**. Malgré tous les appareils utilisés pour déterminer les caractéristiques, le test de cuisson demeure le meilleur moyen de vérifier la qualité biscuiterie de la farine. **(Kechaha, 2015)**

II.4.2 La matière grasse :

Il existe diverses matières grasses qui peuvent être utilisées en biscuiterie sèche tant d'origine animale que végétale et transformées ou non. Ce sont les huiles et les graisses végétales, le beurre de cacao, le beurre, la margarine, les matières grasses hydrogénées. Le choix réside sur plusieurs caractéristiques dont la plasticité, une bonne aération, les propriétés d'émulsification, la couleur, le coût et la conservation. **(Razanajatovo, 1995)**

Les matières grasses sont utilisées à raison de 10 à 18 du poids de la farine dans la fabrication des biscuits secs du genre petit beurre et 20 à 24 % pour les biscuits sables. **(Kiger, J, L. Kiger, J. G, 1968)**

Les matières grasses jouent plusieurs grands rôles dans la technologie des biscuits **(Kiger, J, L. Kiger, J. G, 1967)**

- Elles accroissent la plasticité de la pâte ce qui se traduit par une diminution de la consistance sans ajouter de l'eau supplémentaire qu'il faudrait évaporer au cours de la cuisson
- Elles coupent le corps de la pâte et limitent ainsi le développement du gluten et donnent la friabilité du produit
- Elles ont un coefficient de conductibilité thermique très élevé ce qui permet une transmission rapide de la chaleur à travers la pâte
- Elles empêchent toute tendance de collage de la pâte
- Elles améliorent la texture et la couleur des biscuits
- Elles augmentent la valeur nutritionnelle des biscuits avec l'apport de calories supplémentaires.

II.4.3 Le sucre :

Les matières sucrantes représentent 16 à 25% du poids des matières premières utilisées en biscuiteries. La biscuiterie utilise principalement le sucre ordinaire ou saccharose et le sirop de glucose. Pour la fabrication de biscuit sablé, il est préférable d'utiliser le sucre ordinaire broyé pour favoriser l'état sableux du produit fini. **(Kiger, J, L ; Kiger, J. G, 1968)**

Le saccharose est la matière première sucrée de base pour la fabrication de biscuits. Le saccharose ou tout simplement sucre est extrait de divers types de plantes dans principalement la canne à sucre et la betterave.

En biscuiterie, la matière sucrante joue le rôle d'agent de conservation, aromatisant et colorant. Elle aide à retarder le rancissement de la matière grasse. **(Jean-François, 1994)**

II.4.4 L'eau :

L'eau est un facteur essentiel dans les comportements rhéologiques des pâtes, il sert à hydrater la farine, rassembler, coller, gonfler toutes les particules d'amidon de la farine et favoriser les réactions entre la farine et les autres ingrédients de la pâte. L'eau est nécessaire pour la solubilisation des ingrédients, pour l'hydratation des protéines et pour le développement d'un réseau de gluten. **(Sofia, 2016)**

II.4.5 Levures chimiques :

Les levures chimiques sont des substances alcalines génératrices d'acide carbonique. Elles facilitent la levée de biscuit et elles confèrent après la cuisson une structure alvéolaire. **(Sofia, 2016 ; Rajem et Derghal, 2016)**

II.4.5.1 Bicarbonate de sodium (NaHCO_3) :

C'est la substance chimique de levée, cette poudre blanche, cristalline, inodore, à saveur salée, est assez peu soluble dans l'eau. Le bicarbonate de sodium soumis à une température (à partir de 20°C) ou mélangé avec l'acide dans la levure chimique, dégage du dioxyde de carbone, ce qui rend les produits meilleurs et plus digestibles, et il favorise la levée des pâtes. **(Sofia, 2016 ; Rajem et Derghal, 2016)**

II.4.5.2 Bicarbonate d'ammonium (NH_4HCO_3) :

Se présente sous forme de masse blanche translucide. Au début de la cuisson, il se décompose en produisant du gaz carbonique servant à la levée de pâte et l'ammoniac entraînant une caramélisation plus intense des sucres par la chaleur (plus le dégagement de CO_2 et NH_3). Les produits auront une couleur brune plus foncée. (Sofia, 2016 ; Rajem et Derghal, 2016)

II.4.5.3 Pyrophosphate :

Les pyrophosphates sont très connus sur le marché biscuitier. Ils diffèrent les uns des autres par leur vitesse. Son rôle est de :

- D'accélérer les dégagements de CO_2
- Augmente les gonflements en présence de la chaleur. (Sofia, 2016 ; Rajem et Derghal, 2016)

II.4.6 Le sel :

Le sel alimentaire se présente principalement sous forme de NaCl qui est la formule chimique du sel de table (Girard et al, 2014) son rôle est d'accélère le ramollissement de la croûte et la préservation des aliments. (Kiger, J, L ; Kiger, J. G, 1968)

II.4.7 le lait :

Les produits laitiers utilisés dans les biscuits sont très divers, on distingue : lait entier, lait concentré, lait concentré, lait écrémé. Ce sont des laits en poudre pratiquement déshydratés (moins de 4%), incapables d'être un vivre de micro-organismes. Cependant, les laits traités sont beaucoup utilisés dans la biscuiterie, car il peut se conserver longtemps sans s'abîmer, le lait peut remplacer l'eau dans certaines recettes biscuits, il ramollit la pâte, améliorer la structure et la texture de pâte, accélère la cuisson, donne une couleur marquée après cuisson et apporte des biscuits et apporte des protéines. (Coutouly et al, 1998)

En plus utilise le lactosérum, ce dernier n'affecte pas la symétrie du biscuit après la cuisson, mais le fait que la teneur en albumine soit nettement plus élevée que les autres substances protéiques présentes, le lactosérum joue un rôle d'agent ramollissant sur la face supérieure du biscuit car l'albumine possède une forte capacité d'hydratation.

II.4.8 La lécithine de soja :

C'est un phospholipide d'origine végétal de teinte jaune foncé à brun-orangé. Elle présente une odeur et saveur caractéristiques, mais non excessive. (Kiger, J, L ; Kiger, J. G, 1967)

La lécithine de soja joue plusieurs rôles dans la fabrication des biscuits secs surtout au moment de la fabrication de la pâte :

- ❖ Elle agit comme lubrifiant qui facilite le pétrissage de la pâte en s'étalant mieux sur la surface humide des particules de farine de sucre : facilité du travail.

- ❖ Il y a une rapide distribution des ingrédients pour obtenir une pâte non collante ce qui diminue la durée du pétrissage : augmentation du débit.
- ❖ Elle permet aussi une réduction de l'utilisation de corps gras

II.4.9 Arôme vanille :

C'est l'arôme de l'industrie alimentaire, elle est brun rougeâtre foncé. L'odeur agréable due au parfum qu'elle dégage et le bon goût du produit finis. (Kiger, J, L ; Kiger, J. G, 1967)

II.4.10 Le sucre inverti :

C'est un mélange de sucre, l'eau et l'acide citrique, c'est un liquide légèrement pâteux de couleur transparente.

Son rôle est de réduire le temps de cuisson, d'éviter le grainage et la cristallisation des biscuits.

II.5 Les étapes de production du biscuit sec :

Selon le diagramme de fabrication du biscuit au niveau de la biscuiterie de Kamello

Les différentes étapes de fabrication sont :

II.5.1 Préparation des ingrédients :

Les ingrédients (matières premières, les levures chimiques et le sel) sont pesées manuellement en sac qui seront utilisés directement pour le pétrissage, le pétrin étant de taille conséquente, la pesée est relativement réduite : la préparation consiste surtout à rassembler sur une table l'ensemble des sacs qui seront mélangés dans le pétrin.

II.5.2 Crémage :

Le procédé de crémage consiste à prétraiter mécaniquement la matière grasse utilisée dans le pétrin en présence du sucre, le sucre inverti, lactosérum, les levures chimiques, le sel, la lécithine de soja et l'eau. L'ordre dans lequel les ingrédients sont mélangés est très important et il est conseillé de suivre strictement ce que l'on sait être le meilleur ordre.

Cette opération permet d'obtenir une crème homogène et stable (eau/huile), qui lors du pétrissage, de tous les ingrédients de la pâte ainsi obtenue, contribue notamment à une meilleure répartition des corps gras. Par conséquent, le pétrissage devient plus pratique.

Le crémage, quant à lui, améliore l'absorption d'air dans ces corps gras émulsionnés et la rétention des fines gouttelettes d'eau, facilitant la formation de textures plus fines dans les biscuits ce processus prend environ 10 minutes à température ambiante et est réalisé dans un batteur sous pression.

II.5.3 Pétrissage :

Il consiste à introduire la farine, l'amidon et le mélange précédent dans le pétrin pour faire la pâte elle-même, jusqu'à l'obtention d'une pâte ferme. Le pétrissage a pour but non seulement d'obtenir un mélange homogène des ingrédients de la pâte, mais surtout de permettre à la pâte d'atteindre un stade d'évaluation structurel et rhéologique adaptée au produit recherché et à la technologie souhaitée.

Généralement La durée de cette opération est entre 10 à 15 min mais ça dépend au type du biscuit choisir.

II.5.4 Façonnage :

Il comprend deux opérations : laminage et découpage

II.5.4.1 Laminage :

Le laminage consiste à passer la pâte entre deux cylindres parfaitement lisse, tournant dans des sens opposés à la même vitesse sur une distance réglable, ce qui permet d'amener progressivement la pâte « au rouleau » à l'épaisseur souhaitée. Cette épaisseur généralement est entre 3 et 2 mm en fin de laminage.

II.5.4.2 Le Découpage :

Le découpage a pour but de découper les biscuits dans le ruban de pâte et de se préparer à séparer les pâtons découpés des rognures, en morceaux réguliers de forme appropriée où seront imprimées les inscriptions ou dessins commerciaux demandés. Après le découpage, les morceaux de déchets sont transportés sur une sangle vers la trémie d'alimentation dans la chambre de compression, tandis que les biscuits découper restent sur la sangle de découpage puis sont transférés sur la toile de mise au four pour la cuisson.

II.5.5 La cuisson :

C'est un processus dans lequel des réactions biochimiques et physicochimiques complexes sont impliquées, telles que la dénaturation des protéines, la gélatinisation partielle de l'amidon, l'expansion de la pâte due à la réduction des gaz et à l'expansion thermique, l'évaporation de l'eau et la formation de couleur (réaction de Maillard). (**Armand et Germain, 1992**)

La cuisson est conduite dans des fours tunnel de plusieurs dizaines de mètres, constitués de plusieurs sections. (**Feillet, 2000**) .Le temps et la vitesse de la cuisson dépend toujours de type de biscuits à cuire.

II.5.6 Le refroidissement :

Les biscuits sortant du four à des températures élevés sont refroidis à l'aire libre pendant 10 minute.

II.5.7 Emballage et Conditionnement :

Les biscuits est besoin d'un emballage pour les protéger contre les odeurs, la lumière et l'oxygène pour éviter un rancissement oxydatif à l'air.

Cette opération est manuel, il existe différents type d'emballage qui sont utilisée pour la conservation des biscuits comme : le carton, aluminium et plastique, sous forme de barquettes ; cylindrique et rectangulaire. (**Dugourd, 2009**)

II.6 Diagramme de fabrication du biscuit sec :

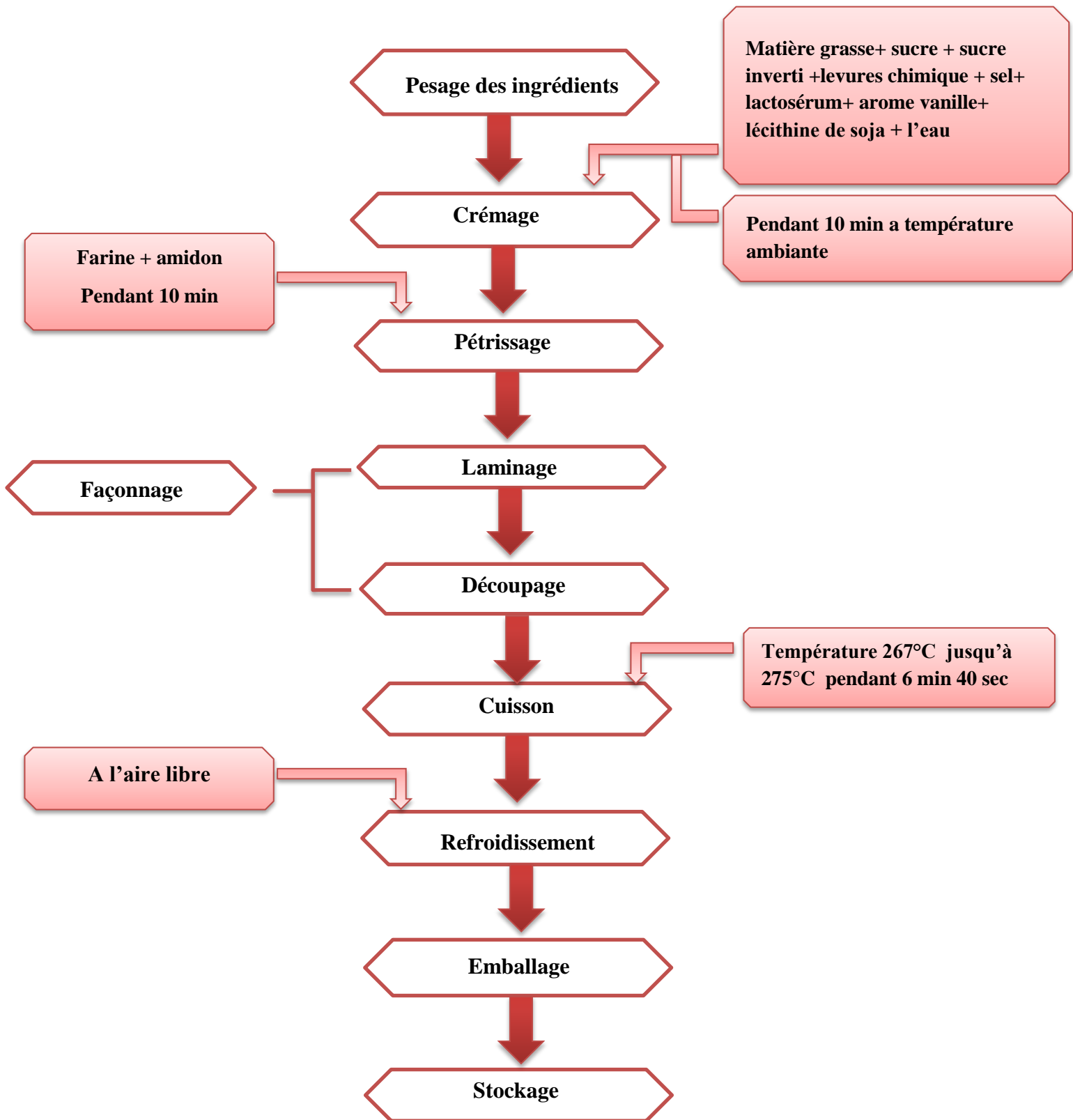


Figure II.1 : Diagramme des étapes de fabrication du biscuits (Biscuiterie Kamello)

II.7 La qualité des biscuits :

II.7.1 La qualité hygiénique :

La qualité hygiénique des biscuits est d'une part liée à celle de la matière première mise en œuvre et des ingrédients entrant dans la composition de la pâte, notamment la qualité microbiologique des œufs et des poudres de lait ; car ils présentent un milieu de développement favorable pour plusieurs espèces de micro-organismes pathogènes tel que les salmonelles. Elle est d'autre part, liée à l'emballage du produit de point de vue nature du papier d'emballage et procédé de fermeture d'un paquet (**Haoua et Tingali, 2007**).

II.7.2 La qualité nutritionnelle

La qualité nutritionnelle d'un aliment est déterminée par la quantité et la qualité des nutriments (glucides, lipides, protéines, vitamines et sels minéraux) nécessaires au bon fonctionnement vital de l'organisme (**Haoua et Tingali, 2007**).

II.7.3 La qualité organoleptique :

Le consommateur est attiré par les différentes propriétés composant cette qualité, il s'agit de : aspect et couleur, forme, saveur, arômes, texture (**Haoua et Tingali, 2007**).

II.8 Critères de qualité d'un biscuit :

Dans les procédés industriels, dont font partie les industries de la biscuiterie, la productibilité des lignes dépend du respect des critères de qualité des produits fabriqués. Pour un biscuit, il s'agit de satisfaire à des contraintes dimensionnelles, de poids, de couleur, de goût et de texture. Cette dernière entre pour une part importante dans l'appréciation qualitative d'un biscuit sec par le consommateur. Elle est en outre un indicateur de la fraîcheur du produit. Des mesures simples comme les dimensions, la teneur en eau ou encore la masse volumique apparente (densité) peuvent, dans un premier temps renseigner de façon satisfaisante sur les propriétés texturales d'un biscuit sec. Ainsi, à un produit aéré correspond une texture qualifiée de « friable » (**Tharrault, 1997**).

En outre, les propriétés texturales des biscuits secs peuvent être directement caractérisées. Ainsi lorsqu'une contrainte mécanique est appliquée selon une direction donnée, une déformation instantanée et irréversible peut provoquer une rupture partielle ou totale de l'échantillon. Plusieurs méthodes et types de sollicitation mécanique ont été employés. La pénétration conique est l'une des méthodes mécaniques mettant en place une compression renouvelée, couplée éventuellement à un cisaillement, permet d'enregistrer des courbes force 38 déplacement à partir desquelles des paramètres de textures ont été calculés par détermination du nombre de l'amplitudes des pics (**Maache-Rezzoug et Al., Tharrault, 1997**).

Chapitre III : Matériels et Méthodes

III.1 objective de travail :

Notre travail a pour but de formuler une recette de biscuit sec à base de farine complète de blé tendre et farine d'avoine.

Le choix des farines est motivé par :

- ✓ La valeur nutritionnelle et diététique de ces farines
- ✓ La volonté d'intégrer de plus en plus de ce type d'ingrédients dans nos habitudes alimentaire

Les pourcentages des farines adoptés dans la formulation des biscuits sont :

100% farine de blé tendre, 100% farine complète de blé tendre, 10% farine d'avoine, 20% farine d'avoine, 30% farine d'avoine. Nous avons fait notre stage au niveau de l'unité biscuitière Kamelo Food, zawya-Bnitamou

Les analyse physicochimique et technologiques sont effectués au niveau de laboratoire de contrôle de la qualité et la conformité Bioengineers, au laboratoire de qualité de groupe agro-div et au niveau de laboratoire agroalimentaire-SNV.

III.2.Matériel biologique:

- **Farine de blé complet :**

On à utiliser un farine de type T150 de marque MAMA



Figure I.1 : Farine complète de blé tendre

- **Farine d'avoine :**

La farine d'avoine utilisée est de marque top céréales

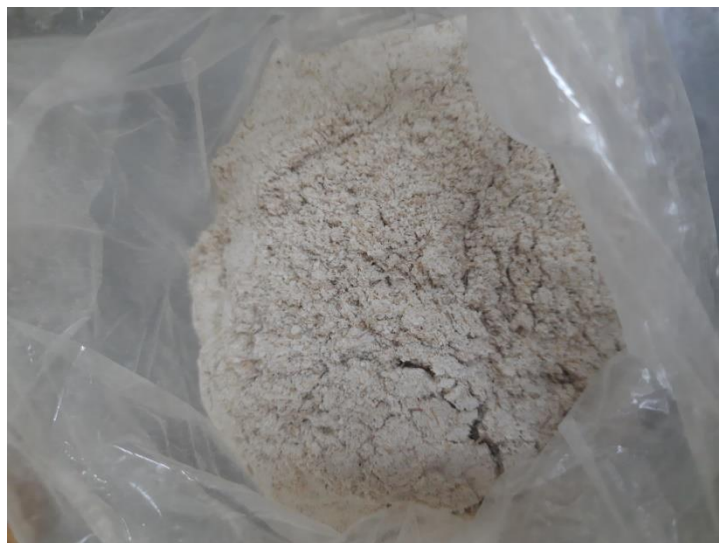


Figure III.2 : Farine d'avoine

III.3 Méthodes d'analyses des matières premières :

III.3.1 Analyses physicochimiques des matières premières :

III.3.1.1 Le pH (NF V05-108 de juillet 1970) :

➤ **Principe :**

Le produit à analyser est dispersé dans l'eau distillé, on fait bouillir après refroidissement pour détermine le pH de façon classique avec un pH-mètre a deux électrodes.

➤ **Mode opératoire :**

Peser 5g de produit a analysée dans un bécher rempli par l'eau distillé jusqu'à 50g.

Agitation mécanique.

Puis, on met notre solution à une température de 20°C.

Avant de mesurée le pH de notre produit, il faut étalonner l'appareil.

Une fois le pH-mètre équilibré, introduire l'électrode dans le bécher contenant notre produit.

➤ **Expression des résultats :**

Lire directement le résultat sur le cadran du pH-mètre.

III.3.1.2 Détermination du taux de cendre (NA. JORA le 7 juillet 2013) :**• Définition :**

Résidu incombustible obtenu après incinération selon la technique décrit dans la présente méthode.

• Intérêt :

La présente méthode spécifie une technique de dosage des cendres dans les céréales. Les légumineuses et leurs produits de mouture destinés à l'alimentation humaine, la présente méthode n'est applicable ni aux amidons et produits destinés à l'alimentation animale ni aux semences.

• Principe

Incinération d'une prise d'essai dans un four a moufle dont la température est de 900°C, la minéralisation est poursuivie pendant 3h jusqu'à combustion total de la matière organique et apparition d'un résidu blanchâtre

• Mode opératoire :

1. Peser 5g de la farine
2. Ajouter quelques gouttes d'alcool.
3. Placer les nacelles à l'entrée u four à 900°C jusqu'à ce que la matière s'enflamme, suivre l'incinération pendant 3 heures jusqu'à la disparition des particules charbonneuses.
4. Retires les nacelles du four et les laisser refroidir dans un dessiccateur puis les pesés

• Expression des résultats :

Le taux de cendre, en fraction massique par rapport à la matière humide exprime en pourcentage est donne par l'équation suivante :

$$TC^h(\%) = \frac{M2 - M0}{M1 - M0} \times 100$$

Le taux de cendre en fraction massique par rapport à la matière sèche exprime en pourcentage est donne par l'équation :

$$TC^s(\%) = TC^h(\%) * \frac{100}{100 - H}$$

Ou :

TC^h : Taux de cendres par rapport la matière humide.

TC^s : Taux de cendre par rapport la matière sèche

M0 : la masse de la nacelle vide

M1 : la masse de la nacelle + la prise d'essai (avant l'incinération)

M2 : la masse de la nacelle + la prise d'essai (après l'incinération)

H : la teneur en eau, en pourcentage par masse de l'échantillon.

III.3.1.3 Détermination de teneur en eau (JORA le 06/02/2013) :

- **Définition**

La teneur en eau est la perte de masse, exprimée en pourcentage. Subie par le produit dans la condition décrite dans la présente méthode.

- **Principe :**

Séchage du produit a une température comprise entre 130°C et 133°C, a pression atmosphérique normale, après broyage éventuel du produit.

- **Mode opératoire :**

1. Avant utilisation les capsules découvertes et leurs couvercles doivent :
2. Sécher à l'étuve durant 15 min a 130°C.
3. Refroidir dans le dessiccateur jusqu'à la température du laboratoire.
4. Peser 10 g de prise d'essai dans la capsule.
5. Introduire la capsule découverte contenant la prise d'essai et son couvercle dans l'étuve pendant 1h30min à partir du moment où la température de l'étuve et à nouveau comprise entre 130°C et 133°C.
6. Le temps d'étuvage écoule, retirer rapidement la capsule de l'étuve et la placer dans le dessiccateur, jusqu'à atteindre la température du laboratoire (généralement entre 30 et 45 min). La peser ensuite à 1 mg près.

Remarques

- Avant d'effectue le prélèvement sur l'échantillon de laboratoire il est nécessaire de bien l'homogénéiser ;
- Il faut manipuler les capsules à l'aide de la pince et non avec les doigts ;
- Ne jamais introduire de produits humides dans une étuve contenant des prises d'essai en fin de déshydrations, cela aurait pour conséquence de réhydrater partiellement ces dernières ;
- Dans le cas d'essai en série, ne jamais superposer les capsules ans le dessiccateur.

- **Expression des résultats :**

La teneur en eau exprimée en pourcentage en masse du produit telle qu'elle est donnée par la formule ci-après :

$$H\% = \frac{m1 - m2}{m1 - m0} \times 100$$

Où :

M0 : est la masse, en grammes de la capsule et de son couvercle.

M1 : est la masse, en grammes de la capsule, du couvercle et de la prise d'essai avant séchage.

M2 : est la masse, en gramme de la capsule, du couvercle et de la prise d'essai après séchage.

- **Répétabilité**

La différence entre les résultats des deux déterminations, effectuées simultanément ou rapidement l'une après l'autre par le même analyste, ne doit pas excéder 0.15 g d'eau pour 100 g d'échantillon.

III.3.2 Les Analyses Technologiques :

III.3.2.1 Détermination du taux de gluten : (NA 735.1991.ISO 5531)

III.3.2.1.1 Gluten humide :

- **Définition :**

Le gluten humide d'une farine de blé est la substance Plast élastique composée principalement de gliadine et de gluténine. Il est constitué l'armature de la pâte et lui communique ses propriétés rhéologie.

- **Principe :**

Isolement du gluten humide par lavage de la pâte de farine puis essorage et pesage du produit obtenu.

- **Mode opératoire :**

1. Préparation de la pâte :

- Peser 10g de farine a 0.01 g près à introduire dans le mortier.
- Verser 5.5 ml de la solution de chlorure de sodium dans la farine .mélanger .
- Former une boule avec la pâte.

2. Extraction :

Elle peut être manuelle ou mécanique (glutomatic) au laboratoire nous avons extrait le gluten manuellement.

2.2 Extraction manuelle

A. Lixiviation

Malaxer le pâton et 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 plus trouble.

B. Lavage :

Augmenter le débit de l'eau et laver énergétiquement le gluten.

La lixiviation et le lavage doivent se faire au-dessus d'un tamis recouvert de gaz destiné à retenir les fragments de pâte pour éviter les pertes de gluten.

C. Essorage :

Eliminer la plus grande partie de la solution de rinçage adhérent à la boule de gluten, l'en placent dans une essoreuse (centrifugeuse)

- **Expression des résultats**

Le gluten humide GH, exprimé en pourcentage en masse du produit tel quel :

$$GH = \frac{M \times 100}{10}$$

Où :

M : la masse en gramme de gluten humide.

Prendre comme résultat la moyenne de deux déterminations si les conditions e répétabilité sont remplies.

- **Répétabilité**

La différence entre les résultats de deux déterminations effectuées simultanément ou rapidement l'une après l'autre par la même analyse utilisant le même appareillage, ne doit pas dépasser 0.5 g de gluten humide pour 100g d'échantillon.

III.3.2.1.2 Gluten sec :

- **Principe**

Dessiccation et pesage d'une boule de gluten humide obtenue dans les conditions spécifiées dans la méthode.

- **Appareillage :**

- ✓ Plaque métallique ou plaque en verre
- ✓ Glutork, appareil de dessiccation spécifique au gluten humide
- ✓ Scalpel
- ✓ Balance précise à 0.01g

- **Mode opératoire**

On a utilisé l'appareil de dessiccation spécifique au gluten humide (Glutork). On met la boule de gluten humide essoré et pesé a 0.01g dans l'appareil (Glutork) pendant 10 min retiré le gluten sec obtenu et le peser

- **Expression des résultats :**

Le gluten sec exprimé en pourcentage en masse du produit tel quel est égal à :

$$GS = \frac{M2 \times 100}{10}$$

M2 : est la masse en gramme de gluten sec

I.4 L'Essai de fabrication du biscuit :

L'essai de fabrication de nos biscuits secs est réalisé par des différentes incorporations de farine d'avoine et la farine complète de blé tendre le tableau suivant présente les différents essais :

Tableau III.1 : les essais de préparation des biscuits à la farine d'avoine et la farine complète de blé tendre

	1 ^{ère} essai	2 ^{ème} essai	3 ^{ème} essai	4 ^{ème} essai	5 ^{ème} essai
	Biscuit témoin	Biscuit a 100% FC	Biscuit a 10% de FA	Biscuit a 20% de FA	Biscuit a 30% de FA
Quantité de farine en g	250	0	0	0	0
Quantité de FC en g	0	250	225	200	175
Quantité de FA en g	0	0	25	50	75

Le tableau suivant présente la recette utilisé pour la fabrication de biscuit témoin

Tableau III.2 : Les quantités des ingrédients pour la fabrication des biscuits.

Ingrédients	Quantité en g
Farine de blé tendre	250
Sucre cristallisée	55
Matière grasse végétal	45
Sucre inverti	4
Bicarbonate de sodium	1
Sel	1.3
Bicarbonate d'ammonium	1
Lactosérum	1.2
Lécithine	1.5
Pyrophosphate	1.5
Arome vanille	3
Amidon	5.5
Eau	43
Total	413

NB : la même recette présentée dans le tableau a été adoptée pour les préparations d'autres essais Sauf que nous avons changé MGV avec l'huile de soja.

III.5 Les étapes de formulation des biscuits secs:

➤ Préparation des ingrédients :

Premièrement : peser tous les ingrédients

➤ Crémage

Dans un récipient on pose le sucre, la matière grasse végétal, le sel, le bicarbonate de sodium, le bicarbonate d'ammonium, le pyrophosphate, l'arôme de vanille, le lactosérum le sucre inverti, la lécithine et l'eau .en mélanger le tous ensemble pendant 7 min jusqu'à l'obtention d'une crème homogène.

➤ Pétrissage

En ajoute la farine et l'amidon et en battre encore fois pendant 5 min pour obtenir une pâte sablée.



Figure III.3 : pétrissage de la pâte



Figure III.4 : la pâte de biscuit

➤ Moulage :

La préparation des biscuits et la mise en forme sont réalisent dans laboratoire, la pâte est versée et pressé à l'aide d'un mouleur pour donner la forme désirée.



Figure III.5 : façonnage de la pate

➤ **Cuisson**

La cuisson a été réalisée dans le four de l'unité biscuitière kamelo pendant 7 minutes à T° 263°C à 275°C

➤ **Refroidissement**

Les biscuits sortant du four à des températures élevées sont refroidis à l'air libre pendant 15 minutes.



Figure III.6 : refroidissement des biscuits

➤ **Conditionnement et emballage :**

Les biscuits refroidis sont emballés manuellement dans un papier film et étiquetés en fonction du taux d'incorporation d'avoine.



Figure III.7 : Emballage des biscuits

III.6 Diagramme de fabrication des essais

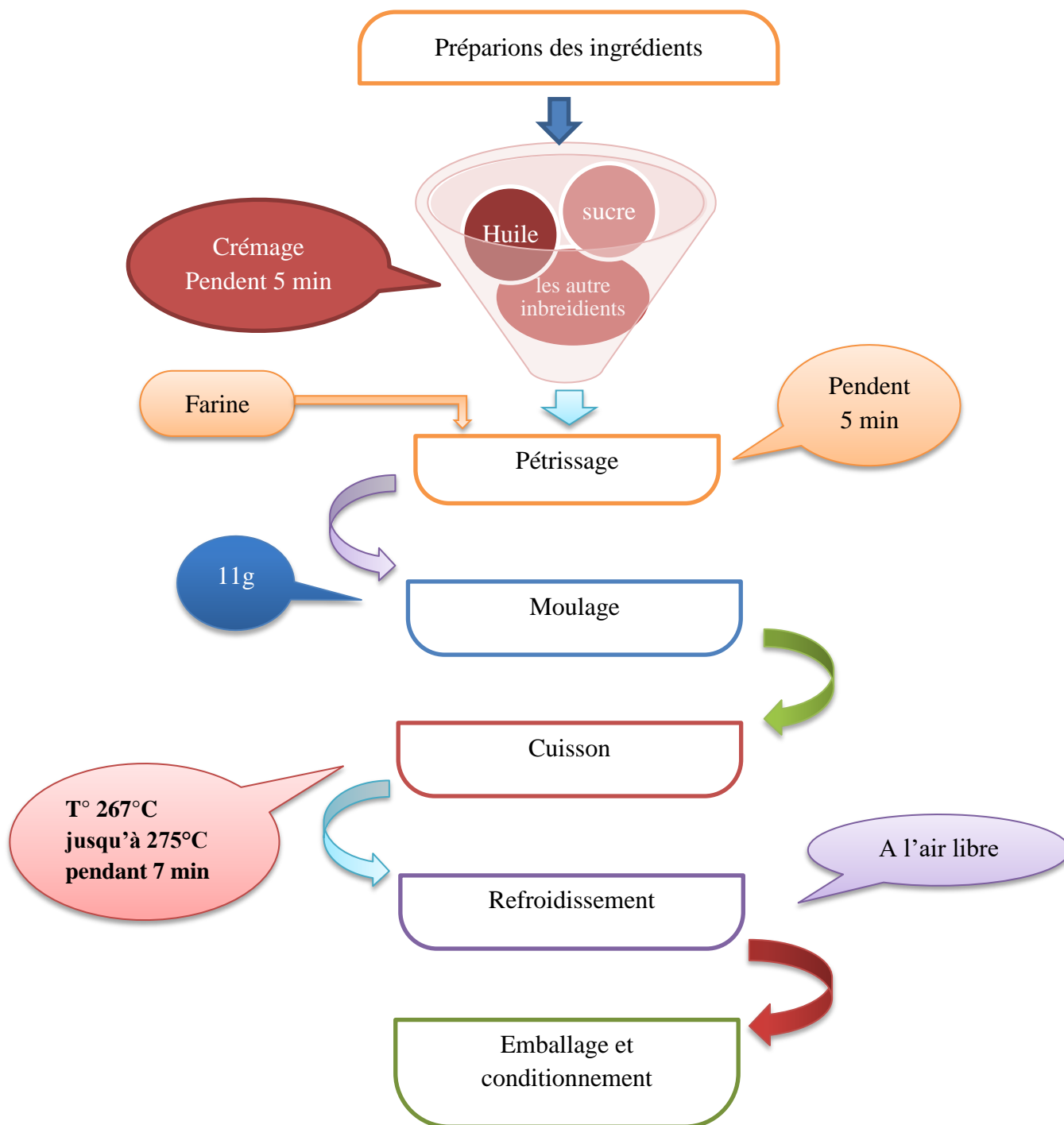


Figure III.8 : Diagramme de fabrication des essais

III.7 Méthodes d'analyses des biscuits finis :

Le prélèvement des biscuits sont effectués à la sortie de la chaîne de fabrication. Pour chaque essai on retire 2 paquets pour l'analyse sensorielle qui va déterminer le meilleur biscuit, ce dernier à son tour, une série d'analyse physicochimique et microbiologique lui seront appliquées

III.7.1 Evaluation sensorielle :

L'évaluation des paramètres organoleptiques est une condition très importante pour l'acceptabilité, néanmoins, elle est insuffisante pour refléter ce que perçoit le consommateur sur le plan sensoriel.

L'évaluation de la qualité organoleptique des biscuits a été faite par une analyse sensorielle, cette dernière consiste à classer les trois préparations par rapport à un biscuit témoin, pour cela nous avons opté pour un test de classement par notation selon la norme **AFNOR V09-014 d'avril (AFNOR, 1995)**.

La méthode d'analyse sensorielle consiste essentiellement au choix du panel, au codage des échantillons, à la préparation des échantillons et à la réalisation proprement dite et l'épreuve.

L'analyse organoleptique de nos biscuits s'est faite par un test de dégustation au biais d'un jury formé de 40 personnes de différents âges et sexes, on se base sur un barème de dégustation de 1 à 4 respectivement, médiocre, acceptable, bon et très bon.

Selon **Godon et Loisel(1997)** les descripteurs des propriétés organoleptiques retenues pour l'évaluation des biscuits sont :

- La forme
- La friabilité
- La couleur
- L'odeur
- Le goût
- La fissuration
- La texture

Les objectifs de ce test :

- Avoir un avis sur la qualité organoleptique de chaque biscuit ;
- Étudier l'influence de taux d'incorporation sur les caractères organoleptiques
- Choisir le meilleur biscuit.

La fiche suivante a été utilisée pour la réalisation et l'évaluation de ce test.

La fiche de dégustation**Nom :****Prénom :****Sexe :** masculin féminin **Age :**

Vous avez devant vous cinq échantillons de biscuit différents, veuillez les classer en ordre croissant ces échantillons pour chaque caractère en donne la note de 1 à 4. L'attribution des notes s'effectue en respectant la notion suivante

- ❖ La note 1 pour catégorie médiocre.
- ❖ La note 2 pour catégorie acceptable
- ❖ La note 3 pour catégorie bonne.
- ❖ La note 4 pour catégorie très bonne.

	Fissuration	couleur	forme	L'odeur	Le gout	La texture	friabilité
Biscuit A							
Biscuit B							
Biscuit C							
Biscuit D							
Biscuit E							

III.7.2 Analyse physicochimique de biscuit :

Pour préparer les échantillons aux analyses, nous avons broyé les biscuits à l'aide de broyeur manuel.

Pour le produit fini choisi on détermine :

- Le pH
- La teneur en eau
- Teneur en cendre
- Teneur en lipides
- Teneur en protéine
- Teneur en glucides
- La valeur énergétique

Pour le pH, la teneur en eau et la teneur en cendre nous avons utilisées les mêmes protocoles expérimentaux de la matière première.

III.7.2.1 Détermination de la teneur en lipides : (AFNOR NFV03-713 de 1984)

- **Principe :**

L'extraction de la matière grasse par l'éther de pétrole est réalisée dans un appareil d'extraction de type SOHXLET pendant 1h 30.

L'élimination de l'éther de pétrole par séchage et l'extrait lipidique dans une étuve pendant 45 min.

- **Mode opératoire :**

1. Peser le ballon.
2. Introduire 5g d'échantillon dans la cartouche de papier filtre.
3. Placer la cartouche avec la prise d'essai à l'intérieure de l'appareil sohxlet.
4. Verser 250ml de l'éther de pétrole dans le ballon.
5. Chauffer le ballon pendant 1h 30 jusqu'à l'épuisement de la matière grasse.
6. Après, on met le ballon dans une étuve pour l'évaporation du solvant.
7. Refroidir le ballon au dessiccateur pendant 15 min.
8. Peser le ballon avec l'extrait.

- **Expression des résultats :**

La teneur en lipide totaux en g de produit sec est calculée par la formule suivante :

$$\text{Taux de lipide (\%)} = M1 \times \frac{100}{M2} + \frac{100}{(100 - H)}$$

M1 : masse en g de résidu lipidique

M2 : masse en g de la prise d'essai

H : teneur en eau de l'échantillon en % de la masse humide

III.7.2.2 Détermination de la teneur en protéines : (NA 1158-1990, ISO1871) :**• Principe**

Le dosage des protéines a été effectué selon la méthode de Kjeldahl, elle consiste en la digestion d'un aliment à l'aide d'un acide fort de manière à libérer de l'azote qui déterminé par une technique de titrage appropriée. La quantité de protéines présentes est ensuite calculée à partir de la concentration en azote de l'aliment.

• Mode opératoire :

Le dosage de la teneur en protéine repose sur 4 étapes qui sont :

1. La minéralisation (appeler aussi digestion)
2. La distillation
3. La titration
4. Les calculs

La minéralisation :

1. Introduire dans un matras kjeldahl X g de l'échantillon a analysé.
2. Peser 2g du catalyseur préalablement préparé (il s'agit d'un mélange de K_2SO_4 et $CuSO_4$).
3. Ajouter 20 ml d'acide sulfurique concentré en utilisant un doseur.
4. Ajouter quelques billes en verre et secouer délicatement afin de mélanger l'échantillon avec l'acide sulfurique et le catalyseur
5. Placer le matras sur l'unité de minéralisation à $400^\circ C$
6. Faire fonctionner le minéralisateur jusqu'à obtention d'une couleur limpide. Prolonger le chauffage 30 min après cette constatation. Laisser refroidir.

Distillation :

1. Verser le contenu du matras (le minéralisât) dans une fiole jaugée et ajuster le volume à 100 ml avec l'eau distillée.
2. Prendre 20 ml du minéralisât dilué et placer le dans le dispositif de distillation. De la solution NaOH à 33% sera ajouté.
3. Recueillir le distillat dans 20 ml de l'acide borique 4%.

La titration :

1. Titrer rapidement l'ammoniac piégé dans la solution d'acide borique avec une solution d'acide chlorhydrique (HCl) ou acide sulfurique H_2SO_4 0.1N.
2. Noter le volume d'acide utilisé.
3. Le point de la fin de la réaction est révélé sont par la meure de pH soit en utilisant un indicateur coloré (rouge de méthyle).

NB : réaliser la titration avec un blanc.

- **Expression des résultats :**

La teneur en l'élément azote de l'échantillon

$$\% N = \frac{(V_e - V_b) \times Ca \times Mn}{Me} \times 100$$

V_e : volume d'acide pour titrer l'échantillon

V_b : volume d'acide pour titrer le blanc.

Ca : concentration molaire d'acide (0.1N)

Mn : masse atomique d'azote (g/mol).

Me : prise d'essai (g)

La teneur en protéines de l'échantillon :

$$\% \text{ protéines} = \% N \times Fc$$

Fc : facteur de conversion

Le facteur de conversion est spécifique à chaque produit alimentaire

$F=6.25$

III.7.2.3 Détermination de la teneur en glucide

La teneur en glucide par rapport à la matière sèche a été déterminée par méthode différentielle. Le calcul est fait avec les valeurs déterminées des taux de protéines, lipides, cendre et l'humidité.

***La formule est la suivante :**

$$\% \text{ glucides/MS} = 100 - (\% C/MS + \% P/MS + \% L/MS)$$

$\% C/MS$: taux de cendre par rapport à la matière sèche

$\% P/MS$: taux de protéine par rapport à la matière sèche

$\% L/MS$: taux de lipide par rapport à la matière sèche

III.7.2.4 Détermination de la valeur énergétique de biscuit choisi (NA JORA N°25. 2/5/2018) :

La valeur énergétique est calculée à l'aide des coefficients cités ci-après

- Glucides (4kcal/g _ 17 KJ/g)
- Protéines (4Kcal/g _ 17KJ/g)
- Lipides (9Kcal/g _ 37KJ/g)

$$\text{Valeur énergétique en kcal} = (4 \times \text{Glucides}) + (4 \times \text{protéines}) + (9 \times \text{lipides})$$

Chapitre IV : Résultats et Discussion

IV. 1 Résultats des analyses physicochimiques et technologiques des matières premières :

IV.1.1 La teneur en eau :

La figure (IV.1) illustre la comparaison des teneurs en eau des matières premières étudiées, les résultats que nous avons obtenus montrent que la farine de blé tendre (T55) présente la teneur en eau la plus élevée.

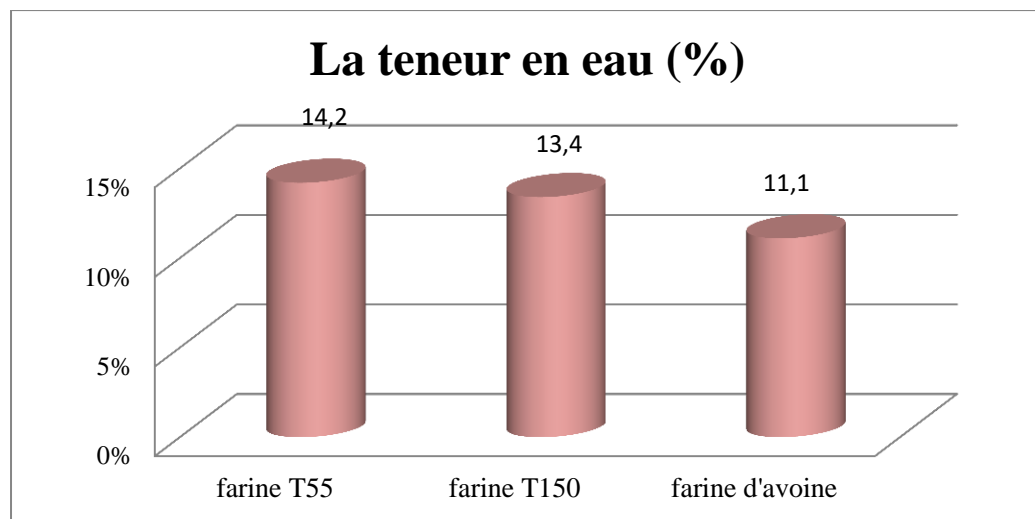


Figure IV.1 : teneur en eau des matières premières étudiées.

La connaissance de la teneur en eau des farines est déterminante pour leur bonne conservation en raison de leurs hygroscopies. Ou il est nécessaire de l'abaisser jusqu'à 14%, 12%, 7% selon leur utilisation (Colas, 1998). En outre, plus la teneur en eau de la farine est faible plus il est possible de l'hydrater au pétrissage pour arriver à une consistance optimale de la pâte (Grandvoingt et pratx, 1994).

La teneur en eau des farines est inférieure à 15.50%, valeur recommandée et fixée par le (Décret exécutif n°91.572 de 31 décembre 1991).

IV.1.2 Le pH :

La figure II.2 illustre la comparaison entre le pH des matières premières étudiées.

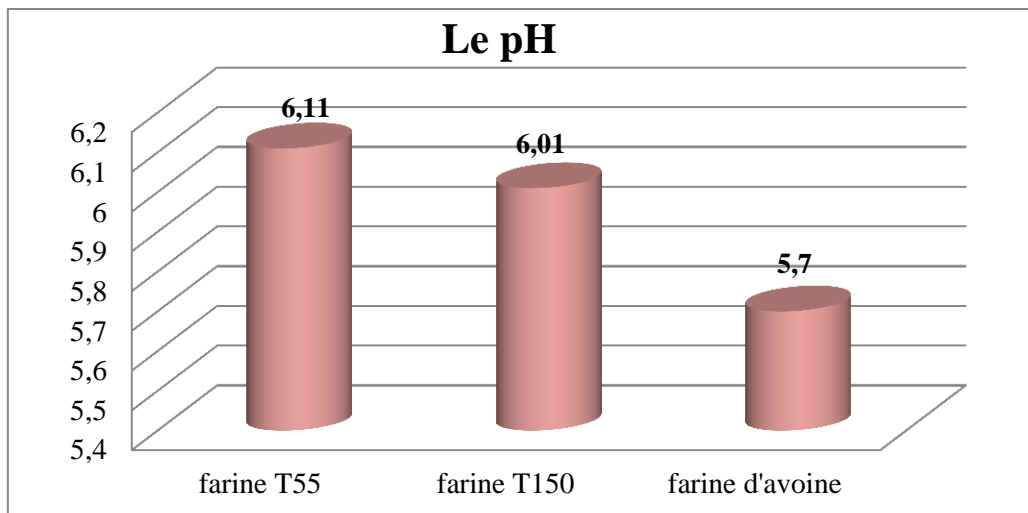


Figure IV.2 : pH des matières premières étudié.

La mesure de pH d'un produit est un indicateur essentiel dans l'évaluation de sa qualité et de sa sécurité alimentaire. Les variations de pH peuvent entraîner d'importantes différences de goût, de fraîcheur et de durée de conservations (**Matallah, 1970**).

Les farines étudiées (la farine (T55), (T150) et la farine d'avoine) présentent des valeurs de pH qui sont respectivement de 6.11, 6.01, 5.7. Ces valeurs sont acceptables et elles sont proches de la neutralité.

IV.1.3 La Teneur en cendre :

La figure (II.3) illustre les résultats de taux de cendres des matières premières étudiées.

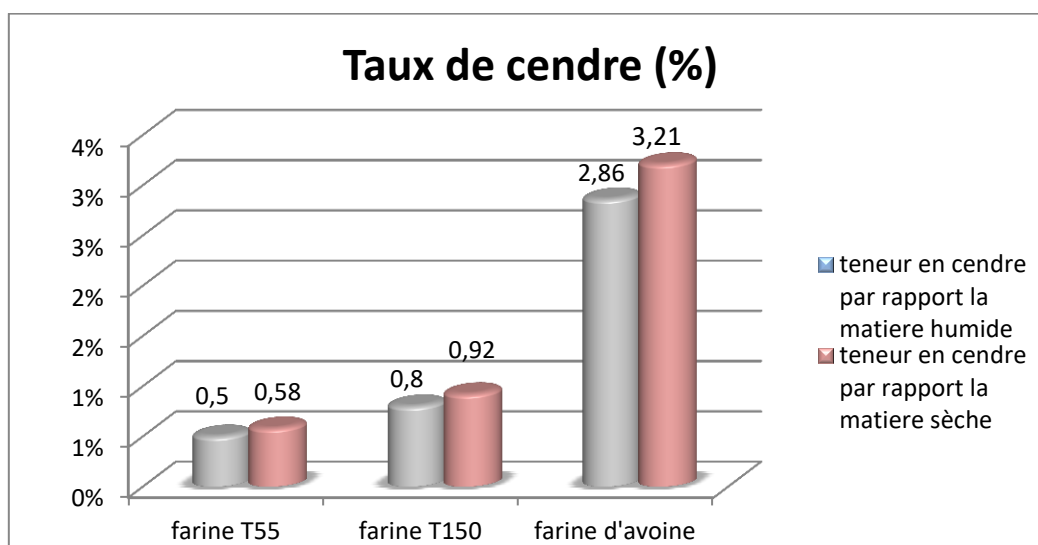


Figure IV.3 : taux de cendre des matières premières étudiier

Les cendres sont les résidus de l'incinération de la farine. Leur détermination est un moyen d'appréciation de la pureté et de la farine. La teneur en cendre est en relation avec le taux d'extraction et de minéralisation des grains mis en mouture, elle définit, en outre, les types commerciaux des farines (Colas, 1998 ; feillet, 2000).

Une faible teneur en cendres d'une farine correspond à un caractère de pureté (Godon, 1991) ; ce taux de cendres mesuré est un indicateur de tendreté de la farine de blé.

Selon (Biarnais, 1987), le taux de cendres des farines destinées à la biscuiterie varie entre 0.48 et 0.60 %, la figure montre que la farine T55 présente un taux de cendres de 0.5% . Il est situé dans l'intervalle rapporté par (Biarnais, 1987).

La teneur en cendres de la farine T150 et la farine d'avoine destinée à la préparation des biscuits diététique est respectivement de 0.8% et 2.86%. Ce taux élevé en cendres peut constituer un apport considérable en éléments minéraux et en fibres végétales aux biscuits fabriquer ultérieurement, aussi ce taux élevé en cendre peut avoir des conséquences à la fois sur la valeur alimentaire et sur la présentation finale du biscuit.

IV.1.4 Teneur en gluten :

La figure (II.4) illustre les résultats de taux de gluten sec et humides des matières premières étudiés

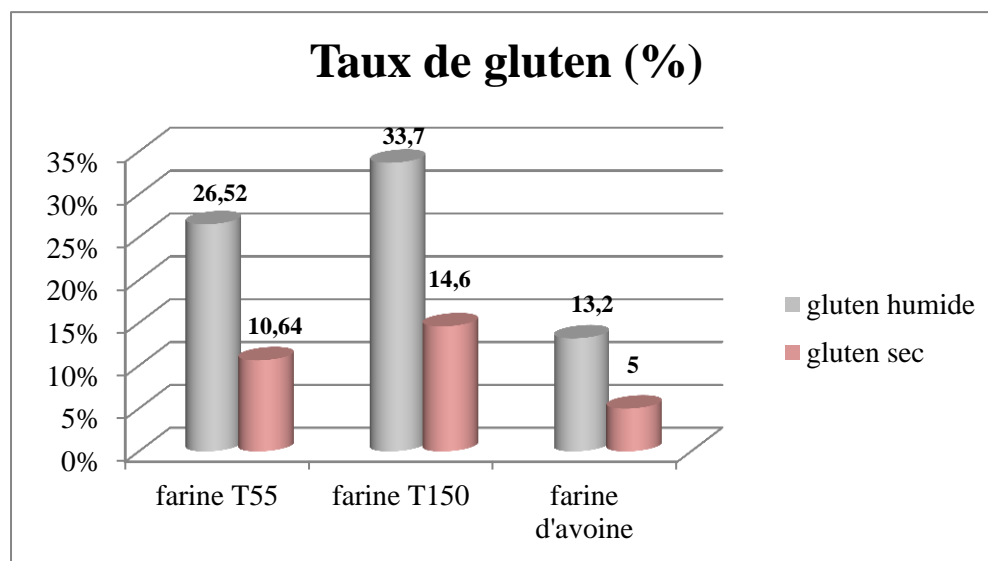


Figure IV.4: taux de gluten des matières premières étudié.

Une farine ayant une teneur de 7 à 9% de gluten sec est suffisante pour la biscuiterie sèche, et spécialement pour les biscuits à pâte dure, qui nécessite un gluten possédant une grande extensibilité et un degré limité d'élasticité (Kiger et Kiger, 1967).

La farine de blé tendre (T55) utilisée dans notre cas a une teneur en gluten sec et humide respectivement de 26.52, 10.64 MS. Ces teneurs sont très proches des valeurs citées dans la littérature pour la biscuiterie sèche. (Ugrinovit et Al, 2004), on décrit la force des farines

selon leur gluten humide. Les farines usuelles ont des teneurs de l'ordre de 27% à 37% ; les farines provenant de blé très fort peuvent présenter des teneurs allant jusqu'à 45% alors que les pourcentages inférieurs à 25% signifiant une farine faible. La farine de blé tendre complet (T150) a une teneur en gluten sec et humide respectivement de 33.7, 14.6 MS et la farine d'avoine à une teneur en gluten sec et humide respectivement de 15.2, 5 MS.

IV.2 L'étude des produits finis :

La figure (IV.5) indique l'aspect des différents types de biscuits obtenus par la substitution de la farine complète par la farine d'avoine à des taux de 100% farine complète, 10%, 20%, 30% farine d'avoine



Témoin



100% FC



10 % FA



20% FA



30% FA

Figure IV.5 : Les biscuits fabriqués

IV.3 Résultats des analyses sensorielles des produits finis :

La qualité organoleptique joue un rôle très important dans la valeur commerciale des biscuits. L'analyse sensorielle des biscuits est faite par un panel de 40 personnes, homme et femme leurs moyenne d'âge est de (18 - 60) ans, on dégustés tous nos biscuits, avec une fiche de dégustation comportant les qualités indentifiable suivant : La forme, La friabilité, La couleur, L'odeur, Le goût, La fissuration et La texture.

Les résultats des analyses organoleptiques et sensorielles des biscuits sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.1: Résultats d'analyse organoleptique des biscuits secs fabriqués

Caractérisation	Biscuits	Nombre des sujets préférant chaque catégorie			
		Médiocre	Acceptable	Bon	Très bon
fissuration	Témoin	0	7	20	13
	100% T150	1	12	13	4
	10% avoine	1	5	17	17
	20% avoine	7	14	15	4
	30% avoine	4	13	13	2
Couleur	Témoin	0	2	11	27
	100% T150	1	8	7	24
	10% avoine	3	3	5	29
	20% avoine	4	4	10	22
	30% avoine	3	10	9	18
Forme	Témoin	2	5	13	20
	100% T150	2	15	15	8
	10% avoine	2	4	20	14
	20% avoine	2	15	16	7
	30% avoine	4	16	15	5
Goût	Témoin	0	5	6	29
	100% T150	2	10	18	10
	10% avoine	0	3	30	7
	20% avoine	1	8	22	9
	30% avoine	1	9	20	10
Odeur	Témoin	1	3	8	28
	100% T150	1	1	9	29
	10% avoine	0	2	6	32
	20% avoine	2	1	6	31
	30% avoine	1	2	7	30
Friabilité	Témoin	2	2	8	24
	100% T150	1	22	11	6
	10% avoine	2	10	24	4
	20% avoine	1	22	13	4
	30% avoine	21	10	5	4
Texture	Témoin	4	8	18	13
	100% T150	1	12	15	12
	10% avoine	0	5	20	15
	20% avoine	2	6	19	14
	30% avoine	3	5	19	14

L'étude statistique des effets de l'enrichissement des farines étudiés sur les différents critères organoleptique Résultats d'analyse organoleptique des biscuits secs fabriqués sont exprimés en pourcentage nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

✚ Sur la forme :

Les résultats de la forme des biscuits sont présentés sur la figure

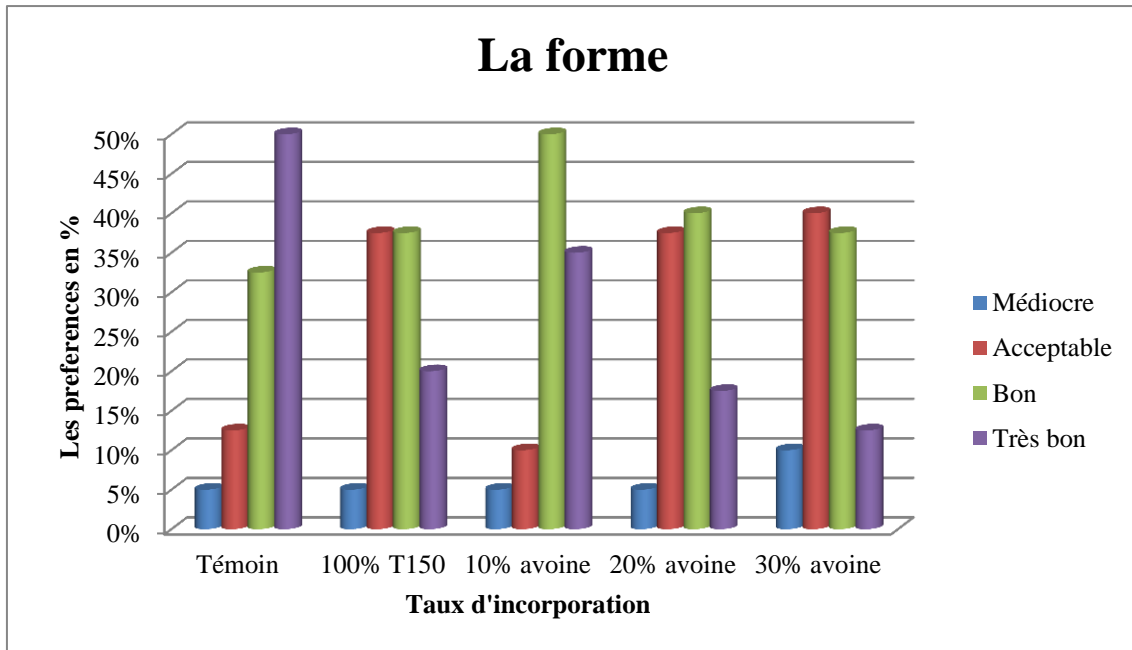


Figure IV.6 : les résultats statistiques de la forme des biscuits fabriqués

L'incorporation des différents taux des farines dans la formulation de biscuits change pratiquement la forme du produit fini. Plus on ajoute de la farine d'avoine plus la forme devient aplatie.

✚ Sur la friabilité :

Les résultats de la friabilité des biscuits sont présentés sur la figure

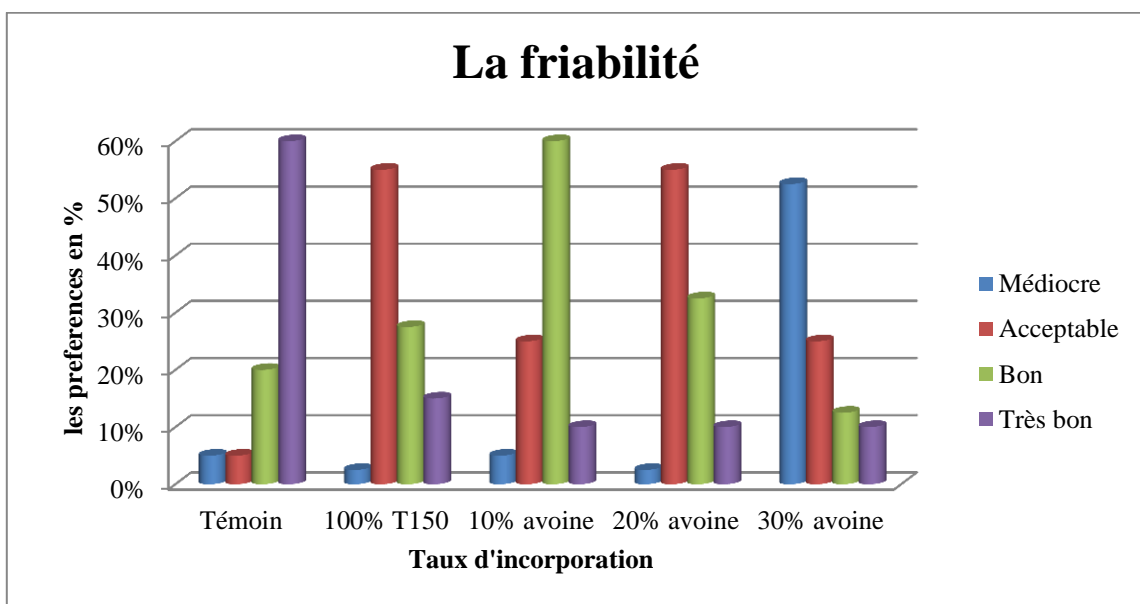


Figure IV.7 : les résultats statistiques de la friabilité des biscuits fabriqués.

C'est un paramètre qu'on peut mesurer physiquement. D'après les résultats des analyses sensorielles effectuées sur les biscuits à différents pourcentages, nous remarquons une friabilité presque équivalente à celle de biscuit témoin pour le biscuit à 10% d'avoine.

✚ Sur la couleur :

Les résultats de la couleur des biscuits sont présentés sur la figure suivante :

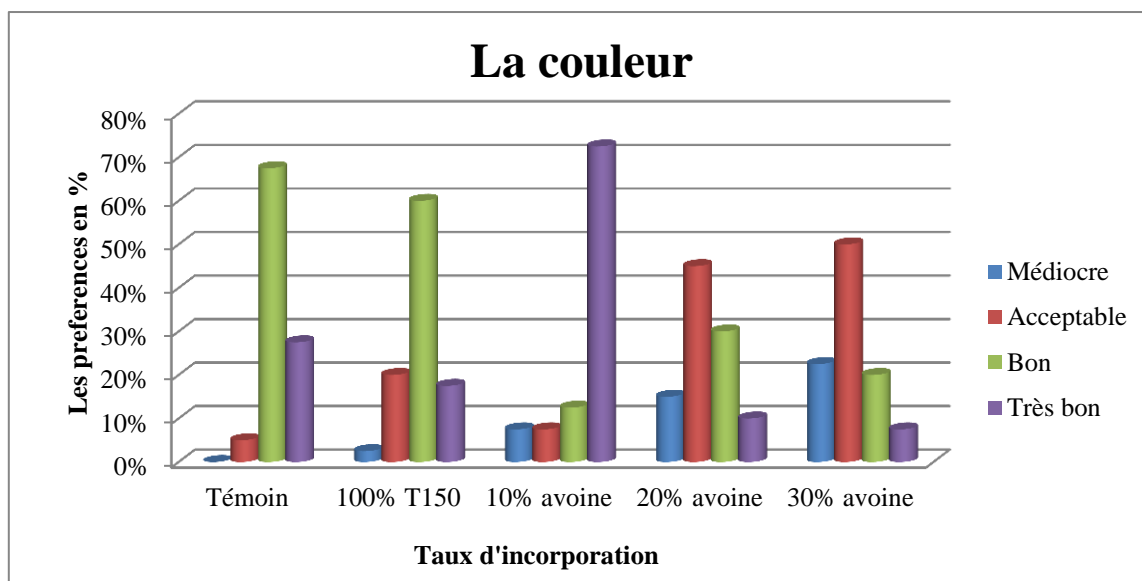


Figure IV.8 : les résultats statistiques de la couleur des biscuits fabriqués

La couleur est un paramètre très important dans l'acceptation des produits, son apparition commence vers les dernières étapes du processus de cuisson. Le développement de la couleur est le résultat de nombreuses réactions comme la réaction de Maillard et la caramélisation.

Les jurys de dégustation aiment bien la couleur de biscuit à 10% farine d'avoine ; sur le plan de la couleur, les biscuits témoin et 100% farine complète présentent une bonne couleur, cependant les biscuits 20% et 30% d'avoine présentent un couleur médiocre (foncé)

✚ Sur l'odeur :

Les résultats de l'odeur des biscuits sont présentés sur la figure suivante :

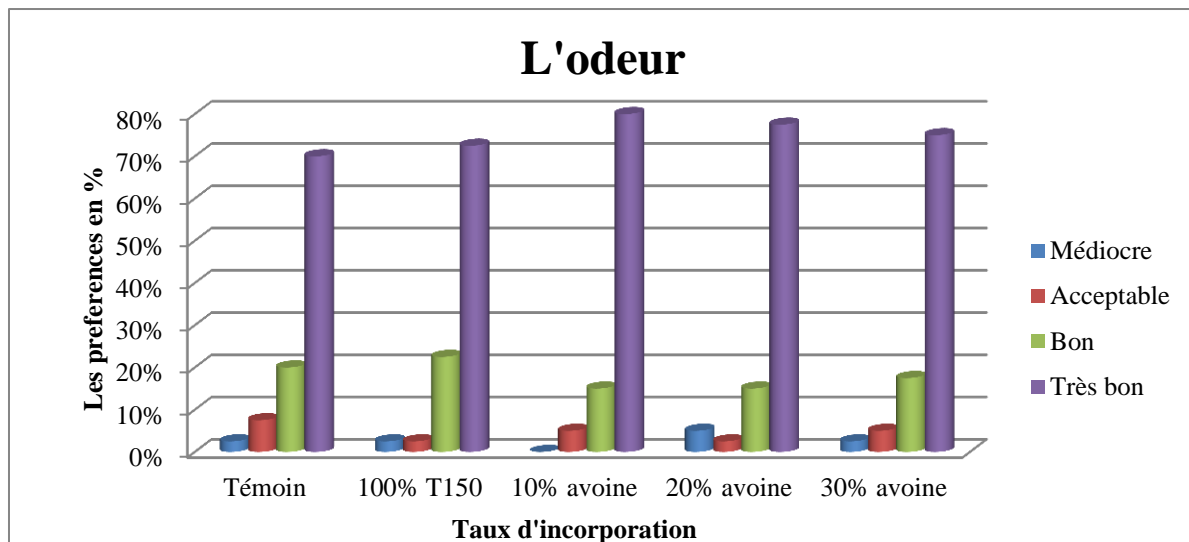


Figure IV.9 : les résultats statistiques de l'odeur des biscuits fabriqués

L'odeur des biscuits, qui sont représentés par un ensemble de composés volatils odorants au niveau de la croûte et de la mie, se forment généralement lors de la cuisson.

Les résultats obtenus désignent que l'odeur est agréable, été jugé «Très bon» par l'ensemble des dégustateurs avec des pourcentages plus élevés pour toutes les biscuits allant de 70% et 80%.

Sur le Goût :

Les résultats du goût des biscuits sont présentés sur la figure suivante :

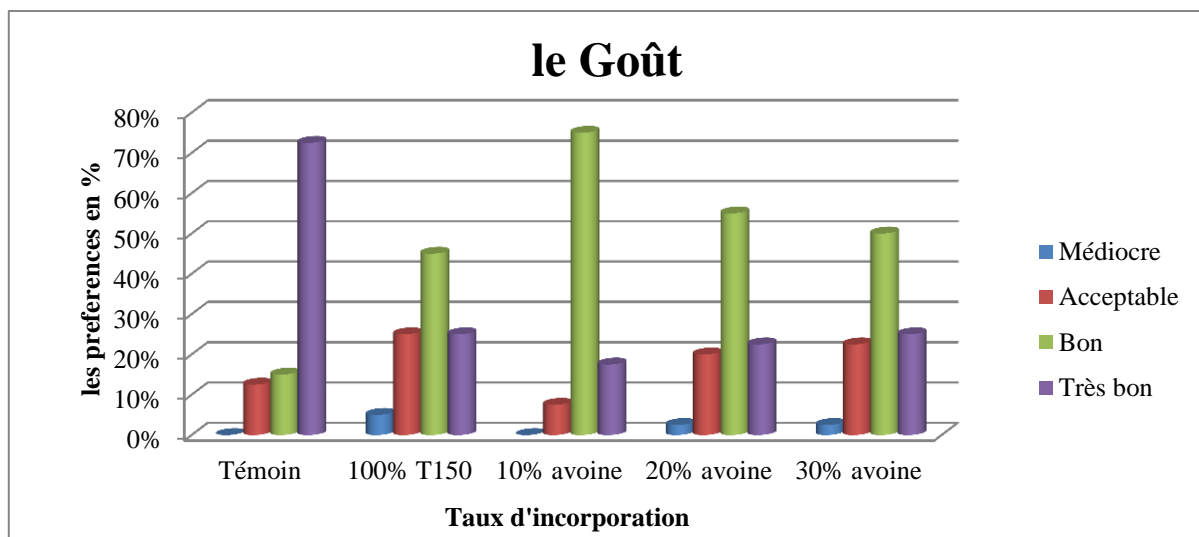


Figure IV.10 : les résultats statistiques du goût des biscuits fabriqués

A partir des résultats obtenues et les comparaisons avec le témoin qui a un goût de 70% «Très bon» on trouve que tous les biscuits obtenus été jugé «Bon» par l'ensemble des dégustateurs avec des pourcentages varié entre 50% et 72%. Le biscuit a 10% avoine

présente le pourcentage le plus élevé de goût excellent qui est de l'ordre 72% suivi par le 20% d'avoine (52%), le 30% (50%) et le 100% farine complète

Sur la fissuration :

Les résultats de la fissuration des biscuits sont présentés sur la figure suivante :

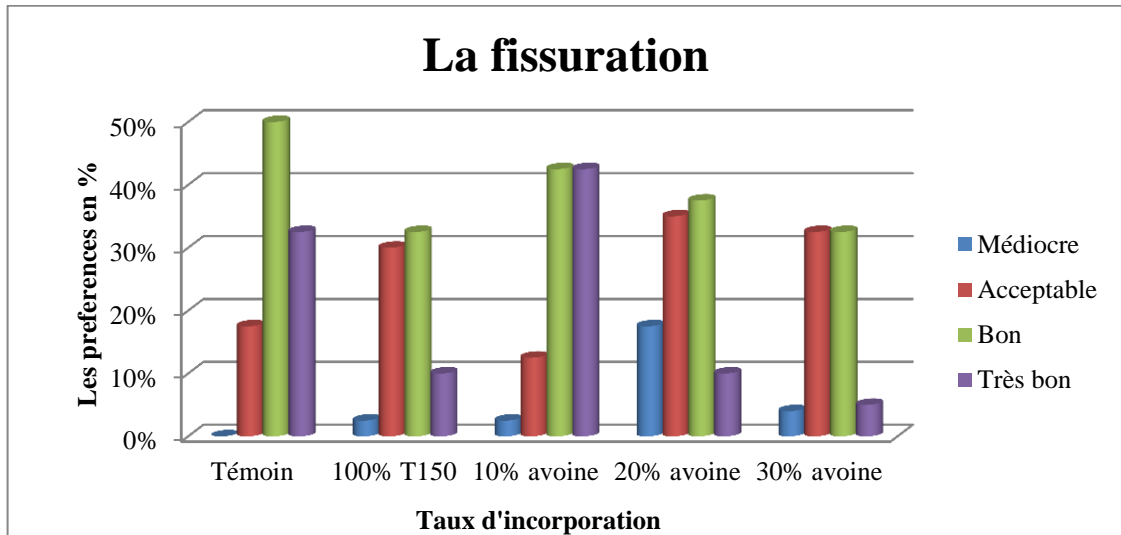


Figure IV.11 : les résultats statistiques de la fissuration des biscuits fabriqués

Les jurys de dégustation à observer une légère fissuration dans les biscuits 20%.30% d'avoine et 100% farine complète sans effet négative sur la qualité physique de biscuit.

Sur la texture :

Les résultats de la texture des biscuits sont présentés sur la figure suivante :

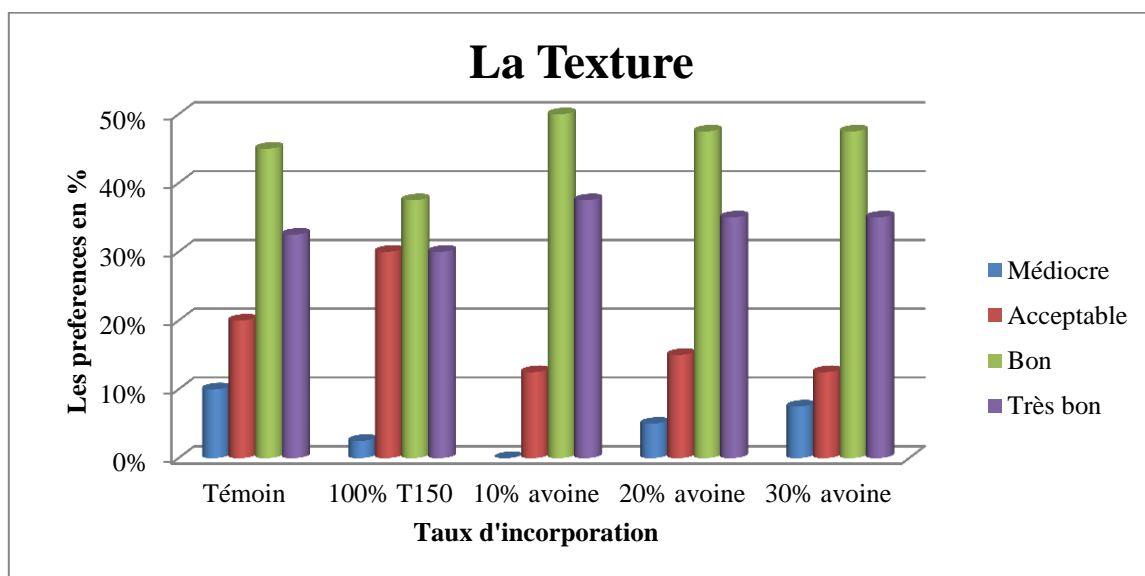


Figure IV.12 : les résultats statistiques de la texture des biscuits fabriqués

Les biscuits fabriqués présentent une texture acceptable, on remarque une bonne texture pour le biscuit à 10% d'avoine.

Afin de montrer l'influence de la farine complète de blé tendre et la farine d'avoine sur la qualité générale des biscuits, nous avons établie ci-dessous, par ordre décroissant le classement général des biscuits :

- ❖ Le biscuit à 10% avoine
- ❖ Le biscuit à 20% avoine
- ❖ Le biscuit à 30% avoine
- ❖ Le biscuit à 100% farine complète de blé tendre
- ❖ Le biscuit témoin

Ce classement fait apparaître une meilleure préférence pour le biscuit à 10% d'avoine, qui a été le mieux apprécié au niveau de l'odeur, de la couleur, le goût qui sont uniques. Ce biscuit est des critères très proches que le biscuit témoin.

IV.4 Qualité générale des biscuits :

L'appréciation de la qualité globale des biscuits est liée à une modification de la couleur, de la saveur, de l'odeur, de la texture et de la friabilité ainsi que la forme et l'état de la surface. (Mechti et Fekraoui, 2017)

On observe, qu'en plus du goût et de l'odeur agréable générée par l'incorporation des deux farines de blé complet et l'avoine, les biscuits fabriqués se caractérisent par l'apparition d'une bonne couleur par rapport au biscuit témoin. Cette acceptabilité a été de 95% pour les autres biscuits appréciés testés.

Pour qu'un produit puisse être considéré comme approuvé par rapport à ces caractéristiques sensorielles, il est nécessaire que l'indice d'acceptabilité soit au moins de 70% pour qu'il soit consommé et en prenant en considération la bonne valeur marchande. (Meilgard et al, 1991 et Santos et al, 2001)

IV.5 Résultats des analyses physicochimiques des biscuits :

Le tableau suivant représente les résultats des analyses physicochimiques de biscuit 10% avoine et le témoin.

Tableau IV.2 : les résultats des analyses physicochimiques de biscuits 10% avoine et le témoin

	pH	Humidité%	Cendre %	Teneur en protéines %	Teneur en lipides %	Teneur en glucides%
10% avoine	6.20	2.5	1.1	9.5	12.58	74.32
Témoin	6.8	2.9	0.2	6.9	13	77

- ❖ La mesure de pH d'un produit est un indicateur essentiel dans l'évaluation de sa qualité et de sa sécurité alimentaire. Les variations de pH peuvent entraîner d'importantes différences de goût, de fraîcheur et de durée de conservation (**Matallah, 1970**)
 - Le pH de biscuit témoin et le biscuit de 10% farine d'avoine aux normes recommandées (Max 7.5).
- ❖ La valeur de teneur en eau est inférieure à la valeur maximale de norme recommandée (3.5%) pour les deux biscuits, cela est dû aux conditions de cuisson (la température de cuisson), cette faible teneur en eau favorise une bonne conservation du produit fini.
- ❖ Le taux de cendre de biscuit à 10% d'avoine est supérieure que le témoin. Cela est dû aux types des farines utilisées dans la fabrication des biscuits.
- ❖ La teneur en protéine de biscuit à 10 % d'avoine est supérieure a la valeur de biscuit témoin Cela est dû à la richesse de l'avoine et la farine T150 en protéine par rapport au farine T55.
- ❖ Les lipides sont des constituants biologiques nutritionnellement importants du point de vue calorique et de leur apport en acides gras essentiels.
 - Les résultats de dosage de la matière grasse donnent un taux de 12.58% et 13% respectivement pour les biscuits à 10% d'avoine et le témoin, ces résultats sont légèrement supérieurs à celle présentées par le groupe **PNNS** en **2007** avec une valeur de 12% pour les biscuits sec à base de blé.
 - L'augmentation du taux de matière grasse contribue à améliorer la composition nutritionnelle des biscuits.
- ❖ Les deux types de biscuits présentent une teneur en glucides de 74.32 % et 77% respectivement pour le biscuit 10% d'avoine et le témoin.
 - Du fait que le biscuit est un aliment très riche en glucides, le dosage de ces derniers dans les deux biscuits a donne des valeurs généralement élevées. Notons que l'addition de l'avoine avec la farine complète de blé tendre provoque une augmentation du la teneur en glucides.

IV.6 La Valeur énergétique :

D'après les résultats du test organoleptique des biscuits fabriquer «Biscuit à base de la farine complète et la farine d'avoine» qui ont montré que le biscuit a 10% FA est le meilleur

choix des dégustateurs. Pour cette raison on a déterminé sa valeur énergétique afin de le comparer avec le témoin.

Tableau IV.3 : la valeur énergétique du biscuit à base de farine d'avoine (10%) A partir de résultats obtenues et la comparaison avec le témoin

Paramètre recherché	Unité	10% avoine	Témoin
Valeur énergétique	(Kcal/100g)	448.5	452.6
//	(KJ/100g)	1874.4	1891.2

A partir des résultats obtenus, et la comparaison avec le témoin qui a une valeur énergétique de 452.6 kcal/1897.2 KJ pour 100g de produit on trouve que notre biscuit a une valeur énergétique de 448.5 Kcal/1874.4 KJ pour 100g de produit, cette différence est dû à la teneur élevée des glucides de témoin (77g dans 100g de produit) , par contre notre produit contient seulement 74.32 pour 100 g de produit, cette valeur est dû à la richesse de notre produit en protéines (9.5%) , le cendre(1.10%) et en matière sèche (97.5%).

Conclusion

Conclusion

L'objectif général de ce travail est de faire des essais de formulation d'un biscuit sec à base de farine complète de blé tendre et l'avoine. Ce travail nous a permis d'approfondir nos connaissances sur les techniques d'analyses physico-chimiques et d'analyses sensorielles.

Les résultats obtenus ont montré que les farines d'avoine et de blé complet possèdent un potentiel nutritionnel important, ces caractéristiques font d'eux des aliments fonctionnels intéressants dont l'utilisation régulière en industrie agroalimentaire permettra sans aucun doute la formulation de nouveaux produits alimentaires essentiels.

Les analyses physicochimiques de la matière première montrent que les farines utilisées présentent un faible taux d'humidité ce qui leur confère une longue durée de conservation, une teneur en cendres très importante, un pH qui tend vers la neutralité.

Les analyses sensorielles réalisées ont montré que les biscuits ont des caractéristiques organoleptiques satisfaisantes. En se basant sur le test de dégustation, le biscuit à base de 10% de farine d'avoine et 90% de farine de blé tendre complet est le biscuit qui était choisi par consommateur ce dernier se caractérise par un très bon goût, une couleur acceptable une sensation de bouche agréable est un bon arôme. Sa valeur énergétique est de l'ordre 448.5Kcal/100g de produit (1874.4KJ/100g de produit) de cette dernière est dû à sa richesse en éléments nutritifs surtout en glucides 74.32%, lipides, 12.58%, protéine 9.5%, cendre 1.1%. En respectives de cette étude, il serait souhaitable de:

- Faire des analyses physicochimiques et nutritionnelles des autres biscuits (20%FA, 30%FA, 100%FC).
- Faire une analyse de fibre pour les biscuits.
- Faire une étude économique sur le coût de ces produits élaborés par l'incorporation de la farine complète de blé tendre et l'avoine.
- D'étudier la stabilité des biscuits pour déterminer la durée de conservation

Référence Bibliographiques

Références Bibliographique

ADRIN J., 1996. Composition et valeur notionnelle du pain .In : GUINET R., GODON B., 1996. La panification française. Paris, Lavoisier, p.p.481-489. (collection sciences et technique agroalimentaires).

ALI MEZIANI ,2014 : catalogue culture, céréales, profert, p09 PRAT S., 1971 : Les céréales 2ème édition, J.B Baillièrre et fils, Paris, ppp9-23-315.

Annet. S., 2016. Le stockage des céréales à la ferme Namur. Biowallonie. Itinéraires BIO Le magazine de tous les acteurs du bio ! Ed. resp. Philippe Grogna - Avenue Comte de Smet de Nayer 14, 5000 Namur.

Armand B et Germain M ., 1992 : « le blé : éléments fondamentaux et transformation » Ed saint Foy .PP : 439-440.

Asp, N.G, 1996: Dietary carbohydrates: classification by chemistry and physiology. Food Chemistry, 57 (1), 9-14.

BENHANIA Z., 2013. Etude de la fabrication de la farine et contrôle de sa qualité. Mémoire de master, université KasdiMerbah Ouargla, Algérie .p ; 52.

BENSALEM M., 1998 : La qualité du céréale dans la région méditerranéenne,série A N° 22,

Bingham S.A., day, N.E., Luben, R et al.,2003: dietary fiber and protection against colorectal cancer in the European prospective investigation into cancer and nutrition (EPIC): an observational study. The lancet, 361, 1496-1501.

BOUDREAU A., MENARD G., 1992. Le blé-Eléments fondamentaux et transformation. Les presses de l'Université Laval, Québec, 439p.

Broutain, 2001, fabriqué des biscuits à base de farine composée, PME. Agroalimentaire. Biscuiterie. 20pp

Bremness. L., 1999. Les plantes aromatiques et médicinales (le guide visuel de plus de 700 espèce végétales à travers le monde). Page : 37-90,119-288.

Caballero, B. Trugo, L.C et Finglas, P.M. 2004: Encyclopedia of food sciences and nutrition. New York Acadimic Press. Pp.1813-1858.

CALVEL R., 1980. La panification : pâte, fermentation, mise en forme. La boulangerie moderne, Paris, EYROLLES, pp. 112-142

Chaplin M., 2004: water structure and behavior. London South Bank University.

Cheblaoui Y et Yahiaten N ., 2016 : « Contribution à la diversification de l'alimentation pour l'enfant cœliaque : fabrication de farine- Biscuit sans gluten ».PP :15-16.

Cherbut C, 2003 : ‘ Motor effects og short-chain fatty acids and lactate in the gastrointestinaal tract ‘ Porc Nutr Soc **62**(1): 95-9

Coffman, F. A., 1977. Oat history, identification and classification. Technical Bulletin No 1516. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington D.C., United States. 356 pp.

Colas, 1998 définition de la qualité des farines pour différentes utilisation in : les industries de première transformation des céréales. Godon B et ILIM C. Tec et doc

Coutouly et al, 1998: biscuits et biotechnologies. European initiative, biotechnology education. 29p

Cumming J.H , 2001: The effect Of Dietary Fiber On Fecal Weight And Composituin, Dans: Ga. Spiller. 3e. Crc Handbook Of Dietary Fiber In Human Nutrition. Crc Press Llc Boca Raton, Fl. USA, P. 183-252

DANIELS N.W.R., FRAZIER P.J., WOOD P. S., 1971. Flour lipids and dough development. Bakers's Dig., vol. 45, n. 4, pp. 20-28

Delphine FB, 14 janv 2014. Les biscuits diétiétiques. Fourchette et Bikini

Devries j. w, 2003: on defining dietary fiber. Proceedings of the nutrition society, 62,37-43.

Djamel. B., 2016. Algérie : production de flocons d'avoine. Collection Brochures Agronomiques.Algérie. 13p

Djelti H (2014) Etude de la qualité du blé tendre utilise en meunière algérienne. Mémoire de magistère présenté à l'Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen : 25-27p.

Doumandji A ; Doumandji S ; Doumandji MB, (2003) .Technologie de transformation des blés et problème dus aux insectes en stock, Ed : Office des publications universitaire, P.129.

Dugour D., 2009 : « Préventions des emballages l'engagement des fabricants des biscuits et gâteaux ». Le syndicat des biscuits et gâteaux de France, 8p.

Feillet P., (2000). Le grain de blé : composition et utilisation. INRA. Paris. 308p.

Fernandez M. L., 2001 soluble fiber and no digestible carbohydrate effect on plasma lipids and cardiovascular risk. Curr. Opin. Lipidol.

Frenot, 2005 Connaissance des aliments. Bases aliments. Bases alimentaires et nutritionnelle de la diététique. Ed et DC. 397

Gibbs Russell. G. E., Watson, L., Koekemoer, M., Smook, L., Barker, N. P., Anderson, H. M., and Dallwitz, M. J., 1990. Grasses of Southern Africa: An Identification Manual with Keys, Descriptions, Distributions, Classification and Automated Identification and Information Retrieval from Computerized Data. Memoirs of the Botanical Survey of South Africa No 58. National Botanic Gardens/Botanical Research Institute, Pretoria, South Africa. pp. 437.

Grandvoint et pratx, 1994 : Les ingrédients des pâtes, farine mites, Ind la panification française. Edite ; lavoisier Apria, Tec et Doc, Paris. P534

Godon B., Willm C.L., (1991). Les industries de première transformation des céréales. Coll. Agro. Alimentaire. Lavoisier. Pp. 78 – 91.

GODON B., (1995). Le pain. Pour la science. Dossier hors-série de mars (science et gastronomie), p.p.16-25

Hamrani et Al, 2015 ; Optimisation de la préparation d'un aliment sans gluten. Université de Blida. P27

Howarth, N.C; Huang, T.T ; Roberts S.B et Mcrory, M.A , 2005: Dietary fiber and fat are associated with excess weight in young and middle-aged US adults. J.Am Diet.. Assoc. 105(9) : 1365-1372

Julio Isidro-Sánchez, Elena Prats, Catherine Howarth, Tim Langdon and Gracia

Jean-François ., 1994 : « Influence de la granulométrie du sucre en biscuiteries sèche », p 47

Kabore N., 2012 : « Optimisation de la production de biscuits à base de patate douce à chaire orange » P10

Kechaha, 2015. Cours biscuiterie département agroalimentaire université de Blida

KIGER, J. L. ; KIGER, J. G. ; (1968) ; Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime ; Tome II ; Edition DUNOD ; Paris ; 595p.

KIGER, J. L. ; KIGER, J. G. ; (1967) ; Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime ; Tome I ; Edition DUNOD ; Paris ; 676p.

Lineback, D.R et Rasoer, V.F, 1998: Wheat carbohydrates, In Y. Pomeranz (Ed), Wheat Chemistry and Technology. St, Paul, MN: American Association of cereal Chemists. Pp.0277-372

Mechti, S et Fekraoui, R. (2017) essai de fabrication d'un biscuit au son de blé. Université de Blida 1 Algérie. 106P

Meilgaard et al, 1991 Sensory evaluation technique. Boca rarin : CRC press

Minoterie Tafna, (2017), Présentation de la minoterie, diagramme de fabrication de la farine.

Montilla-Bascón(2020) Genomic Approaches for Climate Resilience Breeding in Oats. Chapter IV; 137-141.

Nandini, C.D et Salimath, P.V, 2016: Carbohydrate composition of wheat, wheat bran, sorghum and bajra with good chapati/roti (indian flat bread) making quality, *Food Chemistry*, 73, 197-203

Nihed. B.H., Rania. B.S., Bassem. K., Imen. F and Slim. A., 2015. Oat (*Avena Sativa L.*) : Oil and Nutriment Compounds Valorization for Potential Use in Industrial Applications. *J. Oleo. Sci*

Norme algérienne N.A. 1158-1990 (I.S.O. 1871): Dosage de l'azote totale avec minéralisation selon la méthode Kjeldahl.

Paul C., (2007). Céréales et alimentation : une approche globale Agriculture Environnement prairies. Coll. Sciences et Techniques agricoles. 17 ème Ed. 464p

- Pereira, M.A et Ludwig, D.S, 2001** : Dietary Fibre and body-weight regulation observations and mechanisms, *pediatr clin north Am* 48 : 969-80.
- Pomeranz, Y. (1988)**. Chimie et technologie du blé, AACC, États-Unis.
- POTUS J ., GALEY C ., VIGNAU C ., GARCIA R ., POIFFAIT A., et NICOLAS J ., 1994** . Les oxydoréductases en panification. *Industries des céréales*, n° 115, p.p . 3-10.
- RAZANAJATOVO, H. N. ; (1995)** ; Inventaire des matières grasses utilisées en biscuiterie et chocolaterie – Recherche de production locale ; Mémoire de fin d'études ; Département Industries Agricoles et Alimentaires ; Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques ; Université d'Antananarivo ; Antananarivo ; 96p.
- Redjem N et Derghal W ., 2016** : « Contribution à la formulation d'un biscuit à base de caroube et lactosérum ».P36.
- Rodionova, N.A ; Kaprel'-Yants, L.V ; Serednitskii, P.V et Kilimnik A.Y, 1992** : Hemicelluloses of cereal grains and their enzyme catalysts, *Applied biochemistry and Microbiology*, 28 (5), 485-501.
- Rouau 1996** les hémicellulases en panification. *Industries de céréales*. 96. 13-19.
- Sirodot g-e., 2016**. L'avoine, description, classification, Etude du grain des variétés Françaises et Etrangères, culture
- Sofia ES., 2016** : « Processus de fabrication des biscuits et gaufrettes ». P : 9.
- Soulef BK.,2010** : « Contribution à la diversification de l'alimentation pour enfants cœliaque : fabrication de farines- biscuits sans gluten ».PP : 15-16.
- Spiller .M,2007** : tout savoir sur les fibres. Les éditions le mieux-être, Amazon, France, 320p.
- Suttie J.M., 2004**. Grassland and pasture crops: *Avena sativa* L. [Internet] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.
- Thies F., Masson L.F., Boffetta P., Kris etherton P., 2014**. Oats and bowel disease: a systematic literature review.*Br.J. Nutr.*112, S31-S43
- Thongou P., Pavadhgul P., Bumrugpert A., Satitvipaween.P., HarjaniY., Kurilich A., 2013**.Effect of oat consumption on lipid profiles in hypercholesterolemic adults.*J.med.Assoc. Thai.*96, S25-S32.
- Tong, L.,et al.,2014**.Oat oil lowers the plasma and liver cholesterol concentrations by promoting the excretion of faecal lipids in hypercholesterolemic rats. *Food Chem.*P142,129-134.
- Vierling , 2003** Aliments et boissons. Filières et produits Ed.DION. Paris 257p
- Wang H.C., et al 2011**. Inhibitory effect of whole oat on aberrant crypt foci formation and colon tumor growth in ICR and BALB/c mice. *J. Cereal Sci.* P 53, 73- 77.
- Zhu et Zhou, 2005** étude des relations entre structures et propriétés de film d'arabinoxylanes isolés de coproduits agricole. Thèse de doctorat, université de Reims p18.

Anonyme 2013 .Fao stat/QAA division de statistiques 2013/11 out'2013

Anonyme Novembre/Décembre 2015 ; Le marché des industries Alimentaire en Algérie
https://www.agroligne.com/IMG/pdf/agroligne_web_97.pdf

ANNEX

Presentation de l'unité Kamelo Food :

«Kamelo Food» est une société de biscuiterie et chocolaterie , est présente avec une large gamme sur la catégorie des biscuits. En terme de position elle occupe un position de leader sur les biscuits, et sur différents segments et catégories des biscuits. Elle est entrée officiellement en production en 2019.

Doté d'une technologie de pointe, elle met à la disposition du consommateur des produits surs et d'excellente qualité.



DISICATEUR



FOUR A MOUFLE



Les nacelles



Glutork



Centrifugeuse



Balance de précision



Capsule découverte et leur couvercle



étuve



pH mètre



Appareil utilisé dans méthode de kjeldhal



Soxhlet



Pétrin



Broyeur



Appareil utilisé pour le titrage