



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA

FACULTE DES SCIENCES AGRO- VETERINAIRES et BIOLOGIQUES

Département des Sciences Agronomiques

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière des Sciences Alimentaires

Option : Nutrition et Contrôle des Aliments

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Nutrition et Contrôle des Aliments

THEME

**Contribution a l'étude nutritionnelle
de son de blé dur vue son
incorporation dans un biscuit sec.**

Présenté par :

M^{elle} CHERIK Hiba Chahineze

Devant le Jury composé de :

| | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------|---------------------|
| M^{me} KOUIDRI A. | Maître assistante A | USDB | Présidente |
| M^{me} SAADI L. | Maitre de conférence B | USDB | Examinatrice |
| M^{me} MERIBAI A. | Maitre assistante B | CRAPC | Examinatrice |
| M^{me} DEFFAIRI D. | Maitre assistante A | USDB | Promotrice |

2011-2012



Remerciements

Les remerciements constituent un exercice à la fois plaisant et délicat .plaisant car ils sont synonymes de chemin parcouru et de travail accompli en plusieurs mois. Plaisant également car ils permettent à remercier ceux qui m'on soutenu, chacun à sa manière, durant toute la période de mon travail ; Délicat car il ne faut oublier personne. Aussi je me permets à remercier en avance ceux qui d'aventure auraient été oubliés

Avant tout, je tiens à remercier **DIEU** tout puissant, pour la volonté, la santé, et la patience qu'il m'a donné durant toutes ces années d'études, afin que je puisse en arriver là.

J'adresse mes plus vifs remerciements à ma promotrice, **Mme. DEFFAIRI Djamila** maitre assistante **A** à l'UNIVERSITE DE BLIDA, pour avoir bien voulu m'encadrer, pour ses précieux conseils, pour son suivi tout au long de la réalisation de ce mémoire. J'espère qu'elle trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

J'adresse mes vifs remerciements aussi aux membres du jury :

-**Mme. KOUIDRI A.**, maître assistante **A** au département d'Agronomie, BLIDA.

-**Mme. SAADI L.**, maitre de conférences **B** au département de biologie, BLIDA.

-**M^{elle}. MERIBAI A.**, chercheur **CRAPC**, BLIDA.

Qu'ils trouvent ici toute ma gratitude et mes remerciements pour avoir accepté de faire partie du jury et pour avoir bien voulu évaluer ce travail.

J'ai pu travailler dans un cadre particulièrement agréable, grâce à l'ensemble du personnel de l'Institut technique des grandes cultures (**ITGC**), Je pense particulièrement à **Mme. MADANI** chef de service du laboratoire Technologie, ainsi qu'à **M^{elle} LAREM** et à **Mme. BELLOUL. A**, Merci à tous pour votre bonne humeur sans oublier aussi l'équipe de laboratoire de l'**INSFP. BLIDA** et celle labo d'hygiène **TIPAZA**.

Je remercie vivement Monsieur **HADEF Belkacem** qui en tant qu'un ami, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi que pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer, et aussi

Mr. BOUZOUIDJA A.K pour son orientation.

Mes remerciements s'adressent également à Tonton **TAHRAT Sidali** pour sa générosité et la grande patience dont il a su faire preuve malgré ses charges familiales et professionnelles ainsi qui a eu la gentillesse de lire et de corriger ce travail et a ma tante **El-Alia** qui est son épouse, merci beaucoup.

Je remercie tout particulièrement mon oncle **RACHID** ainsi que sa respectueuse femme **Tata Salima** pour leurs efforts et leur aide précieuse dans la fourniture de quelques produits importants dans l'élaboration de ce modeste travail et que sans ça ce mémoire n'aurait jamais vu le jour..... Merci pour tous.

Finalement, j'adresse mes plus sincères remerciements à ma très chère famille qui m'a toujours apporté son soutien indéfectible, en particulier ma **mère** et ma chère tante **Dalila**, mes frères et ma petite sœur **Meriem**.

Dédicaces

A celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que la volonté fait toujours les fortes personnalités.....

A mon regretté père.

A celle qui a attendu et attend toujours avec patience les fruits de sa bonne éducation.....

A ma très chère maman.

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon grand amour, mon estime, ma vive gratitude, mon intime attachement et ma profonde affection.

MERCI BEAUCOUP

Je dédie cet humble travail à :

Ma très chère tante Dalila qui était une grande sœur à moi et à mes frères tout au long de notre vie pour sa sympathie, sa disponibilité, sa gentillesse et son soutien, elle était une vraie source d'amour et de compréhension inépuisable.

Ma chère sœur Meriem (que dieu te protège) et mon frère Abd el Waheb (que dieu t'inspire les bons pas et les justes réflexes) et notre chouchou Abd el Karim (continue.....).

Mes très chères proches cousines qui étaient des sœurs à moi : Sissi (ma chère duplicata), Zakou (notre chère coquette depuis toujours), la petite Fella (à toi de tenir le flambeau), Yasmine (la sage) et ses adorables fils Housseem et Mehdi. Et sans oublier bien sûr notre Moumouh. Que dieu garde cette union entre nous.

Ma chère Amina (bon courage ma cousine) et son frère Amine.

A l'ensemble de mes copines toujours disponible ISraa (fini les rencontres dommage...), Hafsa (courage pour la suite ma sœur !), Racha (qui m'aurait fait découvrir la spontanéité ! reste comme ça ma belle), Merci à tous pour votre bonne humeur, pour toutes ces séances de rires et de sourires, et pour toutes ces discussions autour d'un café, d'un diner où, comme il se doit, nous avons refait le monde...

Et en fin à mes partenaires du chemin Lydia et Hadjer.

C. Hiba Chahineze

RESUME

Ce travail consiste à l'étude des caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques de son de blé dur ainsi que l'influence d'enrichissement des biscuits secs en son de blé dur et son expression sur la qualité physico-chimique, microbiologique et organoleptique des biscuits. L'enrichissement a été fait à différents taux d'incorporations allant de 5% à 35% dans le but d'améliorer la valeur alimentaire de biscuit sec d'une part et d'évaluer la qualité nutritionnelle de son de blé vue son incorporation dans ce dernier. Des analyses physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques ont été effectuées sur le son issu de la variété de blé locale saharienne d'El Meneaa, wilaya de Ghardaia et le biscuit. Les résultats ont montré que les biscuits à 15% de son de blé dur sont les meilleurs de par leur état de surface, leur couleur, leur dureté, leur goût et leur saveur. Le son de blé dur utilisé dans notre étude est un produit très riche en protéines et en fibres alimentaires avec une énergie fournit de 216,2 Kcal /100g, Par rapport aux autres biscuits, celui de 35% d'incorporation fourni une faible énergie (424,94 Kcal/100g). Le son du blé et tous les biscuits à différentes incorporations montrent une qualité hygiénique satisfaisante vu l'absence de germes.

Mots clés: Son de blé dur, Biscuit sec enrichis, Contrôle de qualité, Energie.

ABSTRACT

This work involves the study of the physico-chemical and microbiological of wheat bran and the influence of enrichment biscuits in wheat bran and its expression on the physico-chemical, microbiological and organoleptic of biscuits. The enrichment was done at different levels of incorporations ranging from 5% to 35% in order to improve the nutritive value of biscuit on the one hand and to evaluate the nutritional quality of wheat bran. Physico-chemical, microbiological and organoleptic analyzes were performed on the bran of a local wheat variety Saharan El Meneaa, wilaya of Ghardaia and biscuit. The results showed that the biscuits 15 % of wheat bran are the best in their surface, color, hardness, taste and flavor. The wheat bran used in our study is a product rich in protein and fiber with energy supplies 216.2 Kcal / 100g, compared to other biscuits, the incorporation of 35% provided a low energy (Kcal/100g 424.94). The wheat bran and the biscuit with all its different incorporations show a satisfactory hygienic quality in the total absence of germs.

Keywords: Wheat bran, biscuit enriched, Quality Control, Energy.

ملخص

هذا العمل يتضمن دراسة للصفات الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية لنخالة القمح الصلب وتأثير إثراء البسكويت بنخالة القمح الصلب على الخاصية الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية والحسية للبسكويت. وقد تم الإثراء على مستويات مختلفة تتراوح بين 5% إلى 35% من أجل تحسين القيمة الغذائية للبسكويت من جهة، وتقييم الجودة الغذائية لنخالة القمح نظرا لإدراجها في هذا الأخير. التحاليل الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية والحسية التي أجريت على نخالة من القمح المحلي الصحراوي لمدينة المنبعة ، ولاية غرداية والبسكويت. أظهرت أن البسكويت 15% من نخالة القمح الصلب هو الأفضل من حيث السطح واللون والطعم، والصلابة والنكهة. النخالة المستخدمة في دراستنا هذه هو منتج غني بالبروتين والألياف مع تقديم طاقة غذائية 2، 216 كيلوجول/100 غ ، مقارنة بالنسبات الأخرى، البسكويت 35% يقدم طاقة أقل 4 424.9 كيلوجول/100 غ

نخالة القمح الصلب و جميع نسب البسكويت المختلفة تظهر الجودة الصحية مرضية مع غياب كامل للجراثيم.
الكلمات الأساسية : نخالة القمح الصلب ، البسكويت المخصب، مراقبة الجودة، والطاقة.

Liste des abréviations

Abs : Absence.

ha : Hectare.

ISO : Organisation international de normalisation.

JORA: Journal officiel de la république algérienne.

Kcal: Kilocalorie.

KJ : Kilojoule.

Nf : Norme française.

V (ml) : Le volume.

ITGC: Institut Technique des Grandes Cultures.

MS: Matière Sèche.

INRA : Institut nationale de la recherche agronomique

H% : Taux d'humidité.

CB% : Cellulose brute.

mm² : Millimètre carré

C% : Le taux de cendres.

Da : Dinard algérien.

N : Normalité.

S/C: Simple concentration.

NA : Norme algérienne.

qx : Quintaux.

CIC : Conseil International des Céréales.

AG : acidité grasse.

E.COLI : Escherichia coli

MADR : Ministère d'agriculture et de développement rural.

INSFP : Institut nationale spécialisé en formation professionnelle.

M : La masse.

Liste des tableaux

| | |
|---|-----------|
| Tableau I : Distribution histologique des principaux constituants du grain de blé (Feillet, 2000)..... | 8 |
| Tableau II : Composition nutritionnelle de blé dur (Hebrard,1996)..... | 9 |
| Tableau III : Principaux produits formés au cours de la mouture (Feillet ; 2000) | 10 |
| Tableau VI : Principaux composants de son de blé (INRA, 1989)..... | 13 |
| Tableau V : Quantités et rôle des ingrédients utilisés pour la fabrication des biscuits secs (Nuret, 1991) | 36 |
| Tableau IV : Résultats des analyses microbiologiques du son et de biscuit de son | 44 |
| Tableau IIV : Tableau des résultats des analyses sensorielles de biscuit..... | 45 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Coupe longitudino-transversale d'un grain de blé dur (Feillet,2000)..... | 6 |
| Figure 2 : Origine des produits de la mouture (Feillet, 2000)..... | 10 |
| Figure 3 : Une comparaison entre les différentes sources de fibres alimentaires (PDF)..... | 14 |
| Figure 4 : Les différentes étapes de la fabrication des biscuits secs (Norme de l'E.R.A.D)..... | 38 |
| Figure 5 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec témoin selon l'état de surface..... | 46 |
| Figure 6 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 5% d'incorporation de son selon l'état de surface..... | 46 |
| Figure 7 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 10% d'incorporation de son selon l'état de surface..... | 46 |
| Figure 8 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 15% d'incorporation de son selon l'état de surface..... | 46 |
| Figure 9 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 20% d'incorporation de son selon l'état de surface..... | 46 |
| Figure 10 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 25% d'incorporation de son selon l'état de surface..... | 46 |
| Figure 11 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 30% d'incorporation de son selon l'état de surface..... | 47 |
| Figure 12 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 35% d'incorporation de son selon l'état de surface..... | 47 |
| Figure 13 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec témoin selon la couleur..... | 47 |
| Figure 14 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 5% d'incorporation de son selon la couleur..... | 47 |
| Figure 15 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 10% d'incorporation de son selon la couleur..... | 47 |
| Figure 16 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 15% d'incorporation de son selon la couleur..... | 47 |

| | |
|--|-----------|
| Figure 17 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 20% d'incorporation de son selon la couleur..... | 48 |
| Figure 18 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 25% d'incorporation de son selon la couleur..... | 48 |
| Figure 19 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 30% d'incorporation de son selon la couleur..... | 48 |
| Figure 20 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 35% d'incorporation de son selon la couleur..... | 48 |
| Figure 21 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec témoin selon la dureté..... | 48 |
| Figure 22 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 5% d'incorporation de son selon la dureté..... | 48 |
| Figure 23 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 10% d'incorporation de son selon la dureté..... | 49 |
| Figure 24 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 15% d'incorporation de son selon la dureté..... | 49 |
| Figure 25 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 20% d'incorporation de son selon la dureté..... | 49 |
| Figure 26 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 25% d'incorporation de son selon la dureté..... | 49 |
| Figure 27 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 30% d'incorporation de son selon la dureté..... | 49 |
| Figure 28 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 35% d'incorporation de son selon la dureté..... | 49 |
| Figure 29 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec témoin selon le gout..... | 50 |
| Figure 30 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 5% d'incorporation de son selon le gout..... | 50 |
| Figure 31 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 10% d'incorporation de son selon le gout..... | 50 |
| Figure 32 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 15% d'incorporation de son selon le gout..... | 50 |
| Figure 33 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 20% d'incorporation de son selon le gout..... | 50 |

| | |
|--|-----------|
| Figure 34 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 25% d'incorporation de son selon le gout..... | 50 |
| Figure 35 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 30% d'incorporation de son selon le gout..... | 50 |
| Figure 36 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 35% d'incorporation de son selon le gout..... | 50 |
| Figure 37 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec témoin selon la saveur..... | 51 |
| Figure 38 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 5% d'incorporation de son selon la saveur..... | 51 |
| Figure 39 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 10% d'incorporation de son selon la saveur..... | 51 |
| Figure 40 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 15% d'incorporation de son selon la saveur..... | 51 |
| Figure 41 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 20% d'incorporation de son selon la saveur..... | 51 |
| Figure 42 : Pourcentage (%) du choix de Le taux de biscuit sec de 25% d'incorporation de son selon la saveur..... | 51 |
| Figure 43 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 30% d'incorporation de son selon la saveur..... | 52 |
| Figure 44 : Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 35% d'incorporation de son selon la saveur..... | 52 |



***INTRODUCTION
GENERALE***

Les céréales tiennent de loin la place stratégique quand à l'occupation des terres agricoles, parce qu'elles servent d'aliments de base pour une grande proportion de la population mondiale. En Algérie, tout comme en Afrique du Nord, ces cultures représentent la principale spéculation et draine plusieurs activités de transformation; en semoulerie, en boulangerie et en industrie alimentaire. Elles constituent également la base de l'alimentation et occupent une place privilégiée dans les habitudes alimentaires des populations aussi bien dans les milieux ruraux qu'urbains ; la part de blé dur dans cette alimentation est très importante. On note que les grains de blé sont principalement constitués de glucides (65-75% amidon et fibres), protéines (7-12%) mais contiennent aussi des lipides (2-6%) et des micronutriments (Pomeranz, 1988). Ils sont ainsi une bonne source de minéraux (et plus spécifiquement de magnésium), de vitamines du groupe B, et contiennent des molécules ayant des activités d'intérêt métabolique et nutritionnelle (vitamine E, composés antioxydants, phyto-oestrogènes) (Darrigol, 1978).

La forte consommation de cette céréale ; évaluée par Liabs (2002) à 3 millions de tonnes durant la période 1998 à 2001, génère un tonnage important d'issues de meunerie, parmi lesquelles le son occupe une large part (85 % de la production totale) (Nehring, 1966).

La consommation totale de céréales ne cesse d'augmenter avec la croissance démographique et l'augmentation des revenus en Algérie, et qui atteint aujourd'hui près de 12 millions de tonnes par an – 8,6 millions pour le blé (USDA, 2008); la consommation individuelle occupe 60% de la ration alimentaire moyenne des habitants algériens (contre 25 à 30% en Europe) est évaluée à 200 kg équivalent grain/ an/ hab (Ait El Mekki, 2008).

En 1980, les pays développés fournissaient 56 millions de tonnes de céréales aux pays sous-développés. La demande sera, selon le modèle **BLS** (basic linked system) qui tient compte des changements climatiques, de l'accroissement de la population et de divers facteurs économiques, de 131 millions de tonnes en l'an 2000 et de 305 millions de tonnes en l'an 2060. Le taux d'autosuffisance en céréales, à l'échelle mondiale, passera de 92 % en 1980 à 88 % en 2000 et à 86 % en 2060 (Dajoz, 2003). En Algérie, la production nationale de blé oscille selon le Ministère d'agriculture et de développement rural (MADR) entre 486334 mille et 2,038 millions de tonnes durant la campagne 2000-2011. Le reste des besoins, soit près de 5 millions de tonnes, est importé.

Pour les agriculteurs, la céréaliculture en Algérie reste tributaire des aléas climatiques, il paraît probable que le changement climatique réduise les revenus des populations vulnérables

et augmente le nombre des personnes exposées à la sous-alimentation. On pourrait assister à une aggravation de l'insécurité alimentaire en Afrique (Sabbagh, 2004) ; l'idée que l'alimentation joue un rôle déterminant dans la santé devient de plus en plus présente dans l'esprit du consommateur mondial. D'après les recommandations des nutritionnistes, les céréales doivent constituer la base de la pyramide alimentaire et prendre une part majeure dans les effets de la nourriture sur la santé.

L'industrie agroalimentaire est un secteur important pour le développement de notre pays comme tous autres pays de tiers monde qui doit lutter pour l'exploitation maximale de ce secteur afin d'assurer les différents besoins de la masse populaire qui ne cesse de s'élargir

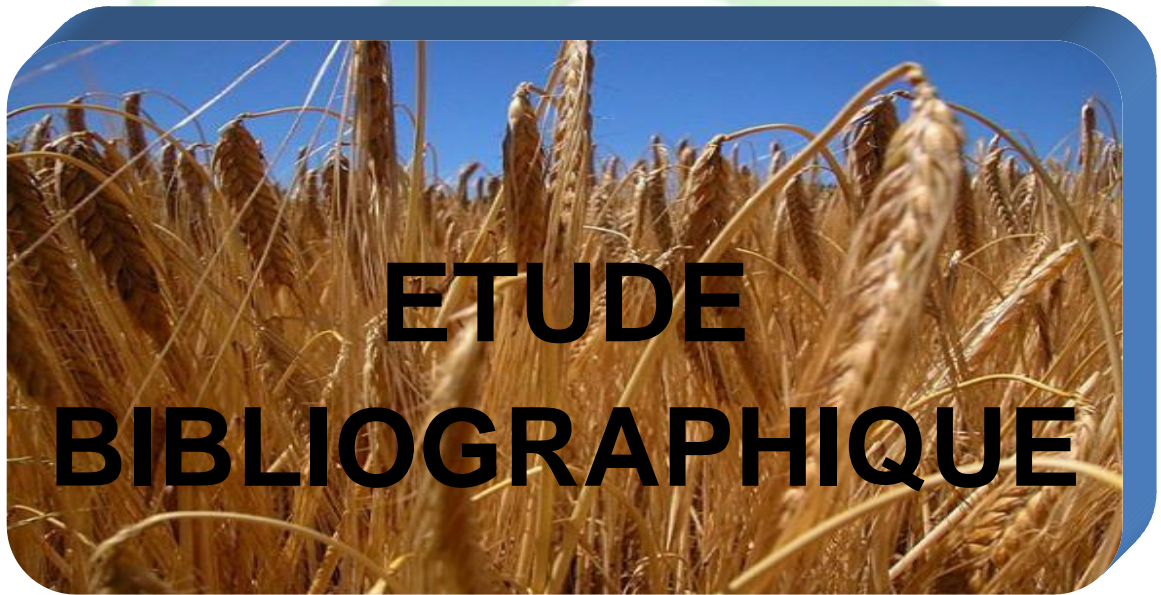
Dans la nutrition mondiale d'aujourd'hui, la nutrition aide à vendre de nouveaux produits alimentaires préparés à partir des nouvelles sources énergétiques. Le son de blé est l'un des suppléments alimentaires très riche en fibre alimentaire potentiels pour la diète humaine, est reconnu pour ses intérêts nutritionnels. C'est en effet une excellente source de minéraux, surtout le phosphore, le magnésium ou le fer, il a également d'autres intérêts, il favorise grandement la digestion, il assure un transit intestinal régulier ainsi qu'il permet de retarder l'absorption des sucres et de stocker moins facilement les graisses, y compris le cholestérol, en les emprisonnant dans ses fibres de ce fait l'objectif visé par notre étude est d'étudier les caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques du son de blé et de tester l'influence d'enrichissement des biscuits secs en son de blé sur les caractéristiques organoleptiques de notre produit fini.

Dans le premier chapitre, nous avons fait le point, à l'aide d'une synthèse des données bibliographiques, sur la céréaliculture en générale et en particulier sur le blé dur.

Dans le deuxième chapitre, nous avons passé en revue la bibliographie sur le son, le processus technologique à suivre pour son obtention, sa composition et enfin ses bienfaits pour les consommateurs.

Dans le troisième chapitre, nous avons présenté des caractéristiques générales des différents types de biscuit sec ; puis nous avons traité la méthodologie de travail adoptée au laboratoire.

Les résultats obtenus, exploités par des traitements statistiques, sont regroupés dans le chapitre des résultats et discussion, où chaque type de résultat est suivi par une interprétation et une conclusion partielle. Le document est terminé par une conclusion générale récapitulant.



**ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE**



Chapitre I
DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

I.1. GENERALITES SUR LE SON DE BLE DUR

I.1. Blé dur

Les premières cultures à l'origine de bouleversements majeurs pour les sociétés humaines avec la néolithisation. En effet, l'homme sachant produire sa propre nourriture, sa survie devenait moins dépendante de son environnement ; trois céréales (blé, riz et maïs) constituent la base alimentaire des populations du globe. Durant le développement de la civilisation Indo-Européenne, le blé est devenu la principale céréale des peuples occidentaux sous climat tempéré (Henry et De Buyser, 2001).

Le blé est l'une des principales sources alimentaires de l'humanité. La saga du blé accompagne celle de l'homme et de l'agriculture; sa culture précède l'histoire et caractérise l'agriculture néolithique, née en Europe il y a 8000 ans. La plus ancienne culture semble être le blé dur dans le croissant fertile de la Mésopotamie (Feillet, 2000).

En ce qui concerne la localisation de la domestication de blé, on considérait jusqu'à aujourd'hui qu'elle avait eu lieu dans le Croissant fertile, vaste territoire comprenant selon les auteurs, la vallée du Jourdain et des zones adjacentes de Palestine, de la Jordanie et de l'Iraq, voire de la bordure Ouest de l'Iran. Récemment, des scientifiques israéliens Lev-Yadun et *al.*, (2000) ont suggéré, sur la base de divers éléments botaniques, génétiques et archéologiques, que le creuset de notre céréaliculture se situerait en une zone plus limitée dudit Croissant fertile, localisée autour de l'amont du Tigre et de l'Euphrate, dans les territoires actuels de la Syrie et de la Turquie. On croit que le blé dur provient des territoires actuels de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran (Feldman, 2001).

I.1.1. Grain de blé dur

Selon BOUDREAU et MENARD (1992), le grain de blé est obtenu après le battage, c'est-à-dire une fois que les balles enveloppant le grain ont été supprimées. La couleur des grains de blé varie généralement du roux au blanc et pourpre à l'occasion, la longueur de 0.48 à 0.95 centimètre et le poids est d'environ 35 milligrammes selon les variétés et le degré de maturité. Un grain de céréales est constitué de trois parties : les enveloppes, l'albumen et le germe (Figure 1) :

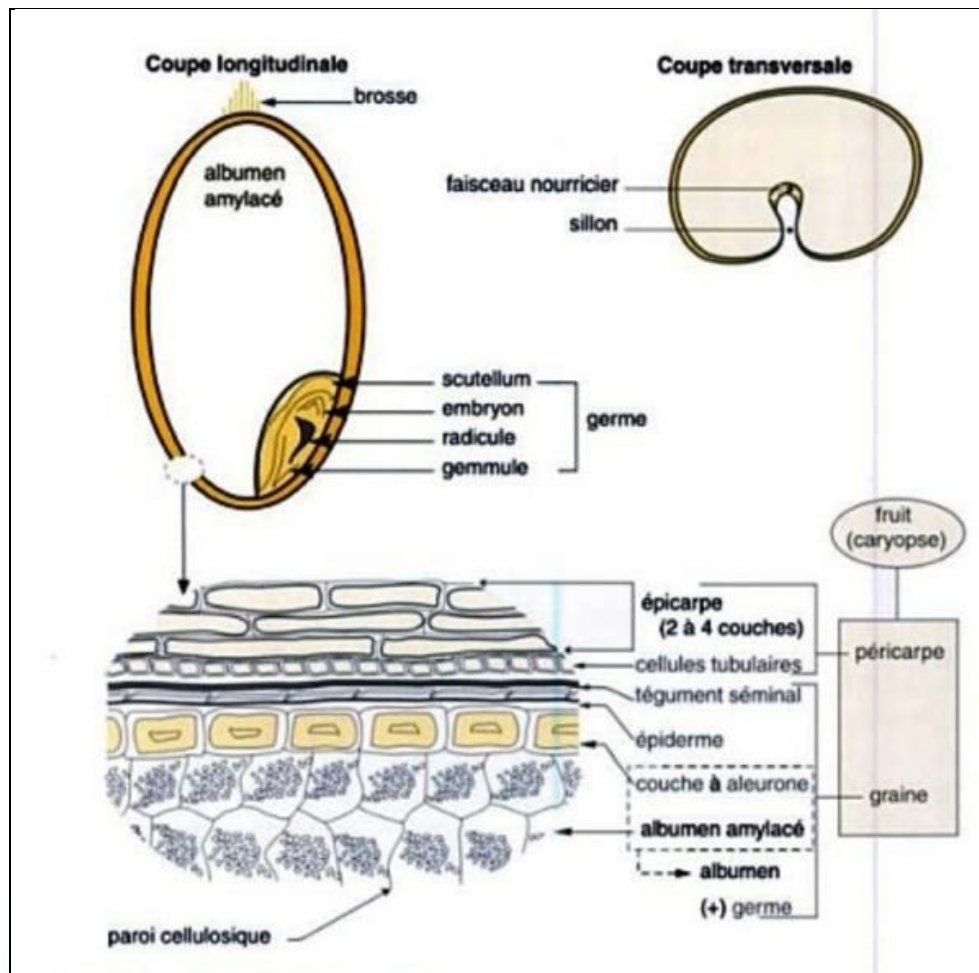


Figure 1 : Coupe longitudino-transversale d'un grain de blé dur (Feillet, 2000).

I.1.1.1. Enveloppes

Elles ont un rôle de protection. Plusieurs couches successives sont distinguées de l'extérieur vers l'intérieur :

- **Péricarpe** : Il provient des cellules de l'ovaire, constitué par 3 couches, l'épicarpe, le mésocarpe et l'endocarpe.
- **Testa** : Elle est presque inexistante chez les céréales. Cependant elle est importante chez le sorgho.
- **L'épiderme** : Il est appliqué sur l'albumen.

I.1.1.2. L'albumen

C'est la partie centrale de la graine. Elle est constituée par une succession de couches :

- Assise protéique (couche à aleurone) : Elle est très riche en protéines.
- Cellules de l'albumen avec granules : l'albumen est vitreux (cas de blé dur) qui nous donne la semoule comme il peut être farineux (cas de blé tendre).

I.1.1.3. Germe

Il est responsable de la perpétuation de la vie. De par sa richesse en nutriments (vitamines, protides, lipides), il est particulièrement intéressant du point de vue nutritionnel. Le germe est une partie du grain composé par l'embryon, protégé par le scutellum (c'est un tissu de réserve riche en protéines et en lipides). Le germe donnera naissance à une jeune plantule : Elle est composée d'une radicule (organe qui donne les racines et les méristèmes), d'une tigelle et d'une gemmule qui est l'organe qui va donner la partie supérieure de la plante (DOUMANDJI et *al.*, 2003).

La composition biochimique des différentes parties du grain de blé est donnée dans le tableau (2) :

- **L'amidon** principal composant glucidique du grain, est dominant dans l'albumen alors que les enveloppes sont riches en cellulose et pentosanes.
- **Les protéines** se trouvent dans tous les tissus, mais la couche à aleurone en contient 24% et le germe 26% soit environ le double de ce que contient l'albumen.
- **La teneur en lipides** du grain est faible environ 2 à 3%, mais leur distribution n'est pas uniforme. Le germe et la couche à aleurone en sont plus riches que l'albumen amylicé.
- **La teneur moyenne en matières minérales** du grain est d'environ 1.8%.

Elle se distribue à l'intérieur du grain de la manière suivante :

Tableau I : Distribution histologique des principaux constituants du grain de blé

| | Grain | Péricarpe | | Aleurone | | albumen | | Germe | |
|--------------------------|-------|-----------|------|----------|------|---------|------|-------|------|
| | G% | G% | T% | G% | T% | G% | T% | G% | T% |
| Protéines | 13.7 | 10 | 4.4 | 30 | 15.3 | 12 | 73.5 | 31 | 6.8 |
| Lipides | 2.7 | 0 | 0 | 9 | 23.6 | 2 | 62.9 | 12 | 13.5 |
| Amidon | 68.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82 | 100 | 0 | 0 |
| Sucres réducteurs | 2.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.8 | 62.7 | 30 | 37.3 |
| Pentosanes | 7.4 | 43 | 35.1 | 46 | 43.8 | 1.6 | 18.3 | 7 | 2.9 |
| Cellulose | 2.8 | 40 | 87.1 | 3 | 7.6 | 0.1 | 3.1 | 2 | 2.2 |
| Minéraux | 1.9 | 7 | 22.6 | 12 | 43.6 | 0.5 | 22.6 | 6 | 9.7 |

%G= % du constituant dans le grain ; %T= % du constituant dans le tissu.

(Feillet, 2000).

L'hétérogénéité de la composition chimique entre les différents tissus constituant le grain de blé, va se retrouver dans le produit de la mouture. Ces différences de compositions histologiques vont influencer la valeur technologique des différents produits de la mouture.

I.1.2. valeur alimentaire

Dans le grain de toutes les céréales, le constituant nettement majoritaire est l'amidon qui constitue environ les trois quarts de la matière sèche (Godon, 1986 in Godon, 1991).

Les protéines du blé sont la base de la qualité technologique des produits de première transformation (Semoule de blé dur et farine de blé tendre) et contribuent à l'expression des caractéristiques culinaires de produit de deuxième transformation (pâtes alimentaires, couscous, biscuit, pain...). Les pays producteurs et exportateurs de blé utilisent les

paramètres quantitatifs et qualitatifs de protéine dans l'échelle de pondération pour la fixation du barème commercial (Abdellaoui, 2007).

Selon Hébrard (1996), la composition nutritionnelle de blé dur (pour 100 g de grains entiers) est présentée dans le Tableau (II).

Tableau II : Composition nutritionnelle de blé dur (Pour 100 g de grains entiers)

| compositions | Eau(g) | Glucides(g) | Lipides(g) | Protides(g) | FA(g) | Calcium (mg) | Magnésium (mg) | Phosphore (mg) | Sodium (mg) | Potassium (mg) | Fer (mg) | Vit B1 (mg) | Vit pp (mg) | Vit E (mg) | vitB2 (mg) | Acide folique (mg) | Vit B6 (mg) |
|----------------|--------|-------------|------------|-------------|-------|--------------|----------------|----------------|-------------|----------------|----------|-------------|-------------|------------|------------|--------------------|-------------|
| Blé dur | 13 | 63 | 2.5 | 14 | 9.5 | 35 | 100 | 390 | 5 | / | 4.5 | 0.5 | 6 | 3 | 0.09 | 0.45 | 0.5 |

(Hébrard ,1996).

Dans la composition nutritionnelle on note que la biotine ou la vitamine B8 se présente sous une teneur trop basse dans la composition de blé qui est de 0.01 mg /100g de grains de blé dur.

Remarque :

Pour 100g (grains entiers) de blé dur une énergie totale de 1383 KJ (331Kcal) sera fournit.

Au cours de la digestion, les protéines sont réduites en leurs acides animés constitutifs, lesquels sont absorbés dans la circulation sanguine pour se reformer en protéines nécessaires à la croissance, à l'entretien et à la réparation des cellules humaines (Aykroyd et Doughty, 1970).

I.2. Son de blé dur

Le son est issu essentiellement suite à une transformation technologique de blé dur.

I.2.1. Transformation technologique

L'art de la meunerie est d'isoler l'albumen amyliacée du grain exempt des parties périphériques (enveloppe et couche à aleurone) et du germe avec le meilleur rendement possible et à moindre coût, tout en maitrisant les propriétés d'utilisation des produits obtenues (Feillet, 2000).

A l'issue de la mouture quatre produits principaux sont obtenues présentés comme suit dans la figure (2) et le tableau (III).

Tableau III : Principaux produits formés au cours de la mouture

| | |
|----------------------|---|
| Farine | Fines particules d'albumen (30 à 200 μ m). |
| Semoule | Grosses particules d'albumen exemptes d'enveloppes adhérentes (150 à 500 μ m). |
| Semoule bises | Grosses particules d'albumen auxquelles adhèrent des fragments d'enveloppe. |
| Remoulage | Fines particules d'enveloppe auxquelles adhèrent des particules d'albumen. Les remoulages blancs se différencient des remoulages bis par leur teneur plus élevée en produits issus de l'albumen. |
| Fins sons | Petits morceaux d'enveloppe (1 à 5 mm de dimension principale : 0,5 à 1mm ²). Exempte d'albumen. |
| Gros sons | Gros morceaux d'enveloppe (1à 10 mm ²) Exempts d'albumen. |
| | |

(Feillet, 2000)

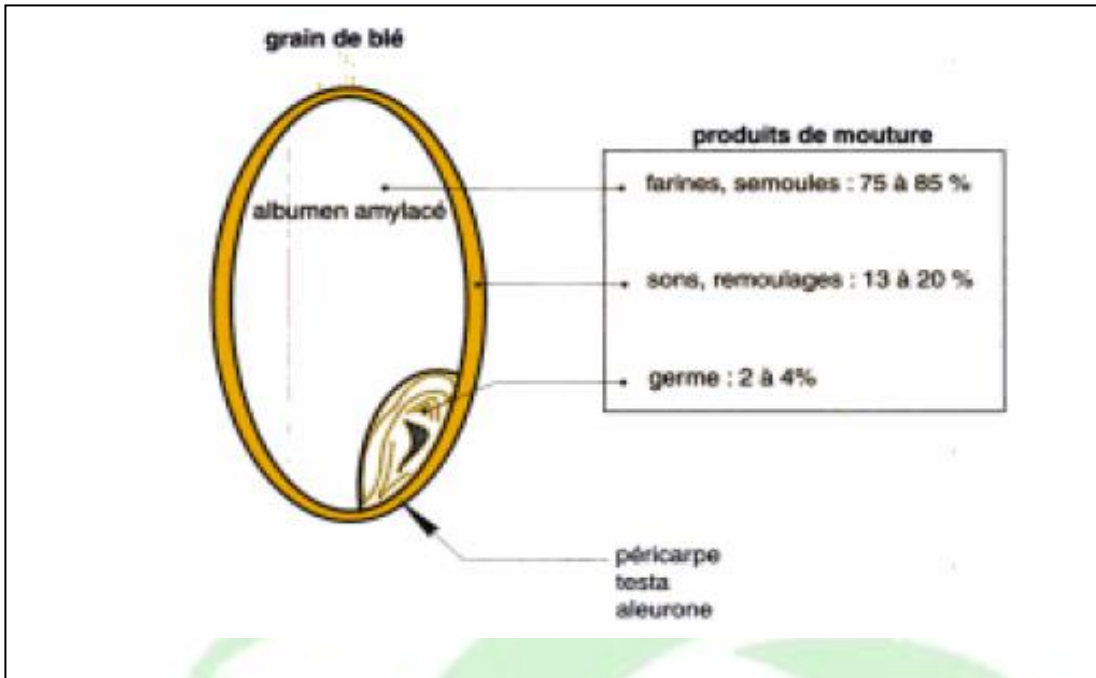


Figure 2 : Origine des produits de la mouture (Feillet, 2000).

I.2.1.1. Nettoyage du blé

Les grains de blé doivent être débarrassés très soigneusement de toutes leurs impuretés, le but de cette opération étant d'éliminer les pierres, les particules métalliques, les autres céréales et la poussière. Ce nettoyage est particulièrement important en industrie, dans le cadre de notre étude son intérêt est beaucoup plus relatif. Un autre objectif est parfois recherché (un nettoyage standard permet de réduire de 40 à 60% la flore bactérienne du grain) ; le nettoyage des blés durs doit être effectués avec un soin tout particulier sous peine de voir apparaître des piqures colorées dans la semoule (Feillet, 2000).

I.2.1.2. Conditionnement du blé

Après nettoyage, le blé doit être conditionné de manière à faciliter la séparation du son et de l'amande et le broyage de celle-ci. Un blé humide sera difficile à travailler, notamment à bluter ; un blé trop sec se prêtera mal à la séparation des enveloppes (réduite en fines particules) du cœur de l'albumen.

Le conditionnement crée un gradient de teneur en eau entre la périphérie et le centre du grain en jouant sur trois paramètres : quantité d'eau ajoutée, température de traitement, durée de repos du blé (la fixation de ce dernier paramètre doit tenir compte de l'humidité initiale du

blé et du degré plus ou moins friable ou résistant de l'amande). Il doit atteindre les objectifs suivants :

- assouplissement des enveloppes afin d'éviter leur fragmentation et de faciliter leur séparation,
- réduction de la dureté de l'albumen pour favoriser sa réduction en farine sans endommager les granules d'amidon,
- conservation de la valeur boulangère des farines.

Dans la pratique ; la préparation des grains avant mouture consiste en une hydratation ménagée (16 à 17%) et un repos de 12 à 48heures.

La durée de repos dépend de la nature des blés et de leur état de siccité. Le gradient d'eau recherché est plus faible en meunerie (où l'on recherche la production de farine) qu'en semoulerie, où la fabrication de semoule a partir de blé dur nécessite de conserver une certaine dureté à l'amande. Le temps de repos ne doit pas dépasser les 48heures.

Les meuneries utilisent quelques règles simples pour optimiser ce traitement :

- éliminer les grains cassés avant mouillage.
- ne pas ajouter plus de 4 à 5% d'eau en une seule fois.
- attendre six à huit heures avant d'effectuer un deuxième mouillage.
- prolonger les temps de repos en hiver (Feillet, 2000).

I.2.1.3. Mouture de blé

Est une opération centrale de la transformation des blés en farine et en semoule ; repose sur la mise en œuvre de deux opérations unitaires :

- ✓ une opération de fragmentation-dissociation des grains et,
- ✓ une opération de séparation des constituants.

La première permet de dissocier l'amande et les enveloppes (broyage) ; de fractionner les semoules vêtues (désagrègeage) et de réduire l'amende en farine (convertissage) ; la seconde assure la séparation des sons et des enveloppes sur la base de leur granulométrie (diversion par tamisage) et de leur propriétés aérodynamiques (épuration des semoules par sassage). Les moulins possèdent deux séries d'appareils à cylindres (broyeurs et convertisseurs /claqueurs) à travers lesquels les blés ou les produits de mouture doivent successivement passer afin d'être réduits en farine. Chaque opération de broyage est suivie d'une opération de séparation

par tamisage ; qui permet de classer les produits avant de les envoyer sur l'appareil à cylindre suivant.

Le broyage 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 a des vitesses différentes (Feillet, 2000).

I.2.2. Définition du son

Le son de blé correspond à l'ensemble des couches ligneuses (enveloppes externes) superposées qui forment l'écorce qui recouvre le grain de blé dur ou bien tendre ; ces enveloppes sont l'assise protéique ; elles sont séparées du blé lors des processus de transformations technologiques.

Le son de blé est une fine mouture qui se présente sous forme de petites écailles (Anonyme, 2000).

I.2.3. Constitution et composition

Le **son de blé** est essentiellement constitué de **fibres cellulosiques insolubles** ; il contient de nombreux éléments nutritifs : des vitamines (majoritairement celles du groupe **B** : **B1, B3, B6 et E**), des protéines et de multiples sels minéraux (**phosphore, manganèse, magnésium, zinc, sélénium, cuivre et calcium**).

Il représente 15% du poids du grain (Anonyme, 2000).

Le tableau suivant représente les différents constituants du son de blé :

Tableau VI : Principaux composants de son de blé dur

| Blé dur | Caractéristiques %produit brut | Matière sèche | Extraction non-azoté (hydrolyse acide) | Matière grasse | Cellulose brute | Protéine brute | Lysine | Méthionine | Cystéine | Thréonine | Cendres brut | Calcium | Phosphore totale | Magnésium | Potassium | Energie brute (kcal/kg) | |
|---------|--------------------------------|---------------|--|----------------|-----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|------------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------|
| | Son | 88 | 53,3 | 19,4 | 4,7 | 10,0 | 15,6 | 0,65 | 0,25 | 0,62 | 0,54 | 4,40 | 0,15 | 0,93 | 0,35 | 1,10 | 4000 |

(INRA, 1989).

I.2.4. Vertus du son

a. Pour la santé

En matière de régulation et de santé du système digestif, il est indispensable de savoir quel type de fibres rechercher.

De nombreuses études scientifiques ont démontré que le son de blé constitue la norme absolue pour évaluer l'efficacité à faciliter la régulation. En fait, il s'agit du point de référence à partir duquel sont comparées toutes les autres fibres, dans le but de mesurer leur effet sur la régulation, et la figure(3) suivante montre ça :

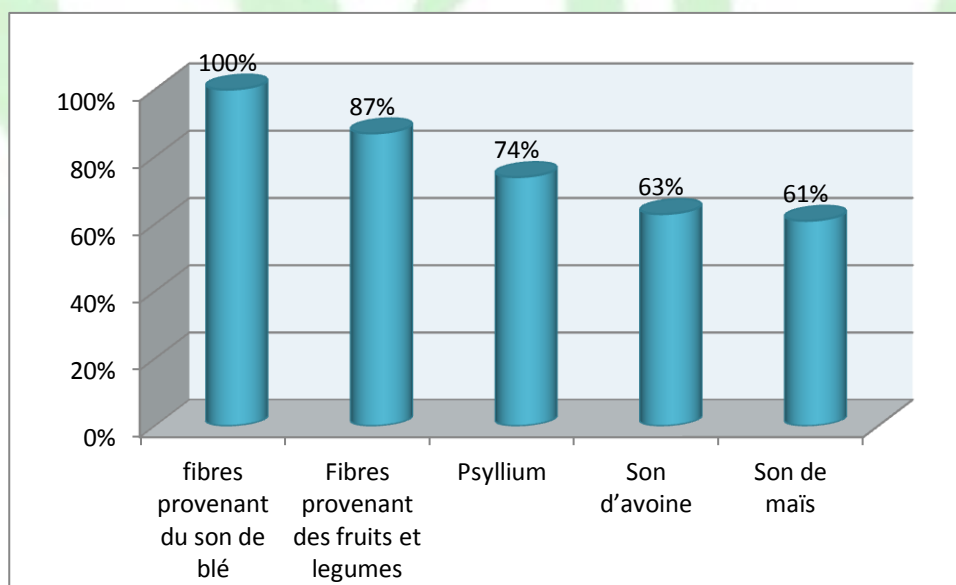


Figure 3 : Une comparaison entre les différentes sources de fibres alimentaires (Anonyme, 2011).

Le son de blé est une source importante de fibres cellulosiques insolubles qui ont de nombreux bienfaits sur la santé.

Le rôle bénéfique des fibres a été évoqué pour la première fois en 1970 par deux médecins britanniques, Denis Burkitt et Hugh Trowell, qui émirent l'hypothèse que certaines affections des pays industrialisés, notamment la constipation, la diverticulose colique, les hémorroïdes et le cancer colorectal, seraient liés à un déficit en fibres alimentaires.

Le système digestif est conçu de telle façon qu'il fonctionne normalement et facilement lorsque la diète est composée d'une quantité suffisante d'aliments qui produisent des déchets. Ces déchets ont la caractéristique de pouvoir absorber de larges quantités d'eau et favorisent ainsi la formation de selles molles. Le son est donc un remède spécifique de la constipation qui agit de façon naturelle et produit son action lentement, après quelques jours d'utilisation.

Le mécanisme d'action est semblable: le son de blé a la capacité de se gonfler d'eau et modifier la consistance des selles en augmentant leur volume ; en accélérant leur passage en douceur dans l'intestin ; Mais s'il est consommé de façon abusive, il peut-être cause de gonflements et de flatulences.

Il peut être également efficace dans le traitement des syndromes caractérisés par des crampes douloureuses: les diverticuloses, le syndrome du côlon irritable. Il ne faut cependant pas en absorber durant un épisode de crise, lorsque la douleur est trop forte. Il faut attendre la fin de la crise et envisager le traitement sur du long terme (Anonyme, 2002).

Même si le son de blé peut provoquer quelques ballonnements au début, il sera progressivement mieux toléré et remplira alors pleinement sa mission de régulariser le transit intestinal par une action mécanique douce; il peut aussi entraîner une baisse du taux de cholestérol et de sucre dans le sang ; le son de blé participe donc à la prévention de maladies cardio-vasculaires et du diabète (Anonyme, 2002).

b. Pour le contrôle du poids

Le son, comme tous les aliments riches en fibres, procure une sensation de satiété et contribue à rassasier sans faire prendre de poids ; une propriété intéressante dans le cadre d'un régime.

I.3. Biscuits

I.3.1. Données générales sur les biscuits

I.3.1.1. Définition

La désignation du terme « biscuit » signifiant « bi-cuire » c'est-à-dire cuire deux fois ou subir deux cuissons. En effet le procédé exigeait 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. Le biscuit était fabriqué de farine blutée à 80% et plus aujourd'hui la farine de blé tendre est bien adaptée pour la fabrication des biscuits (Kiger.L et Kiger.J, 1968).

I.3.1.2. Classification

Les biscuits sont classés selon la norme codex 192-1995 relative aux additifs alimentaires dans la catégorie produit de boulangerie fine. Comme le montre cet extrait de ladite norme.

Extrait de « NORME GÉNÉRALE CODEX POUR LES ADDITIFS ALIMENTAIRES CODEX STAN 192-1995 »

Ils peuvent aussi être classés en deux catégories

Biscuit (A) soit par leur richesse et leur fabrication.

Biscuit (B) soit par leur forme.

(A) Suivant leur richesse et leur fabrication

Selon ce procédé de fabrication, les biscuits sont classés en trois principaux groupes :

1. Biscuit à pâte dur ou semi-dur.
2. Biscuit à pâte molle : type de pâtisseries.
3. Biscuit à pâte liquide : type de gaufrettes.

1. Biscuit à pâte dur

Ils contiennent généralement un faible pourcentage de matière grasse et de sucre et un pourcentage élevé d'eau conditionnée à la fabrication des biscuits à pâte dur ; et sont également regroupés en trois groupes : (Kiger.L et Kiger.J, 1968)

a. Biscuits riches en matière grasse

Ces biscuits contiennent du sucre, une teneur moyenne en eau et une quantité élevée en matière grasse.

b. Biscuits intermédiaires

Ces biscuits contiennent une quantité moyenne en matière grasse par rapport aux biscuits précédents et une faible quantité de sucre ; (**à cause de cette teneur ils sont classés en biscuits semi- dur**).

c. Biscuits pauvres en matière grasse

La teneur en matière grasse pour ces biscuits est très faible par contre celle en eau est bien élevée ; ces derniers ne contiennent pas de sucre.

2. Biscuits à pâte molle

Dans cette catégorie les teneurs en matière grasse et en sucre sont élevées contrairement à celle de l'eau qui est faible. En règle générale la pâte passe directement du pétrin à la machine à forme ; ces biscuits sont subdivisés en deux catégories :

a. Biscuits riches en calories

Ce sont des biscuits contenant un pourcentage élevé en matière grasse et en sucre mais il faut noter que la quantité en matière grasse est supérieure à celle de sucre (Kiger.L et Kiger.J, 1968).

b. Biscuits intermédiaires

La pâte contient un faible pourcentage de matière grasse et de sucre.

3. Biscuits à pâte liquides

Ils ont également une teneur importante en matière grasse et en sucre contrairement à ceux de type riches en calories, dans ce cas le sucre dépasse largement en quantité la matière grasse.

(B) suivant la méthode mise en forme

Les pâtes dans ce cas sont caractérisées ou bien déterminées selon la méthode de coupe employée, il existe des pâtes qui peuvent être coupées selon une grande variété de méthode, chacune pouvant donner non seulement une apparence différente mais aussi une structure différente aux biscuits.

Les différentes méthodes des coupes caractérisant les biscuits sont les suivantes :

- Découpeuse (pâte dur).
- Coupe par presse.
- Coupe au fil.
- Root-press.

Par ailleurs ils existent d'autres classifications concernant les gaufrettes et d'autres biscuits de même forme (Kiger.L et Kiger.J, 1968).

I.3.2. Rôle des ingrédients utilisés en biscuiterie

I.3.2.1. La farine

I.3.2.1.1. Définition

La définition de la farine de blé ou farine froment ou farine sans autres qualifications, désigne exclusivement le produit pulvérulent obtenu à partir d'un lot de blé, sous espèces vulgaires sain, loyal et marchand, préparé en vue de la mouture.

La farine est plus importante des matières premières, représentent 20 à 40% des biscuits confitures ou chocolatés ; 60 à 70% des biscuits secs et 90% des crackers. D'une manière générale, l'industrie biscuitière recherche des farines extraites de blé friable et de faible teneur en protéines (moins de 11%) celles-ci doivent posséder la capacité de former des réseaux extensibles et non élastiques, afin d'éviter la rupture et la rétraction des pâtes : les pâtes qui manquent de cohésion risquent de se déchirer quand elles sont étirés au cours du laminage.

I.3.2.2. Le sucre

Le sucre le plus utilisé est le saccharose, celui-ci est un produit alimentaire défini par la formule chimique $C_{12}H_{22}O_{11}$, le sucre agit sur le gluten en le ramollissant et le rendant plus élastique, il a comme rôle :

- L'amélioration de l'apparence des aliments par son état de brillance ou son vernis.
- L'augmentation de sa viscosité et rétention du CO_2
- Confère au biscuit une dureté et le donne un gout sucré.

Durant la cuisson il fond et provoque la fluidité des biscuits notamment le sucre cristallisé (Kiger.L et Kiger.J, 1968).

I.3.2.3. Le lait en poudre

Le lait est un produit hautement nutritif. Physiologiquement équilibré, il contient des matières albuminoïdes (caséine, lactalbumine et lactoglobulines).ainsi que les matières grasses (beurres), les substances sucrées (lactose) et des substances minérales

Le rôle du lait utilise dans la préparation de la pâte du biscuit est :

- Le mouillage de la pate si le lait est liquide.
- L'amélioration de la cuisson (effet de transmission de la chaleur par sa matière grasse).
- L'amélioration de la couleur par la présence du lactose.

L'amélioration de la structure et la texture de la pâte (Kiger.L et Kiger.J, 1968).

I.3.2.4. Le sel

C'est le chlorure de sodium identique à celui utilise en cuisson ; il est soluble dans presque tous les liquides, son rôle est de :

- Permettre la stabilité de la saveur.
- Améliore la plasticité de la pâte.

Améliore la maniabilité (Kiger.L et Kiger.J, 1968).

I.3.2.5. La matière grasse

La matière grasse utilisée est une matière grasse végétale notamment l'huile de palme, elle a pour rôle :

- D'agent de miscibilité.
- D'agent de plasticité.

D'agent thermique de cuisson et aromatisant (Kiger.L et Kiger.J, 1968).

I.3.2.6. Les substances levant

Le rôle de levures chimiques utilisées dans cette branche industrielles est de faire lever les pâtes et conférer par les réactions donnant du gaz carbonique une texture sans intervention des micro-organismes.

I.3.2.7. Le glucose en sirop

C'est un liquide limpide jaunâtre et mélange de plusieurs sucres alimentaires, de hautes valeurs nutritives ; il donne de la viscosité et empêche la cristallisation du saccharose (Kiger.L et Kiger.J, 1968).

I.3.2.8. L'eau

L'eau agit dans la pâte et exerce une conception sur trois matières premières :

- L'amidon pour former les empois.
- Les protéines pour former les réseaux glutineux.
- Le sucre pour donner un sirop.

L'eau qui est utilisée comme un solvant doit être potable minéralisé et n'ayant pas trop de calcaire.

I.3.2.9. La lécithine

La lécithine est un phospholipide rencontré dans de nombreux tissus animaux et végétaux, notamment dans le jaune d'œuf et le soja, elle est parmi les émulsifiants les plus utilisés en technologie alimentaire dans la fabrication des biscuits ; la lécithine a pour rôle de :

- Réduire la tension superficielle et facilite les émulsions.
- Améliore la coloration.

Réduire le taux de matière grasse utilisée (Kiger.L et Kiger.J, 1968).

I.3.2.10. Les arômes

L'arôme c'est un ensemble de constituants d'aliments susceptibles de créer chez le consommateur une sensation d'odeur et éventuellement du goût (Kiger.L et Kiger.J, 1968).

❖ Les différents types d'arômes

– Matières aromatiques artificielles

Ce sont toutes les autres substances aromatiques ayant notamment fait intervenir des processus chimiques telles que l'acétate d'isomyle.

– Matières aromatiques naturelles

Ce sont des substances d'origine végétale obtenue par simple procédé physique; exemple : citron, orange.....etc (Kiger.L et Kiger.J, 1968).

I.3.3. La technologie de la fabrication des biscuits secs

Le processus de la fabrication des biscuits secs comprend les étapes suivantes :

I.3.3.1. Le mélange des matières premières

Le mélange des matières premières se fait dans un pétrin horizontale fixe, à l'intérieur duquel tournent à grande vitesse ; des pales fixés sur un axe central pour assurer un mélange de produits, le mélange se fait en trois temps : (Kiger.L et Kiger.J, 1968).

Premier temps :

Mélange de : matière grasse végétale, sucre, lait en poudre, arôme et bicarbonate d'ammonium c'est ce qu'on appelle l'étape d'écémage la durée de cette opération est de dix minutes (10min).

Deuxième temps :

L'adjonction de la farine et de l'eau c'est l'étape de pétrissage qui va durer 20 à 30 minutes.

Troisième temps :

L'addition de bicarbonate de soude.

I.3.3.2. Le moulage

Cette opération s'effectue dans un moule rotatif ; cet appareil se compose d'une trémie de chargement sous laquelle se trouvent deux cylindres dont l'un constitue le moule des biscuits.

Ces deux cylindres tournent en sens inverse et la pâte est foncée à l'intérieur des alvéoles du cylindre mouleur. Une sangle placée sous le cylindre mouleur permet de récupérer les biscuits à la sortie du cylindre, les biscuits passent ensuite à la sangle vers un tapis métallique qui les mène vers le four (Kiger.L et Kiger.J, 1968).

I.3.3.3. La cuisson

La cuisson a une importance primordiale car c'est à elle que dépend le goût et l'aspect des biscuits. La durée et la température de cuisson sont très variables pour les biscuits secs en raison de la différence d'épaisseur des pâtons (Kiger.L et Kiger.J, 1968).

I.3.3.4. Le refroidissement

A la sortie du four les biscuits sont refroidis par des ventilateurs soufflant de l'air froid sur les biscuits, ceci permet une meilleure conservation des produits. En dernière étape les biscuits refroidis sont posés à la table d'emballage (Kiger.L et Kiger.J, 1968).





**ETUDE
EXPERIMENTALE**

Chapitre II :
MATERIEL & METHODES



II.1. But et intérêt de l'expérimentation

Notre travail consiste à formuler un biscuit sec enrichi de plusieurs incorporations de son de blé dur ainsi de suivre la qualité physico-chimique et microbiologique de la matière première « son de blé dur », et de notre produit fini « le biscuit de son » plus sa qualité organoleptique.

Nous avons réalisé une partie des analyses physico-chimiques au sein de laboratoire de l'institut technique des grandes cultures « **ITGC** »-**EL HARRACH**, qui comprend le dosage des protéines, des cendres, d'amidon et la teneur en eau et le reste au niveau de laboratoire de l'institut national spécialisé en formation professionnelle de **SIDI ABD EL KADER-BLIDA**

Par ailleurs, les analyses microbiologiques au niveau d'un laboratoire d'hygiène de la wilaya de **TIPAZA**.

II.2. Matériel végétal

Notre étude s'est portée sur une céréale source d'énergie, blé dur et sur un de ses sous-produits « le son » et cela en deux phases :

1. le blé dur : matière première de variété locale procuré d'une région agricole « El-Menea » situé dans le sud de la wilaya de Ghardaïa.
2. Le son de blé dur : obtenue par un processus de transformation technologique à différentes étapes (nettoyage de blé, conditionnement et en fin mouture).

II.3. Matériel utilisé au laboratoire :(V.annexe01)

II.4. Les méthodes des analyses effectués :(V.annexe02)

II.5. Echantillonnage

Notre échantillon global sera constitué de plusieurs prélèvements de différents endroits, on prélève de l'avant, sur les cotés, au centre et au fond du lot à l'aide d'une pelle pour obtenir un échantillon représentatif. Ce dernier va nous servir pour les analyses physico-chimiques et microbiologiques.

Pour chaque analyse physico-chimique et microbiologique, le résultat sera la moyenne arithmétique de l'analyse de deux prises d'essais.

III. Analyses physico-chimiques

III.1. Objectif

Le contrôle physico-chimique a une grande importance car il peut détecter les différentes anomalies qui peuvent être présentes dans la matière première ou dans le produit fini. Ainsi il offre souvent la possibilité de donner une évaluation quantitative et qualitative tel que la valeur nutritionnelle et énergétique.

III.2. Méthodes d'analyses physico-chimiques

III.2.1. Détermination de la teneur en eau NA 1132-(1990)

On entend conventionnellement par la teneur en eau, la perte de masse, exprimée en pourcentage, subie par le produit.

- **Principe**

Une fois notre blé dur broyé on l'étuve à une température égale à 130°C ; pareil pour le biscuit sec de son.

Pour le son une quantité d'environ 5 g de grains broyés à 1 mg près va subir un étuvage à une température de 103°C ± 2 jusqu'à stabilité du poids.

Expression des résultats

La teneur en eau exprimé en pourcentage en masse de produit est égale à :

$$H\% = \frac{(M_1 - M_2)}{(M_1 - M_0)} \times 100$$

M_0 : La masse en gramme de la capsule et son couvercle.

M_1 : La masse en gramme de la capsule et de son couvercle plus la prise d'essai avant le séchage.

M_2 : La masse en gramme de la capsule et de son couvercle plus la prise d'essai après le séchage.

III.2.2. Détermination de la teneur en cendre NA- 733- (1991)

Le taux de cendres donne une indication sur la quantité de matières minérales contenues dans nos produits ; c'est un critère pour appréciation de la pureté du produit.

- **Principe**

La détermination du taux de cendres repose sur l'incinération d'une prise d'essai dans un four à moufle chauffé à 900°C pendant une durée de deux (2) heures jusqu'à combustion de la matière organique. La teneur en cendres est déterminée par la pesée du résidu obtenu.

Expression des résultats

Le taux de cendre rapporté à la matière sèche égale à :

$$C\% = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} \times 100 \times \frac{100}{100 - H}$$

C : Le taux de cendre (en pourcentage en masse par rapport à la matière sèche).

M_0 : La masse en gramme de la nacelle.

M₁ : La masse en gramme de la nacelle et de la prise d'essai.

M₂ : La masse en gramme de la nacelle et du résidu après incinération.

H : La teneur en eau, exprimé en pourcentage en masse du produit analysé.

III.2.3. Dosage des protéines selon la méthode de KJELDHAL (NA.1158-1990, ISO1871)

La teneur en protéine, par son intérêt technologique et nutritionnel, permet une évaluation de la teneur en protéines par utilisation du facteur de conversion adéquat (5.7 pour protéine d'origine végétale); et donc une idée sur la qualité nutritionnel et technologique de nos produits.

- **Principe**

Selon la méthode de KJELDHAL la détermination du taux de protéines, se fait suite à une minéralisation qui permet la transformation de l'azote organique, en sulfate d'ammonium, sous l'action de l'acide sulfurique concentré à chaud en présence du Catalyseur approprié ;

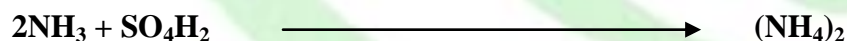


- Alcanisation des produits de la réaction.
- Distillation de l'ammoniac libre et titrage ; au cours de la distillation, l'azote ammoniacale est entraîné par la vapeur d'eau et recueilli et l'indicateur coloré (0,125 rouge de méthyl+ 0,1875g de bromocresol+ 250 ml d'éthanol à 95°).



Après 4mn de distillation, on constate un virage de la couleur rouge au bleu.

Le titrage s'effectue à l'aide d'une solution sulfurique titrée N/10 contenue dans la burette de précision, jusqu'au virage rose de la solution distillée.



La teneur en protéine se calcule à partir de la teneur en azote par l'intermédiaire d'un facteur de conversion qui est égal dans ce cas à **5,7**. On multiplie les résultats trouvés par le même facteur.

Expression des résultats

La teneur en protéine rapporté à la matière sèche se calcul comme suit :

$$\text{Protéine}(\%) = \frac{V \times 0,0014 \times 100}{M} \times \frac{10}{100-H} \times 5,7$$

V : Volume (ml) de la solution d'acide sulfurique versé à la burette lors du titrage.

M : Masse en gramme (g) de la prise d'essai.

H : Teneur en eau, exprimé en pourcentage en masse de notre échantillon.

5,7 : Facteur de conversion

III.2.4. Dosage de la matière grasse

- **Principe**

Le principe consiste à extraire les lipides libres par solvant organique apolaire à la température de laboratoire pendant une durée de quatre (4) heures dans un SOXHLET.

L'épuisement de l'échantillon est terminé au bout de quatre heures et le solvant contenu dans le ballon préalablement taré est distillé à l'aide d'un évaporateur rotatif (rota vapeur) sous vide. la différence du poids constitue la matière grasse.

Expression des résultats

La teneur en matière grasse totales, exprimée en masse du produit est égale à :

$$\text{MG} = \frac{M_2 - M_1}{M_0} \times 100$$

MG : Le taux de la matière grasse.

M₀ : La masse, en gramme, de la prise d'essai.

M₁ : La masse en gramme, du ballon.

M₂ : La masse, en gramme, du ballon et du résidu.

III.2.5. Dosage de la cellulose brute (Norme NF V-03-040,1977)

La méthode de WEENDE permet par convention de déterminer la teneur en cellulose brute qui est le résidu organique exempt de graisse obtenue après deux hydrolyses successive l'une en milieu acide et l'autre en milieu alcalin.

La méthode de WEENDE a été normalisée aux U.S.A et utilisé pour établir les tables alimentaires.

- **Principe**

Les échantillons, éventuellement dégraissés et titrés successivement par solution bouillante d'acide sulfurique et d'hydroxyde de sodium de concentration déterminée. Le résidu est séparé par filtration sur amiante, lavé, séché, pesé et calciné, la perte de poids résultant de la calcination correspond à la cellulose brute.

Expression des résultats

$$CB\% = \frac{P_1 - P_2}{P_e} \times 100$$

CB : La teneur en cellulose brute exprimé en pourcentage (%).

P₁ : Poids de creuset plus le résidu après dessiccation.

P₂ : Poids de creuset plus le résidu après incinération.

P_e : La prise d'essai.

III.2.6. Dosage des sucres

La méthode permet de doser les sucres réducteurs et les sucres totaux après inversion, exprimé en glucose ou le cas échéant, en saccharose. Des modalités particulières sont prévues pour chaque échantillon.

- **Principe**

Les sucres dissous dans l'éthanol dilué ; la solution est déféquée au moyen des réactifs de carrez I et II. Et après élimination de l'éthanol, les dosages sont effectués avant et après inversion, selon la méthode de LUFF-SCHOORL.

Expression des résultats

Etablir à l'aide de la table (voire le mode opératoire dans l'annexe 2), la quantité de glucose en (mg) correspondant à la différence entre les valeurs des deux titrations, exprimées en (ml) de thiosulfate de sodium 0.1N

Les résultats sont exprimés en pourcentage de l'échantillon.

III.2.7. Dosage de l'acidité grasse (NA-1182-1991 ; ISO -1305)

L'acidité grasse est un indice qualificatif qui permet de juger et d'apprécier le meilleur état du produit analysé aussi que son aptitude au stockage (température et humidité relative de l'air) elle est exprimée en gramme d'acide sulfurique pour 100 (g) gramme de matière sèche de produit.

- **Principe**

Il est basé sur :

La mise en solution des acides gras dans l'éthanol à 95% à la température du laboratoire, centrifugation et titrage d'une partie aliquote du surnageant par l'hydroxyde de sodium (0,05N).

Expression des résultats

L'acidité grasse exprimée en grammes d'acide sulfurique pour 100 g de matière sèche :

$$AG = \frac{7.35 \times (V1 - V2)}{m} \times T \times \frac{100}{100 - H\%}$$

7.35 : Un facteur de conversion.

AG : L'acidité grasse de notre échantillon.

V₁ : Le volume, en millilitre (ml) de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour la détermination.

V₂ : Le volume en millilitre (ml) de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée pour l'essai à blanc.

m : La masse en gramme (g) de la prise d'essai.

T : Le titre exact de la solution d'hydroxyde de sodium utilisée.

H : La teneur en eau de l'échantillon analysé.

III.2.8. Dosage de l'amidon (méthode polarimétrique)

La méthode permet de déterminer la teneur en amidon et en produits de dégradation à haut poids moléculaire de l'amidon des échantillons.

- **Principe**

La méthode comprend une double détermination :

- Dans la première, l'échantillon est traité à chaud par l'acide chlorhydrique dilué après défécation et filtration, on mesure par polarimétrie le pouvoir rotatoire de la solution.
- Dans la seconde, l'échantillon est extrait par l'éthanol à 40%. Après acidification du filtrat par l'acide chlorhydrique, défécation et filtration, on mesure le pouvoir rotatoire dans les mêmes conditions que lors de la première détermination.

La différence entre les deux mesures polarimétrie multiplié par un facteur spécifique à l'origine botanique de l'amidon conduit à la teneur en amidon de l'échantillon.

Expression des résultats

La teneur en amidon pour 100g d'échantillon est calculée comme suit :

$$\text{Amidon(\%)} = \frac{200 \times (P - P')}{[\alpha]_D^{20^\circ C}}$$

P : Le pouvoir rotatoire total en degré d'arc.

P' : Le pouvoir rotatoire donné par les substances solubles dans l'éthanol à 40% en degré d'arc.

$[\alpha]_D^{20^\circ C}$: Pouvoir rotatoire spécifique de l'amidon pur = [+182,7°].

III.2.9. Détermination et calcul de la valeur énergétique

Deux principes sont à la base pour l'évaluation de la valeur énergétique d'une denrée :

- Toute partie digestible d'un aliment fournit, après son assimilation dans l'organisme, un nombre de calories en rapport avec la quantité ingérée.
- Les constituants principaux des aliments (protéines, graisses, hydrate de carbone) peuvent généralement se substituer les uns aux autres (loi de l'isodynamie) il s'ensuit que le nombre total de calories d'une denrée s'obtient directement par l'addition des valeurs caloriques des différents nutriments.

Valeurs calorique moyennes :

- Protéines 4 Kcal/g (17 KJ)
- Lipides 9 Kcal/g (38 KJ)
- Glucides (hydrate de carbone assimilable) 4Kcal/g (17KJ)

• Calcul de la valeur calorique de denrée.

Après avoir déterminé les teneurs suivantes :

- P.B, protéines brutes (Protides),
- M.G, matière grasse (Lipides),
- C.B, cellulose brut (Fibres alimentaires),
- S.T, sucres totaux. (Sucres + Amidon).

On multiplie les teneurs de chaque composant en (g) gramme par les valeurs caloriques moyennes et on fait la somme d'où l'énergie brute calorique (E.B) est égale à :

$$\text{E.B} = 4 \times \text{P.B} + 9 \times \text{M.G} + 4 \times (\text{C.B} + \text{S.T}).$$

La valeur calorique est donnée en Kcal /100g ou 100 ml de denrées ou en KJ/100 g ou 100 ml (1Kcal= 4,18 KJ).

VI. Analyses microbiologiques (Lebres et *al.*, 1997)

VI.1. Principe

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

Les micro-organismes séparés de leur support vont alors être placés au contact d'un milieu nutritif approprié, dans des conditions optimales ; température et humidité, puis dénombrés.

Les analyses microbiologiques doivent être effectués dans des conditions d'asepsie (mains lavées, paillasse essuyée à l'eau de javel et une zone stérile assuré par le bec benzène).

VI.2. Objectif

Le control microbiologique à pour but de garantir la bonne qualité hygiénique du produit. Il détermine le risque pour la santé du consommateur (Brule et *al.*, 2006).

Les analyses reposent sur la recherche et le dénombrement des germes les plus significatifs de l'état hygiénique du produit suivant le **J.O.R.A.D.P N°35 du 27/05/1998** qui indique des germes recherchés pour les céréales en grain et sous produit (blé dur et son de blé) ; ces analyses sont les suivantes :

- Recherche et dénombrement des moisissures.
- Recherche et dénombrement des clostridium sulfite-réducteurs.

Et pour les biscuits :

- Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (G.A.M.T)
- Recherche et dénombrement des coliformes.
- Recherche et dénombrement de *staphylococcus aureus*.
- Recherche et dénombrement des moisissures.
- Recherche de salmonella.

VI.3. Méthodes d'analyse microbiologique

VI.3.1. Préparation de la solution mère et les dilutions décimales

Prélever aseptiquement 25g de produit et l'introduire dans un flacon stérile contenant au préalable 225 ml de tryptone-sel-eau (TSE),

- Homogénéiser le mélange qui est contenue dans un sac polyéthylène stérile à l'aide d'un stomacher, constitué de deux marteaux plats qui frappent alternativement notre échantillon.
- Cette suspension correspond à la dilution 10^{-1} (1 /10)

La technique des dilutions s'effectue aseptiquement avec un maximum de précision.

- A partir de la solution mère 10^{-1} , prélever à l'aide d'une pipette stérile 1 ml et l'introduire dans un tube stérile contenant 9 ml de TSE, bien homogénéiser, c'est la dilution de 10^{-2} ou (1/100).
- Prélever ensuite aseptiquement 1 ml de la dilution de 10^{-2} et l'introduire dans un tube stérile contenant 9 ml de TSE qui donnera la dilution de 10^{-3} ou (1/1000).

❖ Analyse microbiologique de son.

VI.3.2. Recherche et dénombrement des clostridium sulfito-réducteurs (NORME NF V 08-056)

Les clostridiums sulfito-réducteurs sont des bactéries anaérobies stricts GRAM(-) sporulés, appartenant à la famille *bacillecea*, leurs spores ont une résistance considérable dans les milieux naturels, ils ont un pouvoir de détruire le sulfite de sodium et donner en présence de fer, du sulfure de fer d'où provient la coloration noire.

• principe

Faire fondre la gélose viande foie (VF) ensuite ajouter une ampoule d'alun de fer et de sulfite de sodium, mélanger et maintenir en surfusion jusqu'au moment de l'emploi. Introduire dans une série de 4 tubes stériles (2) deux tubes pour chaque dilution 10^{-1} , 10^{-2} 1 ml de chaque dilution en double, ensuite porter au bain marie à 80°C pendant 10 minute. Refroidir brutalement sous l'eau du robinet puis ajouter environ 15 ml de la gélose préparée au préalable. Laisser solidifier sur paillasse et puis incuber à 37°C pendant 16 à 24 heures, et procéder à la lecture à partir de 16 heures. Les clostridium se présentent sous forme de colonies entourés d'un halot noir, les résultats sont exprimés en nombre de spore par gamme de produit.

VI.3.3. Recherche et dénombrement des levures et moisissures (NORME NF V 08-052)

Se sont des champignons filamenteux, hétérotrophes aérobies, en général acidophiles et mésophiles cependant certaines espèces sont psychrophiles.

• principe

A partir des dilutions décimales préparées, 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} porter aseptiquement quatre (4) gouttes par dilutions sur une boîte de pétri contenant le milieu O.G.A préalablement solidifié puis les étaler à l'aide d'un râteau stérile. Incuber les boîtes à 25°C pendant cinq (5) jours. Pour les levures dénombrer les colonies dont l'aspect est lisse blanc laiteux. Pour les moisissures dénombrer les colonies dont l'aspect est filamenteux.

❖ Analyse microbiologique de biscuit sec.

VI.3.4. Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux (G.A.M.T)

Le dénombrement de la flore permet d'avoir une idée sur l'importance de la charge microbienne contenue dans le produit.

• Principe

A partir des dilutions décimales allant de 10^{-1} à 10^{-3} préparées, déposer aseptiquement 1ml dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage et numérotée.

- Compléter ensuite avec environ 20ml de gélose nutritif (PCA) fondu puis refroidie à 45°C.
- Faire ensuite des mouvements de va et vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose utilisée.
- Laisser solidifier sur paillasse puis ajouter une deuxième couche d'environ 5ml de la même gélose, cette double couche à un rôle protecteur contre les contaminations diverses.

Les boîtes seront incubées à 30°C pendant 72h :

- Première lecture à 24h – deuxième lecture à 48h – troisième lecture à 72h.

Les colonies de G.A.M.T se présentent sous forme lenticulaire en masse.

VI.3.5. Recherche et dénombrement des coliformes

Sont des entérobactéries, GRAM(-), vivantes dans l'intestin des humains et des animaux, les coliformes se caractérisent par leur aptitude à fermenter plus au moins rapidement le lactose en présence de sels biliaires, les coliformes fécaux se multiplient facilement sur milieu ordinaire de pH neutre à 37°C, les coliformes fécaux présentent en plus une caractéristique liée à leur habit celle de se multiplier à 44°C.

• Principe

Le principe est basé sur la propriété des coliformes totaux de fermenter avec production de gaz ; les coliformes sont dénombrés sur un milieu liquide par la technique NPP (nombre plus probable) à l'aide du bouillon VBL (bouillon lactose bilié au vert brillant), réparti à raison de 10 ml par tube, les tubes sont munis d'une cloche de Durham.

Cette technique fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

❖ Le test de présomption

Ce test est réservé à la recherche des coliformes totaux, pour cela nous préparons dans un portoir une série de tube contenant le milieu sélectif VBL à raison de trois tubes par dilution et numérotés de la façon suivante :

- 03 tubes de VBL+cloche à 10^{-1} .
- 03 tubes de VBL+cloche à 10^{-2} .
- 03 tubes de VBL+cloche à 10^{-3} .

Chaque série de trois tubes sera ensemencée avec 1 ml de la dilution correspondante. Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48h.

Lecture :

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur au 1 /10 de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoin de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady.

❖ Le test de confirmation

Appelé encore test de Mac Kenzie est réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des réactions positives des tests de présomption, pour cela chaque tube de (VBL+) sera repiqué à l'aide d'une anse bouclée dont à la fois :

Un autre tube de VBL muni d'une cloche.

Un tube d'eau péptonée exempte d'indole, nous chassons le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et nous mélangeons correctement le milieu et l'inoculum.

L'incubation se fait au bain-marie à 44°C pendant 24h.

Lecture :

Sont considérés positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement de gaz dans les tubes de VBL
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de KOVACS dans le tube d'eau péptonée d'indole.

La lecture finale s'effectue également selon la table de Mac Grady.

VI.3.6. Recherche et dénombrement de *staphylococcus aureus*

Les *staphylococcus aureus* appartiennent à la famille de *micrococaceae* elles sont aérobies anaérobies facultatives.

- **Principe**

L'enrichissement se fait sur GIOLITTI-CONTONI, est basé sur le principe l'inhibition par le tellurite de potassium des bacilles et la plupart des micro-coccus.

Mode opératoire

Au moment de l'emploi on ouvre aseptiquement le flacon contenant le milieu de GIOLITI-CONTONI pour ajouter 15 ml d'une solution de tellurite de potassium et mélanger soigneusement ; le milieu est alors prêt à l'emploi.

A partir des dilutions décimales retenues, nous portons aseptiquement 1 ml par dilution dans un tube stérile, nous ajoutons par la suite environ 15 ml du milieu d'enrichissement, bien mélangeons le milieu et l'inoculum, l'incubation se fait à 37°C pendant 24h à 48h.

Lecture :

Les tubes ayant virés au noir seront considérés comme positifs, pour s'assurer qu'il s'agit d'un développement de *staphylococcus aureus* ; ces tubes feront l'objet d'un isolement sur gélose CHAPMAN préalablement fondue coulées en boîte de pétri, et bien séchés. Les boîtes de Chapman ainsiensemencées seront incubés à leur tour à 37°C pendant 24h à 48h après ce délai repérer les colonies suspectes à savoir les colonies de taille moyenne, lisse, brillante, pigmentée eu jaune et pourvue d'une catalase et d'une coagulase.

- ❖ **Test coagulase**

On prélève à l'aide d'une anse une colonie suspecte et l'ensemencer par strie en surface du milieu CHAPMAN incliné, dans des tubes a vis en anaérobiose et incubé à 37°C pendant 24h.

Après incubation s'il y'aura virage de rouge au jaune alors la coagulase est positive.

VI.3.7. Recherche et dénombrement des moisissures

(Voir la recherche des moisissures dans le son).

VI.3.8. Recherche de salmonella

Se sont des bacilles GRAM(-) aéro-anaérobies facultatifs, les salmonelles appartiennent à la famille des entéro *bacteriaceae*, ne fermentent pas le lactose et produisent le H₂S, elles se cultivent bien sur les milieux nutritifs ordinaires et donnent en 18 à 20h des colonies de 2 à 3 mm de diamètre a l'exception de certains types elles donnent des colonies de couleur bleu verdâtre a centre noir elles se multiplient à 37°C.

- **Principe**

La recherche compte quatre étapes successives :

- a. Le pré-enrichissement.
- b. L'enrichissement en milieu sélectif liquide.
- c. L'isolement sur milieu sélectif solide.
- d. L'identification.

Mode opératoire

a. Le Pré-enrichissement

Prélever 25g de biscuit après le broyage et mettre dans un flacon contenant 225 ml de TSE (tryptone sel eau) puis incuber à 37°C pendant 24h.

b. L'enrichissement

Nous effectuons le pré-enrichissement sur SFB de simple concentration (S/C) à l'aide d'une pipette en verre graduée ; on prélève 10 ml de la solution mère et les mettre dans 100 ml de SFB (S/C) plus de 2 ml de l'additif SFB, l'incubation se fait à 37°C pendant 48h.

c. L'isolement

A partir du milieu SFB (S/C) positif virage de l'indicateur jaune vers le rouge brique.

Nous effectuons :

D'une part un premier isolement sur gélose HÉKTOEN à l'aide d'une anse, on fait le repiquage à partir d'un milieu SFB (S/C) positif, on ensemence sur milieu Héktoen qui est déjà coulée en boîte de pétri.

L'incubation se fait à 37°C.

d. Lecture et identification

Les colonies des salmonelles sont de couleur bleu verdâtre à centre noirs sur Héktoen.

V. Essai de fabrication de biscuit sec

V.1. But et principe

L'essai de fabrication de biscuit sec au son de blé dur consiste à incorporer ce dernier dans un biscuit. Les taux d'incorporations ont été effectués comme suit : 0-5-10-15-20-25-30 et 35%.

Notre travail à pour but d'étudier les caractéristiques rhéologiques de la pâte obtenue, aussi que les caractéristiques organoleptiques des biscuits fabriqués.

Les ingrédients de notre pâte biscuitière ainsi que les quantités adéquates sont présentés dans le tableau (VII) ci-dessous :

Tableau V: Quantités et rôle des ingrédients utilisés pour la fabrication des biscuits secs

| Ingrédients | Quantité (g) | Rôle (KIGER et al., 1968) |
|---|------------------|--|
| Farine | 500 | Source de gluten, d'amidon, et de lipides..... |
| Sucre | 150 | Donne de la saveur, la couleur et c'est le substrat de la levure. |
| Graisse végétale alimentaire (38 - 40) | 80 à 84 | Augmente la plasticité de la pâte et assure une cuisson rapide. |
| Lait en poudre | 13 | Améliore la saveur et la couleur ainsi a un effet tampon sur le PH. |
| Bicarbonate de sodium | 4,2 | Assure la production du gaz carbonique. |
| Bicarbonate d'ammonium | 5 | Assure la production du gaz carbonique. |
| Sel | 1,5 | Améliore la saveur et permet l'absorption d'eau et le durcissement du gluten. |
| Lécithine | 3 à 5 | Agent d'émulsification et amélioration de saveur. |
| Arôme vanille | 3 | Ajoute un arôme au biscuit. |
| Eau | 100 à 120 | Agent d'hydratation et de plasticité de la pâte et permet la dissolution du sel ainsi que les ingrédients. |

(Nuret, 1991).

V.2. La formule de biscuit sec

La fabrication de biscuit sec a été fait selon la formule établie par l'E.R.I.A.D. nos biscuits ont été enrichis par des fibres alimentaires par l'incorporation des différents doses de son qui sont les suivantes :

5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%.

Notre recette compte trois étapes :

1^{ère} étape : GVA (graisse végétale alimentaire) + sucre+ eau+ lactosérum+ lécithine+ arôme (vanille) +son —————> 10 min dans le pétrin.

2^{ème} étape : les ingrédients de la 1^{ère} étape + la farine —————> 10min dans le pétrin.

3^{ème} étape : les ingrédients de la 2^{ème} étape+ bicarbonate de sodium+ bicarbonate d'ammonium.

Cuisson pendant 15 à 20 min d'après le taux d'incorporation.

Après la cuisson ; laisser les biscuits refroidir pendant 15 min dans un dessiccateur et puis les mettre dans un film polyéthylène ou un papier aluminium.

V.3. Le processus de fabrication des biscuits secs

La figure suivante présente les différentes étapes de la fabrication des biscuits secs.



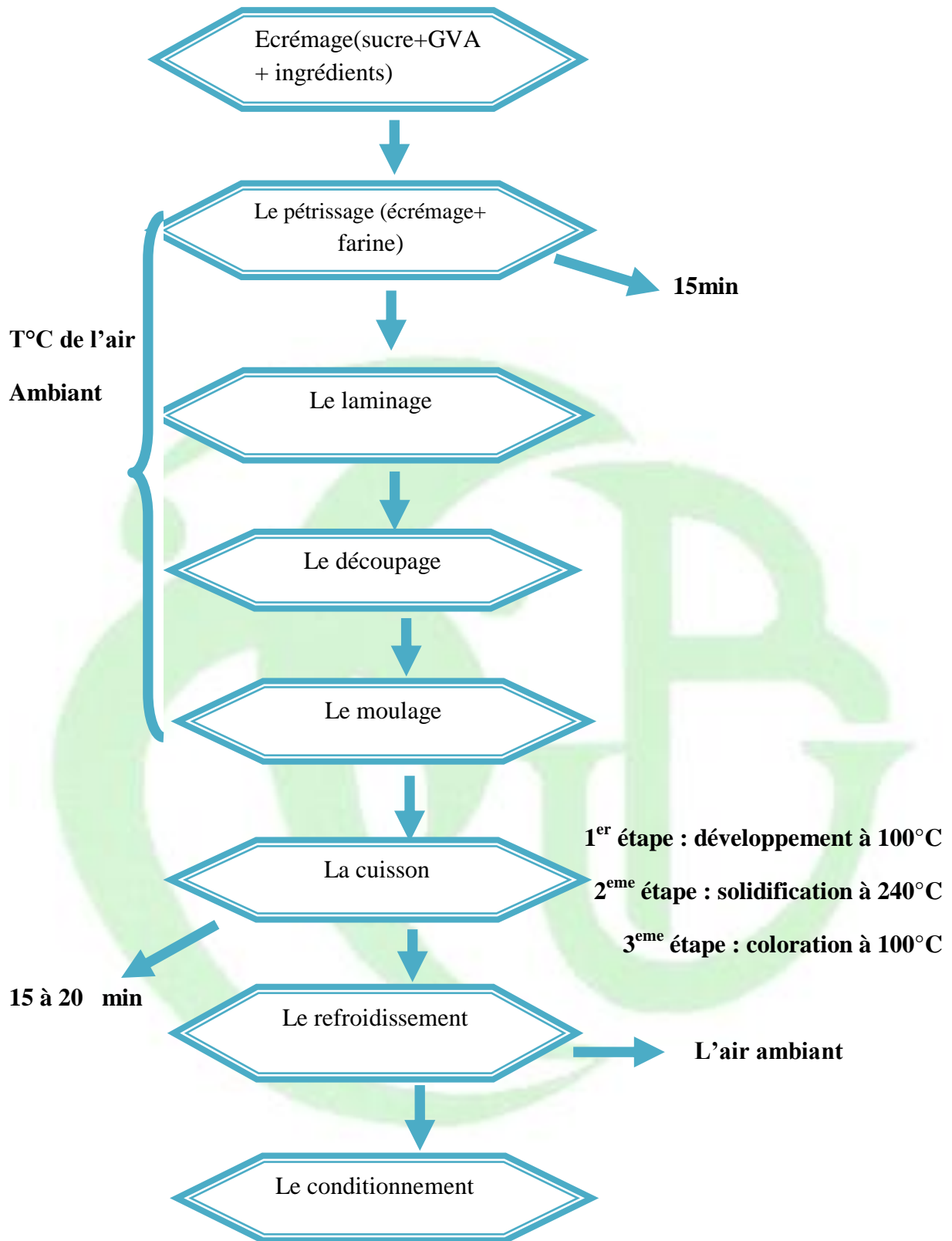


Figure 4 : Les différentes étapes de la fabrication des biscuits secs (Normes de l'E.R.I.A.D)

IV. Analyse organoleptique (sensorielle) de biscuit de son

IV.1. But

Ces analyses permettent de recueillir instantanément une impression détaillée, regroupant l'influence d'incorporation de son de blé dur dans les biscuits secs à plusieurs taux.

Cette analyse nécessite la présence d'un jury composé d'un nombre plus ou moins important de personnes, ils permettent d'aborder en particulier les points suivants :

- l'acceptabilité du produit fini (notre biscuit au son de blé dur).
- l'étude de l'influence du taux d'incorporation sur les propriétés organoleptiques.

IV.2. Principe

Une présentation simultanée des échantillons de biscuit sec enrichis en son de blé dur plus une évaluation de certaines caractéristiques organoleptiques choisies des biscuits à l'aide d'un système de classification en catégorie par ordre d'intensité ou de qualité. (**Norme I.S.O. 1977**).

IV.3. Conditions générales d'analyse

Un groupe de sujets à vocation hédonique, représentant

-le consommateur ; composé de 16 personnes ont été utilisé pour apprécier les caractères organoleptiques séparément, sans tenir compte de leur influence sur la qualité globale. Chaque sujet est invité à attribuer à chaque échantillon de biscuit de catégories qui sont proposés pour certaines caractéristiques organoleptiques choisies, en remplissant le formulaire de réponse (**V. annexe 3**) ; ces catégories ne sont pas définis en détails, seules les grandes classes sensorielles sont définies (étant de surface, la couleur, la dureté, le goût et la saveur) elles sont ordonnées sur une échelle et c'est le sujet qui doit trouver par lui-même les catégories correspondantes pour chacun des caractéristiques.

A fin que le sujet ne soit pas influencé par la présentation des échantillons, ces derniers sont présentés aux sujets de la même façon et en même quantité dans des petites assiettes codées par un numéro pris au hasard.

- le numéro 1 pour le biscuit témoin.
- le numéro 2 pour le biscuit à 5%.
- le numéro 3 pour le biscuit à 10%.
- le numéro 4 pour le biscuit à 15%.
- le numéro 5 pour le biscuit à 20%.
- le numéro 6 pour le biscuit à 25%.

-le numéro 7 pour le biscuit à 30%.

-le numéro 8 pour le biscuit à 35%.



Chapitre III

RESULTATS&DISCUSSION



II.1. Caractéristiques physico-chimiques des grains de blé dur, du son et de biscuit

III.1.1. Teneur en eau

D'après nos résultats, le grain de blé dur et le son ont des teneurs en eau 11,55 et 12,34% respectivement. Ces teneurs sont dans les normes sachant que la tolérance admise des deux produits est égale à un maximum de 13%.

Cependant, la teneur en eau dans le biscuit sec à différentes incorporations de son 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% et 35% est de : 4,2, 4,3, 4,3, 4,4, 4,5, 4,9, 5,3 et enfin 5,5% respectivement. Ces teneurs sont supérieures aux normes recommandées dans l'entreprise et cela est dû au matériel utilisé, qui n'est pas professionnel. D'après, feillet (2000), l'humidité est considérée comme un facteur crucial dans les phénomènes microbiologiques lors de la conservation des aliments.

III.1.2. Teneur en cendres

Le taux de cendre de notre son de blé dur est de 2,28% et de : 0,34, 0,46, 1,10, 1,38, 1,50, 1,84, 2,00 et 2,50% respectivement dans les différentes incorporations du son. Ces taux se situent bien dans l'intervalle normative inférieur à 3%.

Ces résultats témoignent probablement la bonne qualité nutritionnelle de notre biscuit et l'absence de contaminations.

Selon (liener, 2000), le suivi de la teneur en cendre permet non seulement d'apprécier la qualité nutritionnelle, mais aussi de détecter des contaminations possibles si le taux de cendre dépasse 7%.

III.1.3. Teneur en matières grasses

Dans notre étude, le taux des matières grasses du son est de 4,60% qui est respectif à la norme définie de 4,7%. Il faut noter que la matière grasse du biscuit n'a pas été dosé car elle était introduite parmi ses ingrédients avec une quantité de 84g sous forme de graisse végétale alimentaire.

III.1.4. Teneur en protéines

La teneur en protéine dans le son étudié est de 15,2% qui respecte la norme. Cette teneur montre une bonne qualité de l'échantillon (WILLIAMS et *al.*, 1988).

Notre biscuit sec fabriqué est constitué d'un taux élevé de protéine selon le pourcentage d'incorporation du son : 10,03, 10,90, 11,10, 12,10, 12,90, 13,75, 14,8 et 15,7% respectivement.

Cette augmentation est considérée comme une source d'enrichissement protéique pour notre apport nutritionnel.

III.1.5. Taux de la cellulose brute

Le taux de la cellulose brute dans le son est de 7,50%. Cette valeur est dans la norme. Son taux dans le biscuit est respectivement 3,91, 4,20, 4,80, 4,82, 5,10, 5,35, 5,60 et 5,40%. Ces taux élevés sont dus à l'incorporation du son de blé dur.

III.1.6. Teneur en sucres

La valeur obtenue lors de la détermination des teneurs en sucres est de 2,00% dans le son de blé dur. Cette valeur est normative. Par ailleurs, les sucres n'ont pas été dosés car les ingrédients du biscuit les contiennent.

III.1.7. Taux de l'acidité grasse

Selon les différentes d'incorporations, le taux de l'acidité grasse de notre biscuit est respectivement de : 0,05, 0,08, 0,09, 0,11, 0,12, 0,15, 0,19 et 0,20%. Ces taux sont normatifs. Un taux élevé d'acidité grasse peut provoquer un problème d'oxydation des acides gras libres durant le stockage.

III.1.8. Teneur en amidon

Dans notre étude, la teneur en amidon dans le son de blé est de 19,0% et dans le biscuit sec est de 62,0, 61,9, 61,5, 60,5, 59,3, 56,1, 50,0 et 46,3%. Ces valeurs sont inversement proportionnelles avec les taux d'incorporation et cela est du à la diminution du taux de la farine. Les sons des céréales sont les moins pourvus en amidon comparés aux autres sous-produits de meunerie (Amruthmahal et al., 2003).

Cette diminution sera considérée comme une perte nutritionnelle et énergétique.

III.1.9. Valeur énergétique

La valeur calorique est donnée en Kcal /100g ou 100 ml de denrées ou en KJ/100 g ou 100 ml (1Kcal= 4,18 KJ).

La valeur calorique du son de blé dur est de 216,2 Kcal /100g. La valeur calorique des biscuits est comme suit:

- Valeur calorique de biscuit sec témoin : 457,1 Kcal/100g.
- Valeur calorique de biscuit sec de 5% d'incorporation : 461,34 Kcal/100g.
- Valeur calorique de biscuit sec de 10% d'incorporation : 464,54 Kcal/100g.
- Valeur calorique de biscuit sec de 15% d'incorporation : 463,02 Kcal/100g.
- Valeur calorique de biscuit sec de 20% d'incorporation : 462,54 Kcal/100g.
- Valeur calorique de biscuit sec de 25% d'incorporation : 454,14 Kcal/100g.
- Valeur calorique de biscuit sec de 30% d'incorporation : 434,94 Kcal/100g.
- Valeur calorique de biscuit sec de 35% d'incorporation : 424,94 Kcal/100g.

Ces valeurs sont inversement proportionnelles avec les taux d'incorporations.

III.2. Analyses microbiologiques

Les résultats des analyses microbiologiques réalisées sur le son de blé dur et le biscuit enrichi du son sont représentés dans le tableau IV.

Tableau IV : Résultats des analyses microbiologiques du son et de biscuit de son

| | Le son de blé dur | Le biscuit de son | Normes algériennes UFC/ml |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|------------------------------|
| Clostridium sulfito-réducteurs | Abs | - | $\leq 10^2$ |
| Les moisissures | 10 | 20 | $\leq 10^2$ |
| Germes aérobies | - | 196 | $\leq 10^3$ |
| E. coli | - | Abs | ≤ 5 |
| Staphylococcus | - | Abs | $\leq 10^2$ |
| Salmonella | - | Abs | - |

D'après le tableau, les résultats obtenus sont conformes aux normes exigées par le JORA (1998). Ces analyses microbiologiques ont montré l'absence des clostridium sulfito réducteurs et une présence des moisissures dans le son qui ne dépasse pas la norme recommandée.

Dans le biscuit sec enrichi de son, les Staphylococcus, Salmonella et Echerichia.coli sont totalement absents alors que les germes aérobies mésophiles totaux et les moisissures sont présents mais toujours dans la norme exigée.

Selon Faldet (1989), les micro-organismes associés aux grains et aux produits céréaliers sont les bactéries et les levures et les moisissures. Ces différents agents biologiques entrent en compétition lorsque les conditions du milieu permettent leur présence simultanée.

III.3. Résultats de l'évaluation sensorielle des biscuits secs enrichis en son de blé dur

Les résultats de classification des biscuits selon les caractéristiques organoleptiques choisies (état de surface, couleur, dureté, gout et saveur) sont présentés dans le tableau IIV.

Les photos des biscuits secs préparées sont présentées dans l'annexe n°6 (V. Annexe N°6).

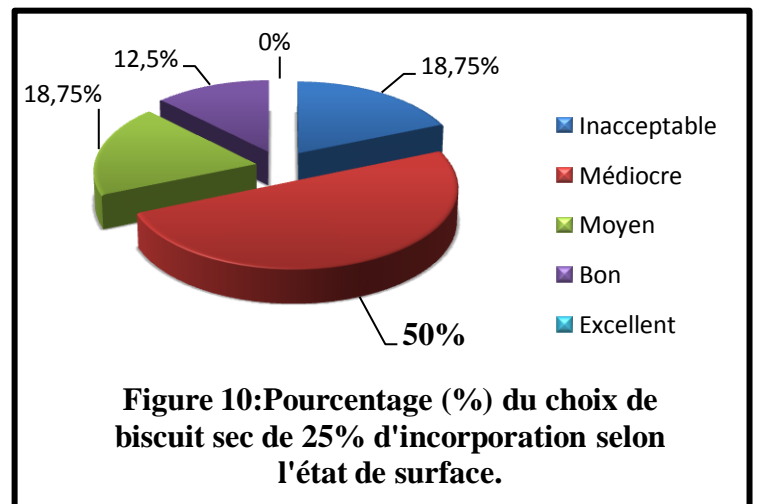
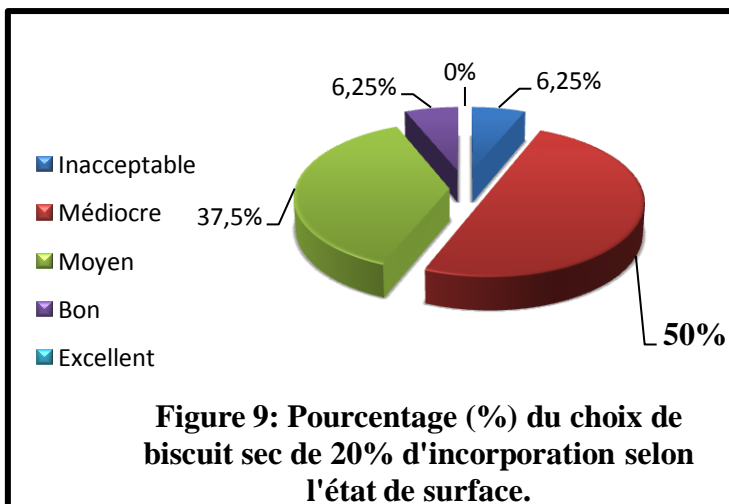
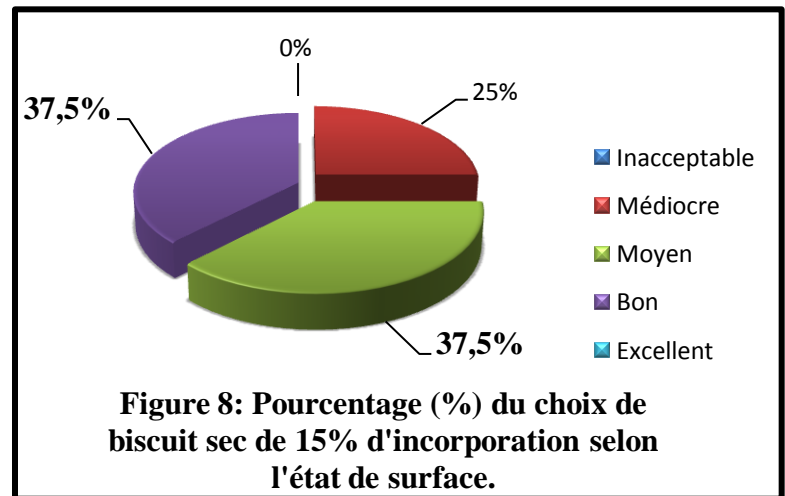
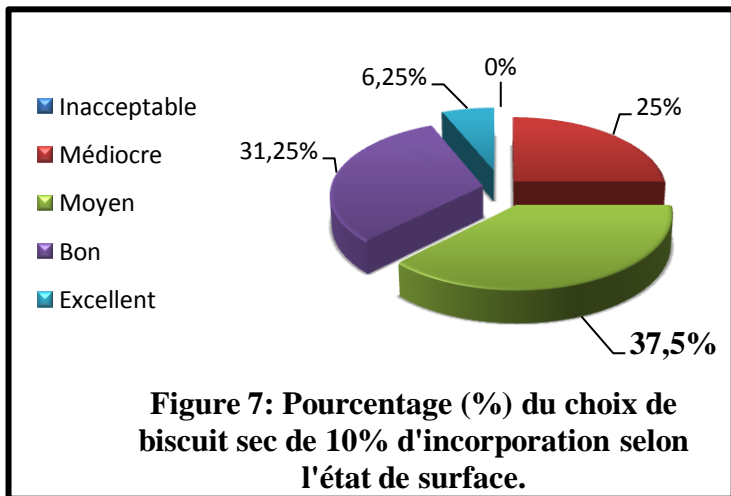
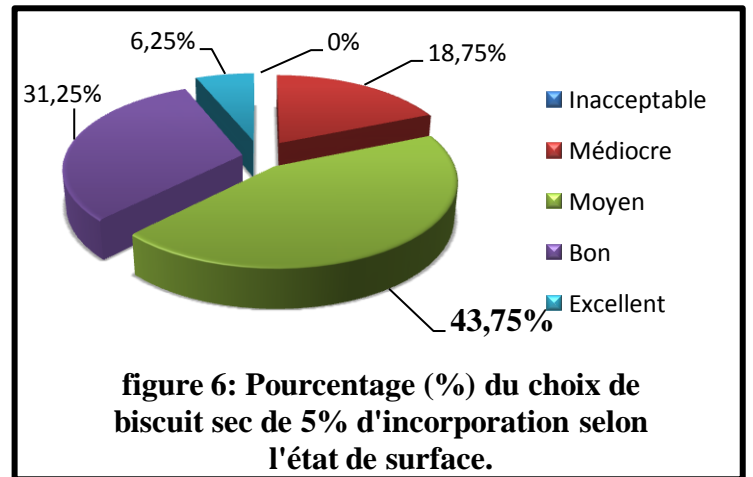
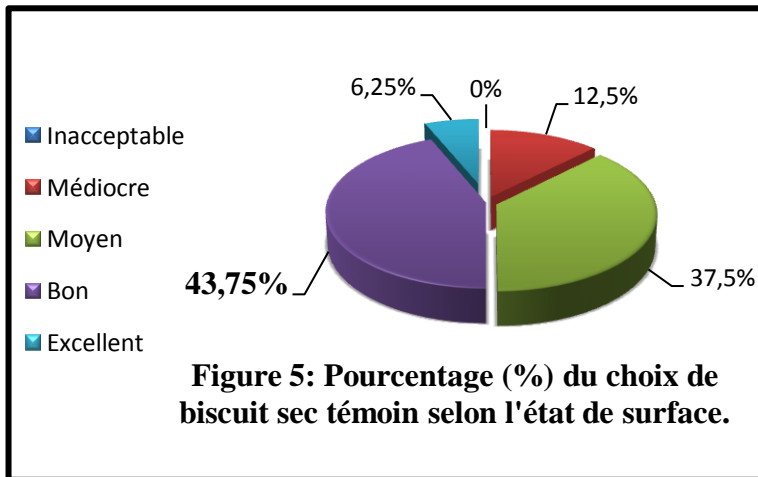
Tableau IIV: Tableau des résultats des analyses sensorielles de biscuit

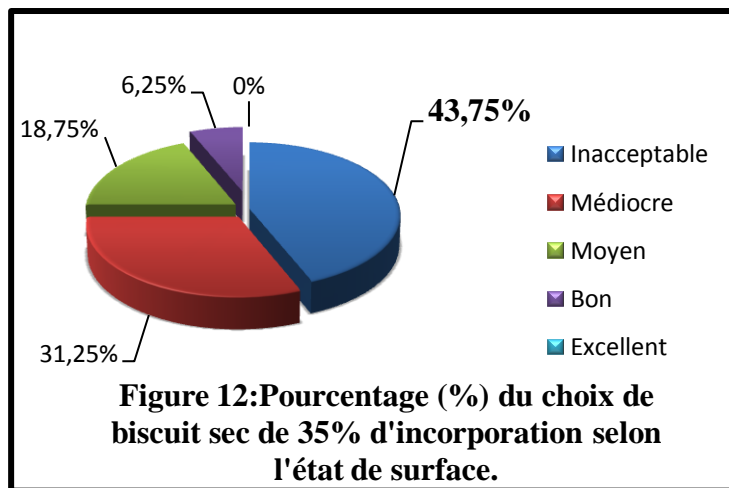
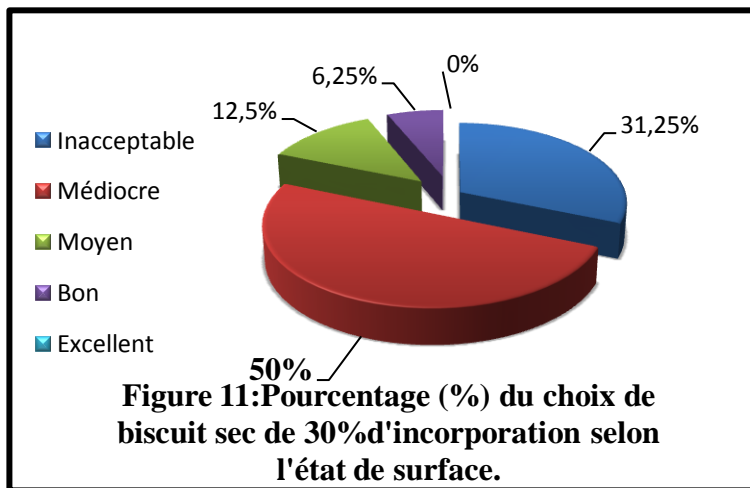
| | | Nombre des sujets préférant chaque catégorie | | | | |
|-----------------------|------------------|--|----------|-------|-----|-----------|
| Biscuit enrichis en : | Caractéristiques | Inacceptable | Médiocre | Moyen | Bon | Excellent |
| 0% son | Etat de surface | 0 | 2 | 6 | 7 | 1 |
| | Couleur | 0 | 2 | 6 | 6 | 1 |
| | Dureté | 0 | 3 | 7 | 6 | 0 |
| | Gout | 0 | 6 | 3 | 6 | 1 |
| | Saveur | 0 | 2 | 7 | 7 | 0 |
| 5% | Etat de surface | 0 | 3 | 7 | 5 | 1 |
| | Couleur | 0 | 5 | 5 | 3 | 2 |
| | Dureté | 1 | 7 | 2 | 5 | 1 |
| | Gout | 0 | 1 | 7 | 8 | 0 |
| | Saveur | 0 | 6 | 9 | 0 | 1 |
| 10% | Etat de surface | 0 | 4 | 6 | 5 | 1 |
| | Couleur | 0 | 5 | 7 | 3 | 1 |
| | Dureté | 0 | 8 | 2 | 5 | 1 |
| | Gout | 0 | 7 | 7 | 3 | 1 |
| | Saveur | 0 | 5 | 10 | 1 | 0 |
| 15% | Etat de surface | 0 | 4 | 6 | 6 | 0 |
| | Couleur | 0 | 8 | 5 | 2 | 1 |
| | Dureté | 0 | 7 | 4 | 4 | 1 |
| | Gout | 0 | 6 | 8 | 1 | 1 |
| | Saveur | 1 | 7 | 3 | 5 | 0 |
| 20% | Etat de surface | 1 | 8 | 6 | 1 | 0 |

| | | | | | | |
|------------|-----------------|---|---|---|---|---|
| | Couleur | 1 | 9 | 5 | 1 | 0 |
| | Dureté | 2 | 3 | 8 | 3 | 0 |
| | Gout | 0 | 4 | 8 | 3 | 1 |
| | Saveur | 0 | 8 | 6 | 2 | 0 |
| 25% | Etat de surface | 3 | 8 | 3 | 2 | 0 |
| | Couleur | 2 | 5 | 8 | 1 | 0 |
| | Dureté | 0 | 9 | 5 | 1 | 0 |
| | Gout | 0 | 7 | 7 | 1 | 1 |
| | Saveur | 3 | 5 | 7 | 1 | 0 |
| 30% | Etat de surface | 5 | 8 | 2 | 1 | 0 |
| | Couleur | 2 | 6 | 6 | 2 | 0 |
| | Dureté | 3 | 5 | 5 | 2 | 1 |
| | Gout | 5 | 8 | 1 | 2 | 0 |
| | Saveur | 3 | 7 | 2 | 4 | 0 |
| 35% | Etat de surface | 7 | 5 | 3 | 1 | 0 |
| | Couleur | 6 | 6 | 2 | 2 | 0 |
| | Dureté | 4 | 6 | 3 | 3 | 0 |
| | Gout | 2 | 7 | 6 | 1 | 0 |
| | Saveur | 7 | 3 | 3 | 3 | 0 |

III.3.1. L'état de surface.

Figures : Pourcentage (%) du choix des biscuits secs selon l'état de surface.

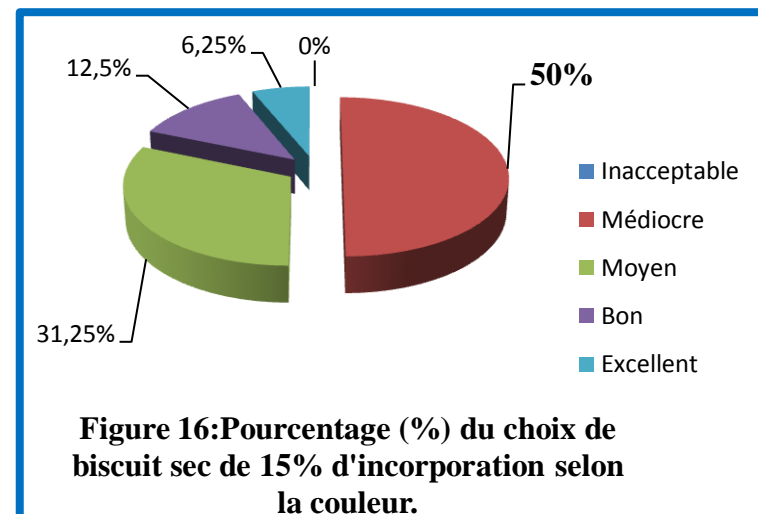
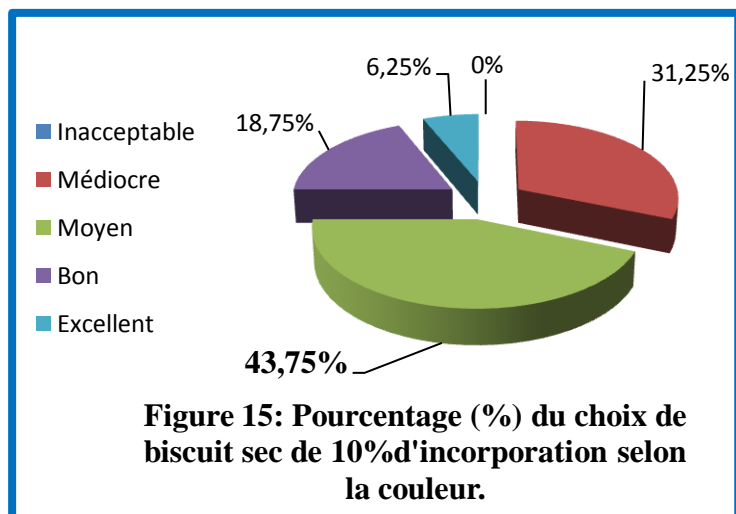
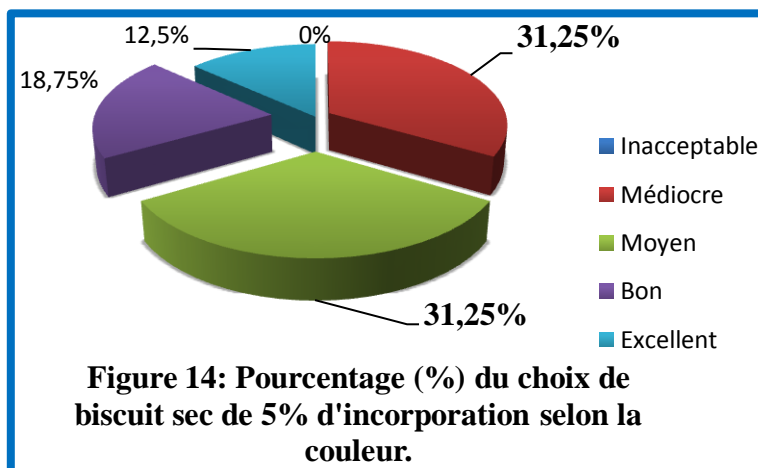
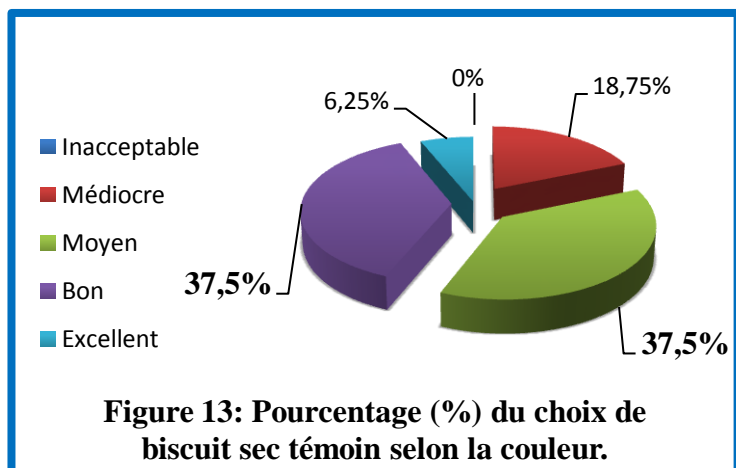


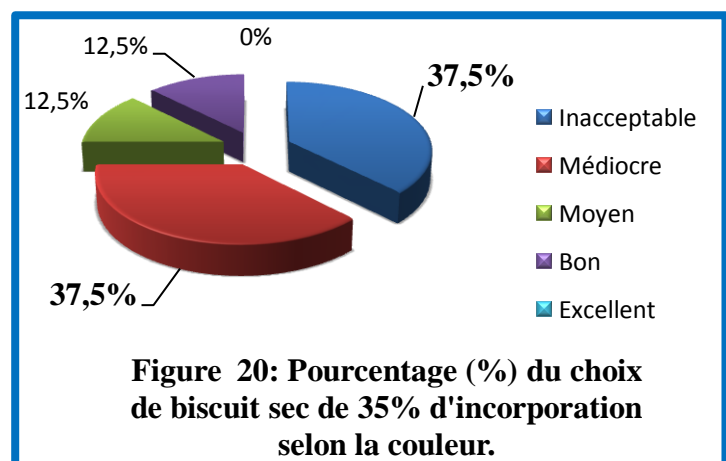
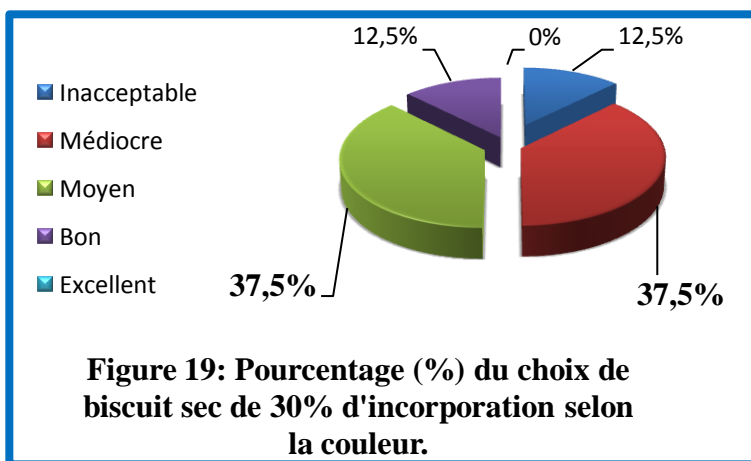
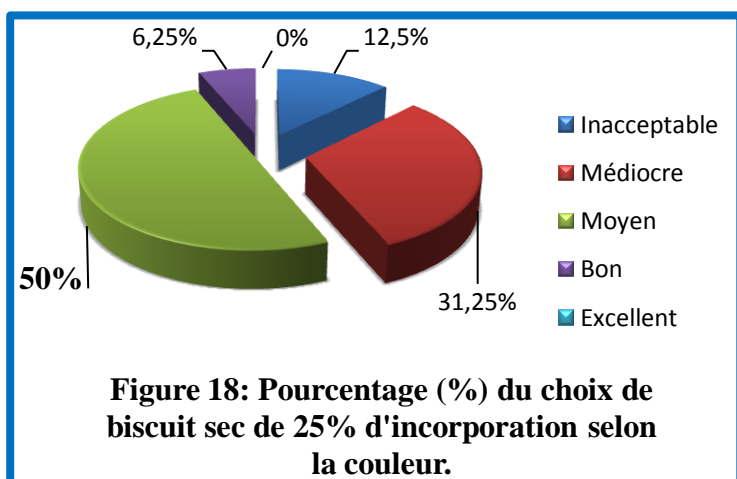
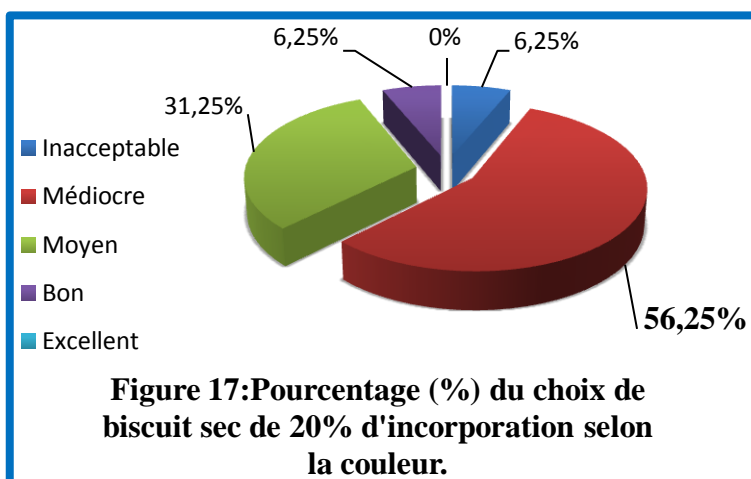


Après les résultats des analyses sensorielles effectuées sur les biscuits secs enrichis de son de blé dur à différentes incorporations, on remarque que les biscuits à base de 5 et 15% de son de blé dur présentent un état de surface meilleur par rapport aux autres.

III.3.2. La couleur

Figures : Pourcentage (%) du choix des biscuits secs selon la couleur.

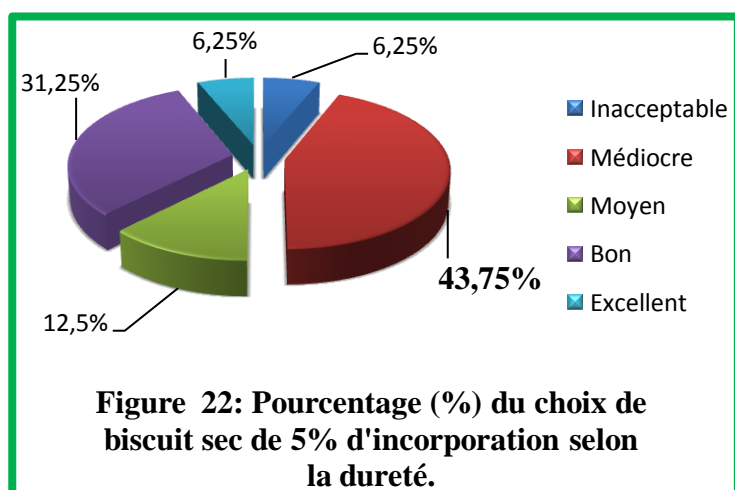
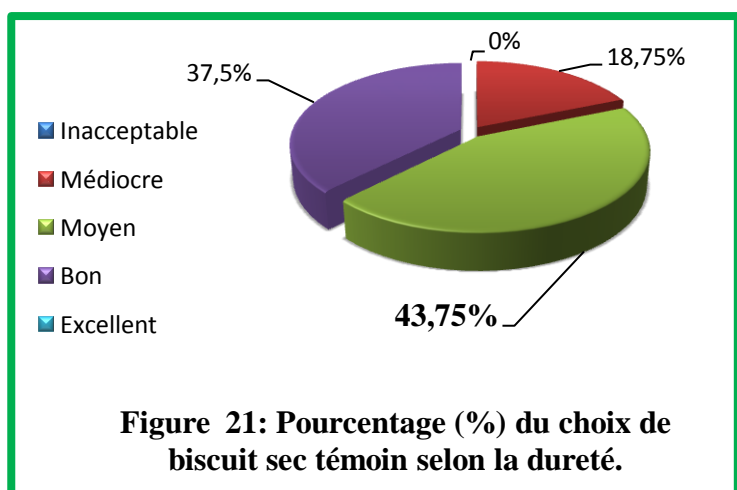




Selon les résultats présentés dans le tableau précédent, et les figures N°13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 et 20, on observe que la couleur des biscuits est altérée par le taux d'incorporation à chaque fois qu'on augmente le taux, la couleur devient plus foncée qu'avant et le taux d'incorporation 35% améliore d'une manière significative la couleur de biscuit.

III.3.3. La dureté

Figures: Pourcentage (%) de choix des biscuits secs selon la dureté.



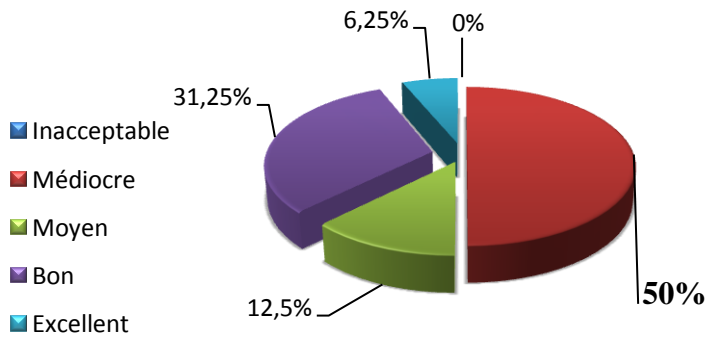


Figure 23: Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 10% d'incorporation selon la dureté.

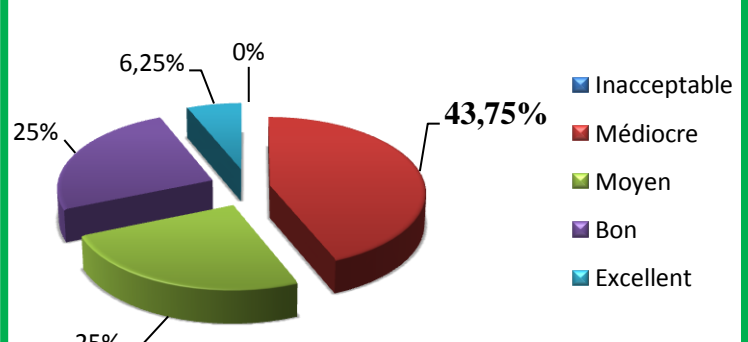


Figure 24: Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 15% d'incorporation selon la dureté.

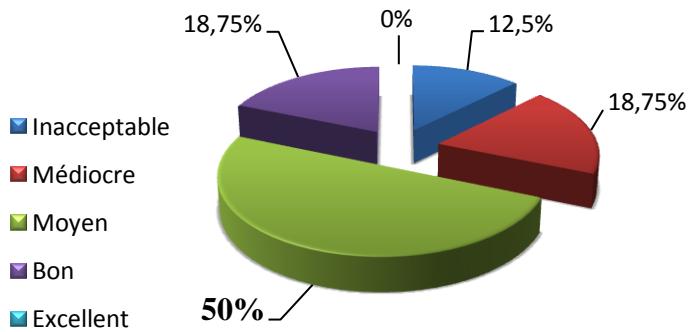


Figure 25: Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 20% d'incorporation selon la dureté.

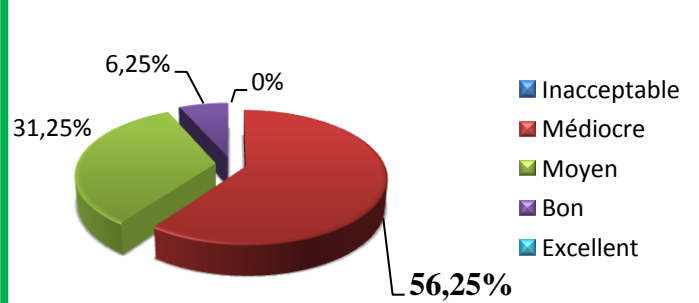


Figure 26: Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 25% d'incorporation selon la dureté.

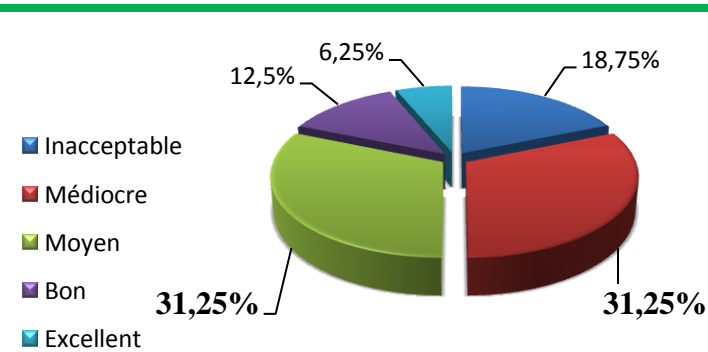


Figure 27: Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 30% d'incorporation selon la dureté.

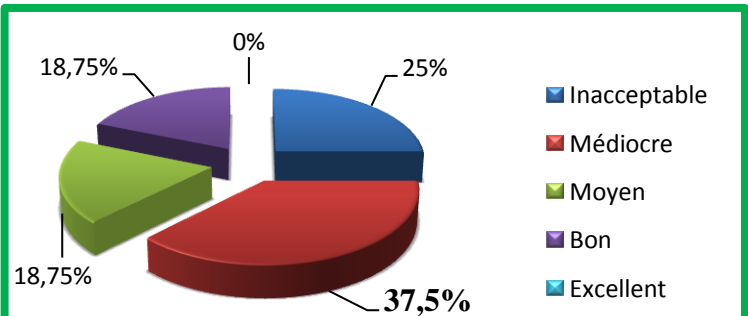
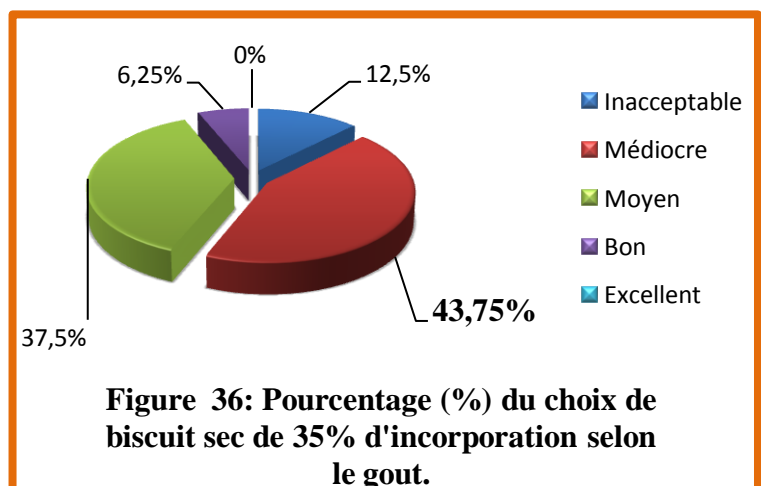
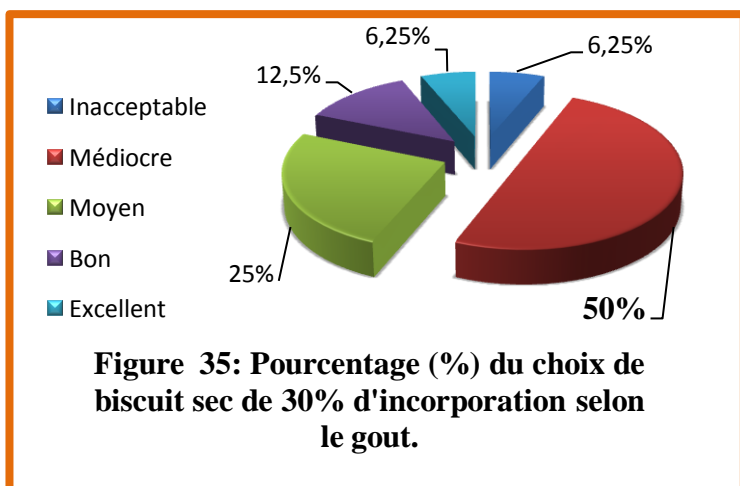
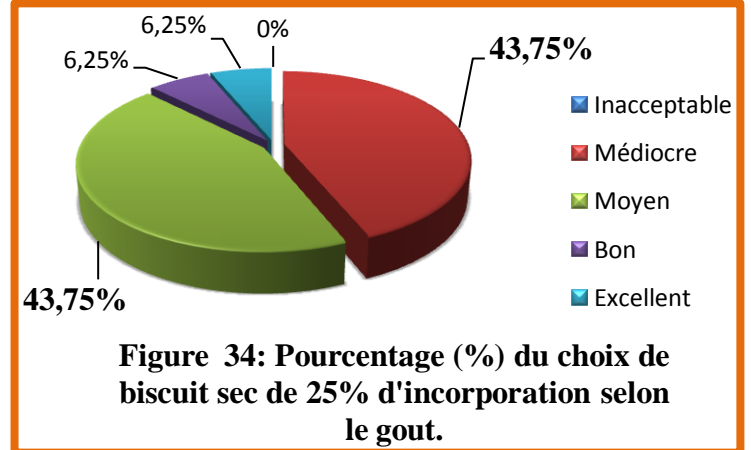
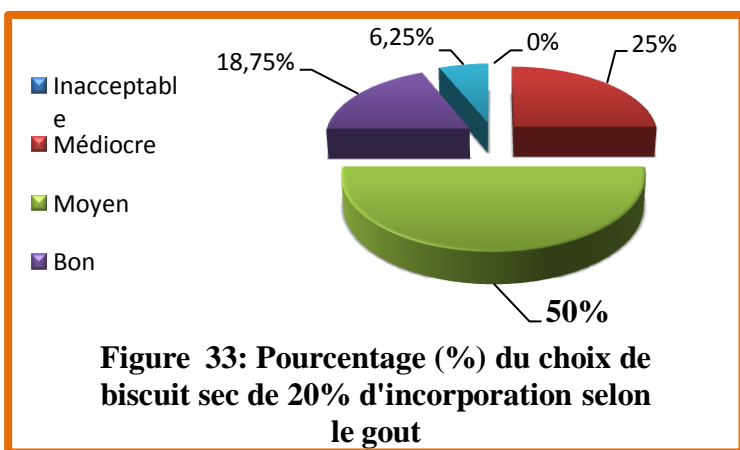
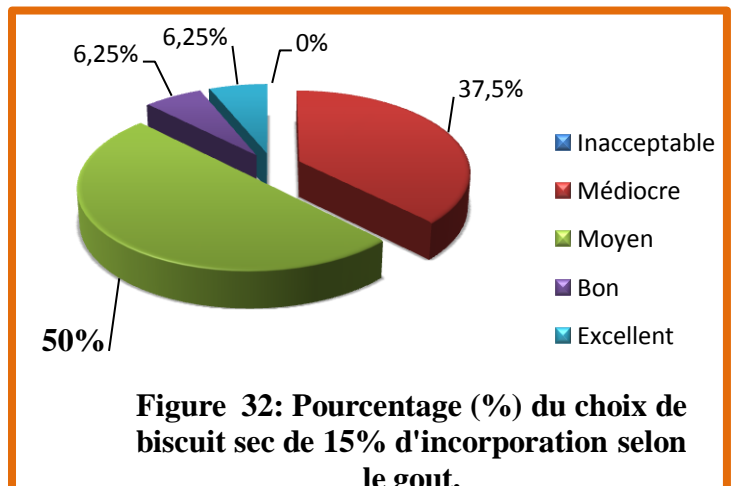
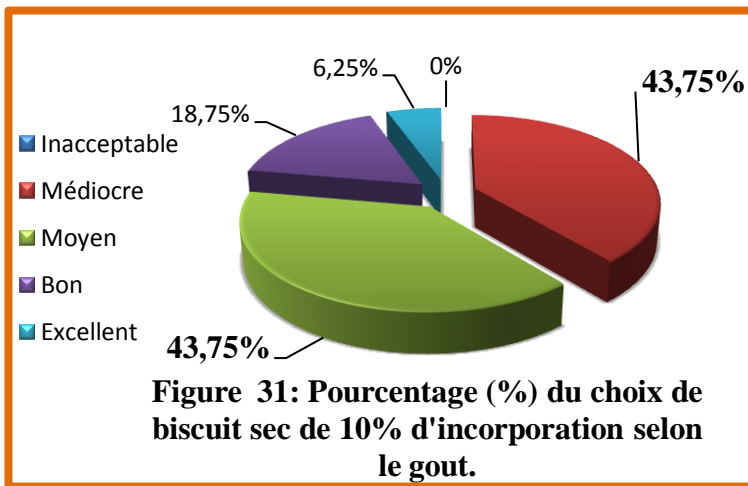
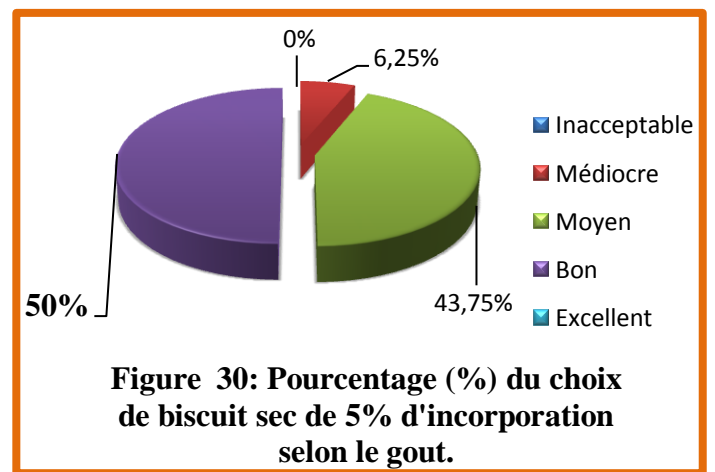
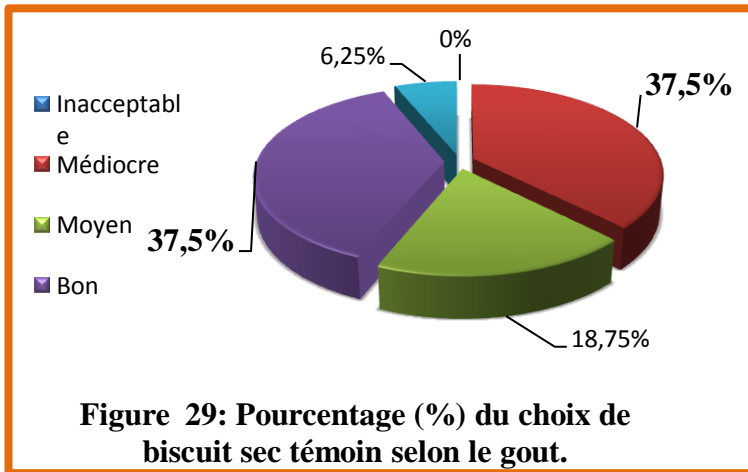


Figure 28: Pourcentage (%) du choix de biscuit sec de 35% d'incorporation selon la dureté.

L'incorporation de son de blé dur à un taux allant de 20% améliore la dureté (figure 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27 et 28), cette amélioration est due à la friabilité des biscuits résultant de la forte production du gaz carbonique durant la fermentation.

III.3.4. Le gout

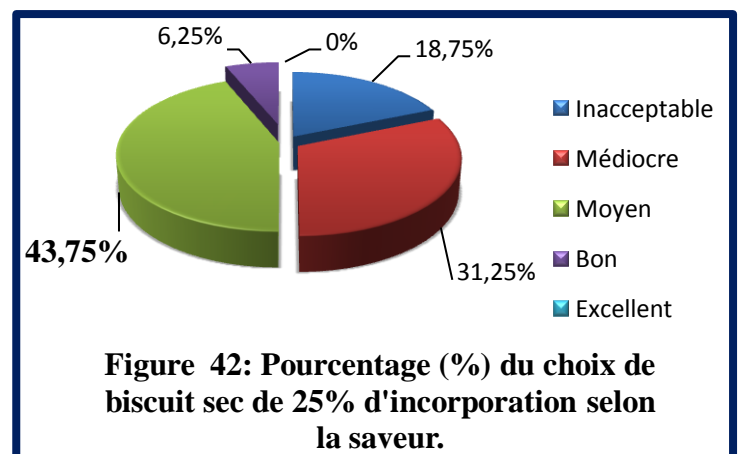
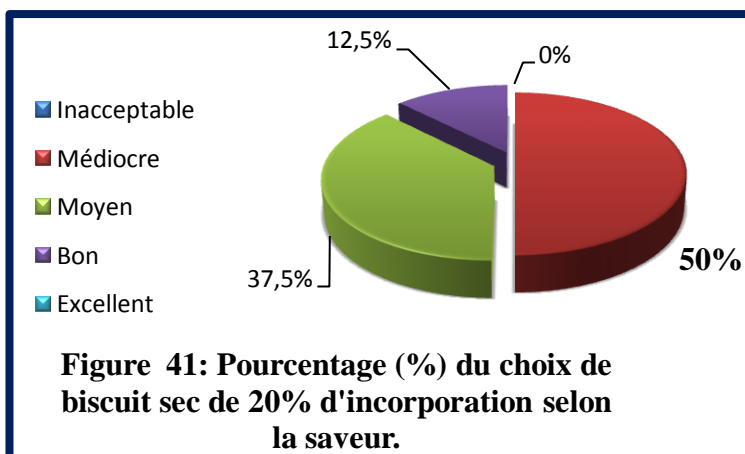
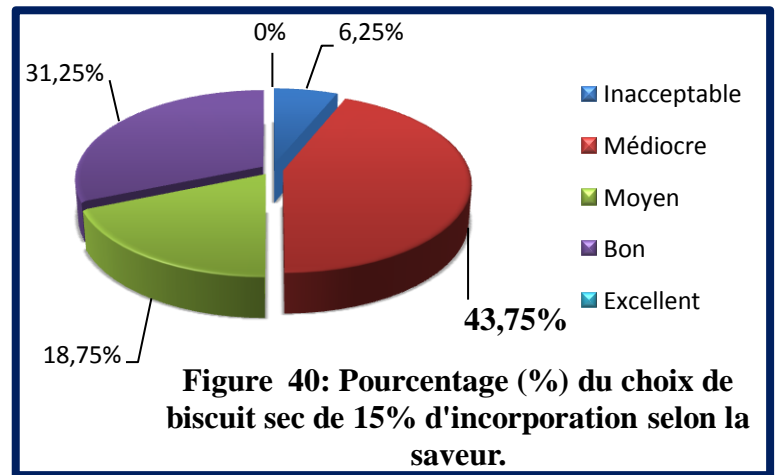
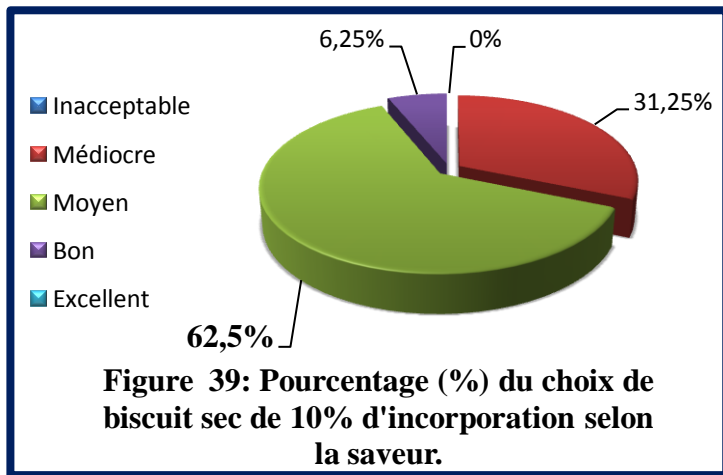
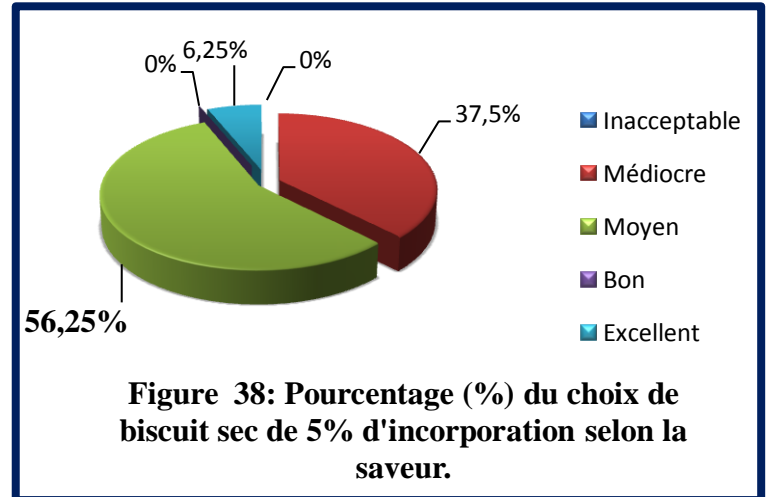
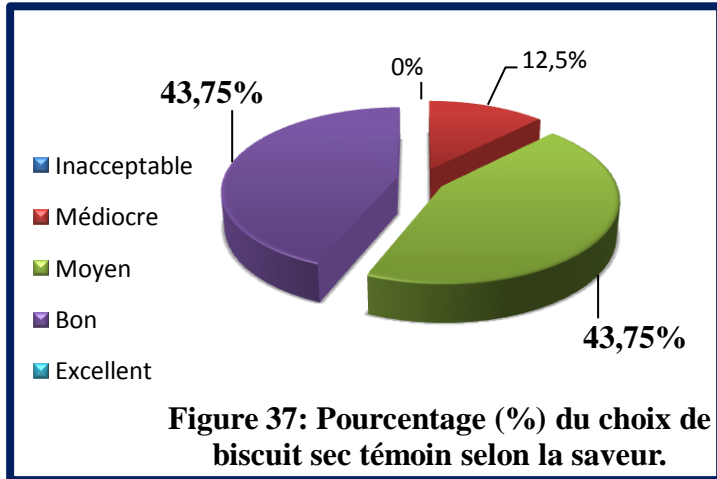
Figures : Pourcentage (%) de choix des biscuits secs selon le gout.

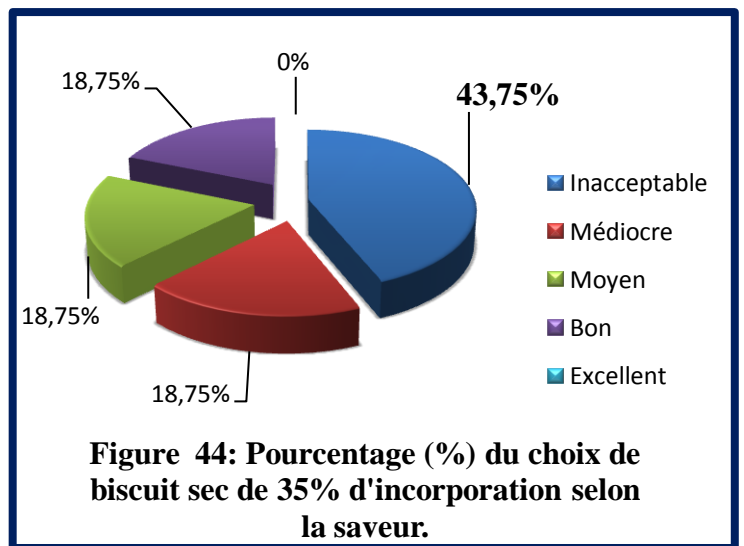
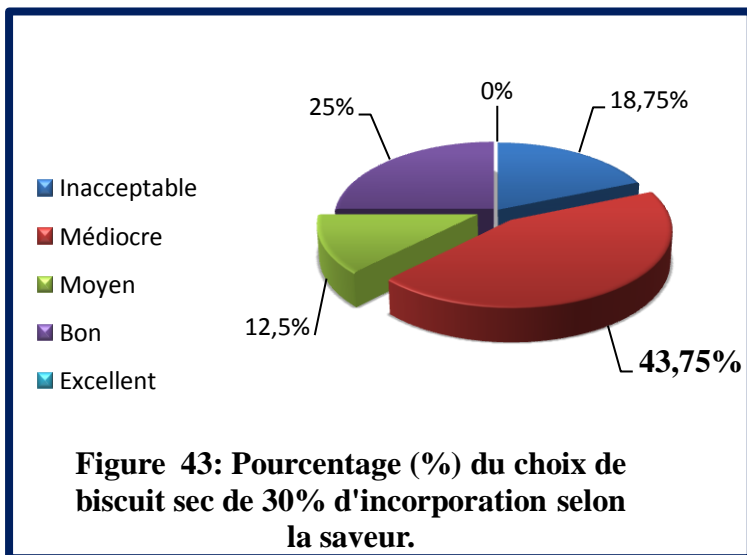


D'après l'avis de jury de dégustation, on remarque qu'un taux d'incorporation de 15% améliore d'une façon remarquable le goût des biscuits secs au-delà de cette valeur le goût sera dégradé (figures 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 et 36).

III.3.5. La saveur

Figures : Pourcentage (%) de choix des biscuits secs selon la saveur.





Selon le jury de dégustation, la saveur des biscuits est améliorée à un taux d'incorporation de 15% (figures 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43 et 44). Cette amélioration est peut être due à la saveur de son de blé dur.

D'après les avis de jury de dégustation et les résultats du questionnaire posé on constate que les biscuits secs de 15 et 20% d'incorporation de son de blé dur sont les meilleurs selon le goût, la dureté et la saveur ; 15 et 5% d'incorporation de son selon l'état de surface et le biscuit de 35% d'incorporation de son selon la couleur.

III.4. Discussion générale.

L'importance que revêtent les céréales pour la nutrition de millions d'habitants de la planète n'est pas à démontrer. Etant donné la consommation relativement importante dont elles font l'objet dans les pays en développement, les céréales ne peuvent pas être considérées uniquement comme une source d'énergie puisqu'elles fournissent également des apports importants en protéines (Anonyme, 1989).

Dans notre cas nous pouvons observer que nos échantillons de son de blé dur ainsi que le biscuit ont un apport énergétique relativement important.

D'une manière générale ; on considère que le coefficient d'utilisation digestives CUD de l'énergie diminue de 2 à 3%, ou plus, lorsque le taux de cellulose brute dosée par la méthode de WEENDE, augmente de 1%. Il existe d'ailleurs des variations plus ou moins importantes selon la nature de la céréale constitutive de la ration (Nehring, 1966).

On note que les protéines sont présentes dans le son comme dans le biscuit à différentes incorporations. Pour les glucides et principalement l'amidon ; les taux obtenus sont importants dans les différents échantillons (son et biscuit de son).

Il est à retenir que l'ensemble des résultats sont normatifs (voir le tableau des résultats), à l'exception de l'humidité des biscuits qui sont supérieures aux normes exigées à l'entreprise à cause de matériel utilisé comme il a été cité auparavant.

Le son de blé constitué essentiellement par des enveloppes et le capuchon du grain il contient en outre des fragments d'amidon, une partie de l'assise protéique et une faible proportion du germe. Sa teneur en cellulose brute est relativement élevée (7,5% de la MS) ; ses parois sont peu lignifiées et facilement mais lentement dégradables, sa teneur en matière grasse est variable selon les proportions de germes.

Selon (Jarrige, 1988), les sous-produits de céréales et principalement ceux issus de la meunerie, de l'amidonnerie, de la semoulerie et des industries de fermentation (brasserie, fabrication de l'alcool.....etc). Leurs caractéristiques analytiques et leur valeur nutritive sont très diverses selon l'origine botanique et surtout le traitement technologique.

CONCLUSION

GENERALE

Le marché des biscuits au monde est très compétitif, Son principal objectif est de satisfaire le consommateur à tout âge, en raison de leur variété et de leur commodité. Les habitudes alimentaires évoluent lentement depuis quelques années; Les consommateurs ont maintenant moins de temps pour prendre des repas complets, ce qui a favorisé une consommation accrue d'aliments de collation comme les biscuits, dans les lieux de travail, dans son emballage individuel, la barre chocolatée calme le petit creux. Lorsqu'il est salé, le biscuit apéritif ouvre l'appétit quand sonne l'heure du repas. Bien qu'il soit consommé tout au long de la journée, le moment privilégié pour savourer le biscuit est sans conteste le milieu d'après midi.

Au terme de notre étude basé sur le contrôle physico-chimique et microbiologique de son de blé dur et de biscuit sec de son, et qui essentiellement a pour but d'élaborer un biscuit sec a base de son de blé dur à différentes incorporations nous avons pu déterminer les paramètres hygiéniques, les principaux composants physico-chimiques de (son et le biscuit de son) et les paramètres organoleptiques du biscuit pour pouvoir calculer la valeur énergétique de chacun. Et selon les moyens qui nous ont été accessibles, notre travail a pu mettre en évidence que sur le plan énergétique, les analyses effectuées sur nos produits aboutissent à la conclusion suivante :

- L'analyse microbiologique montre une absence totale des germes pathogènes.
- L'analyse physico-chimique montre que :

Notre son de blé dur est riche en protéine, en amidon et en cellulose brute et cela confère au son de blé dur son aptitude pour devenir une bonne source de l'énergie et de fibres alimentaires.

Notre biscuit sec à différentes incorporation est un produit de bonne qualité nutritionnelle vue sa constitution des taux élevés de protéines et cellulose brute.

On a pu constater d'après l'analyse organoleptique faite sur les biscuits et l'avis de jury de dégustation que le meilleur taux d'incorporation est de 15% qui présente des caractéristiques acceptables.

Nos biscuits secs à base de son de blé dur peuvent être commercialisés sans modifications de processus de fabrication.

En perspective, il serait intéressant d'encourager la fabrication de ces biscuits vue le cout de son de blé dur d'une part; ainsi que la consommation de ce dernier vue sa richesse pour augmenter notre rapport en fibre alimentaire et pour régler les troubles digestifs d'autre part.

On espère que cette étude trouve place dans l'industrie agro-alimentaire et que les biscuits sélectionnés soient appréciés par le consommateur.

Références bibliographiques

- **ABDELLAOUI Z., 2007** : Etude de l'effet de la fertilisation azotée sur les propriétés techno-fonctionnelles des protéines de blé. Thèse de magister, INA, EL-HARRACH, 120p.
- Ait El Mekki D., 2008 : la consommation mondiale de céréales, Ed. ITCF, INRA, Paris, 289-294.
- **Amruthmahal A., Asna U., Shashikala K., 2003**: in vitro starch digestibility and nutritionally important starch fractions in cereals and their mixtures, ed Staerks, 99p
- **Anonyme 1, 1999**. Les teneurs en nutriments et valeur énergétique des denrées p6 (ae/27valnu.doc/27/08/99) epsic.ch/branches/chimie/denrées/27valnu.pdf.
- **ANONYMES, 2000**. Images de son de blé. Site. Web WWW.son-de-ble-6x200g.fr
- **ANONYME, 2001**. Le blé situation et perspective, Le bulletin bimensuel, Vol14, N°12.
- **ANONYME, 2002**. Les vertus des sons d'avoine et de blé. Site Web [WWW.laffeeregime](http://WWW.laffeeregime.com). Com.
- **ANONYME, 2004**. Produire des blés de qualité; Grande Paroisse partenaire du marché des céréales. Site web www.grande-paroisse.fr.
- **ANONYME, 2010**. Le Maghreb quotidien indépendant. Edition du www.journaldesfemmes.com.
- **Aouir A., 2003** : Caractéristiques physico-chimiques et nutritionnelles des fibres alimentaires des quelques céréales. Thèse de Magister.I.N.A EL-HARRACH, ALGER, 150p.

- **Aykroyd W., Doughty J., 1970** : Le blé dans l'alimentation humaine, Ed. FAO, Rome.185 p.
- **Belaid D., 1986** : Eléments de phytotechnie générale, Ed. Office des publications universitaires, Ben-Aknoun (Alger), 155 p.
- **Belaid D., 1996** : Aspects de la céréaliculture Algérienne, Ed. Office des publications universitaires, Ben-Aknoun (Alger), 206 p.
- **BENSALEM M., 1995** : La qualité du blé dur dans la région méditerranéenne, série A N° 22, pp : 81-89.
- **Boldieu L., 1991** : les grains oléagineux et protéagineux, Ed. Lavoisier pp : 115 – 120.
- **BOUDREAU A., MENARD G., 1992** : le blé éléments fondamentaux et transformation. Les presses de l'université LAVAL, 437p.
- **Boyer D., Shannon C., 1987** : les glucides du noyau/N SA Watson et PE ramstad, Ed. La chimie ANCL la technologie, p.253 – 272. St paul, minnesota,Etat-unis, Am.cerealchem.
- **Bozzini A., 1988**: Origin, distribution, and production of durum wheat in the world, Dans Fabriani G. ET C. Lintas (éd). *Durum: Chemistry and Technology*. AACC (Minnesota), États-Unis. p. 1-16.
- **CALVEL R., 1980** : La boulangerie moderne. Ed. Eyrolles, Paris, 90p.
- **Dajoz R., 2003** : Précis d'écologie. 7 ème édition, Ed. Dunod, Paris, 615 p.
- **DARRIGOL J.L., 1978** : Les céréales pour votre santé : propriétés et usages diététique et thérapeutiques des céréales complètes, du germe de blé et du son.St Jean de Broye, France : Edition Dangles.145p.
- **Donmez E., Schilling R.G., Sears J.P., Shroyer B., Paulsen G.M., 2000**:

«Evaluation of Winter Durum Wheat for Kansas» Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Publication N° 00-172-S, 235p.

- **DOUMANDJI A., DOUMANDJI S., DOUMANDJI-MITICHE B., 2003** : Technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au Stock, Algérie. Off. Pub. Univ., Alger, 67p.
- **E.R.I.A.D** : Entreprises régionales des industries céréalières et dérivés, situées au centre (unités 1,2 et 3), à l'est (unités 4, 5, et 6) et à l'ouest du pays (unités 7, 8 et 9).
- **Faldet M., 1989**: uio as a percent of crude protein (uip-cp) measured with Broderick in vitro inhibitor.ph.d.dissertation.univ.of Wisconsin, Madison
- **FEILLET P., 1986** : L'industrie des pâtes alimentaires : technologie de fabrication qualité des produits finis et des matières premières, ed Agro Ali pp 979-989.
- **Feillet P., 2000** : Le grain de blé composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, 308 p.
- **Feldman M., 2001**: « Origin of Cultivated Wheat ». Dans Bonjean A.P. et W.J. Angus (éd.) The World Wheat Book: a history of wheat breeding. Intercept Limited, Andover, Angleterre, p 3-58.
- **Godon B., 1991** : Les constituants des céréales : nature, propriétés et teneurs. *In*: Godon B. (Ed), Biotransformation des produits céréaliers. Ed. Lavoisier Tec & Doc, Paris, pp. 122
- **GODON P. et LOISEI W., 1997** : Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales (Collection STAA, 2^eEd), Tec et Doc/Lavoisier, 819p.
- **Haddouche A., 2001** : Stades et variétés de blé. Ed. ITGC, 22p.
- **Hébrard J.P., 1996** : Des pâtes épatantes ! *In* : Braun P. et Hébrard J.P. (Ed), Blé dur objectif qualité. Ed. ITCF, Paris, pp. 6-9.

- **Henry Y. et De Buyser J., 2001** : L'origine des blés. *In* : Belin. Pour la science (Ed.). De la graine à la plante. Ed. Belin, Paris, pp. 69-72.
- **Harrington G., 1972**: composition of wheat, Ed, Cornell university agriculture experiment station, 24p.
- **INRA : Institut national de recherche agronomique.**
- **Jarrige A., 1988** : alimentation des bovins caprin INRA pp : 471, 341-342.
- **JORA., 1998** : journal officiel de la république algérienne N°35 p21.
- **Kiger L. et kiger J.G., 1968** : techniques modernes de biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industrielle et artisanale, 95p.
- **Kriz A., 1999** : globulines 7s de céréales. Dans: shewry PR, Casey R, ed. Protein de la graine. Dordrecht: Kluwer academic publishers, 477 - 498.
- **Lebres F., Mouffok F., Makhlouf B., 1997** : guide pratique d'analyse microbiologique des denrées alimentaires-service de bactériologie alimentaire institut pasteur d'Algérie, 170p.
- **Lery F., 1982** : L'agriculture au Maghreb ou pour une agronomie méditerranéenne. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris, 338 p.
- **Lunven P., 1993** : alimentation et nutrition N°25 WWW.fao.org.
- **Liener E., 2000**: non nutritive factors and bioactive compound in soy in animal nutrition. Ed. J.D. Drackely. Federation of animal science societies. pp: 703-712.
- **MADR** : la direction des statistiques agricoles des systèmes d'informations.
SÉRIE B
- **MORANCHO J., 2001** : Production et commercialisation du blé dur dans le monde. CIHEAM- Option méditerranéennes, pp 29-33.
- **Nehring K., 1966**: arch, tiermahr, p 16 77 www.journées-recherche-porcine.com/txt/1969/69txtalim/a6905.pdf.
- **NERON S., 2000** : Les lipides de l'amidon : quand une minorité s'en mêle. Industrie des céréales. N°119.pp :5-18.

- **Nuret N., 1991** : la mouture de blé tendre, les industries de première transformation des céréales, (Godon-B-William-C), Ed, techno document la voisier, 200p.
- **Pomeranz P., 1990** : Les bases de l'agriculture moderne. Ed. Lavoisier Tec & Doc, Paris, 262 p.
- **Rouan M. et Thibault M., 1987**: les fibres alimentaires, Ed, A.P.R.I.A 355 p.
- **Sabbagh C., 2004** : Le changement climatique. *In* : De journal H. et Durand N. (Ed), INRA 2020 des scénarios pour la recherche: alimentation, agriculture et environnement. Ed. INRA, Paris, pp. 27-30.
- **Sabegh A., et Tsouri Bentsouri B., 2006** : l'enrichissement des pates alimentaires par l'incorporation du son et le suivi du produit pendant 5mois de conservation, mémoire de fin d'étude, FSAVB, BLIDA, 225p.
- **WILLIAMS P., HARMEIN F., NAKKOUL H., RIHAWI S., 1988**: Crop quality evaluation: methods and guidelines. PO.box 5466, alippo, Syria second edition, 60p.

Table des matières

| | |
|-------------------|---|
| Introduction..... | 1 |
|-------------------|---|

Etude bibliographique.

Chapitre I : Données bibliographiques.

| | |
|--|----------|
| I.1. Généralités sur le son de blé dur..... | 5 |
| <u>I.1. Blé dur.....</u> | 5 |
| I.1.1. Grain de blé dur..... | 5 |
| I.1.1.1. Enveloppes..... | 6 |
| I.1.1.2. L'albumen..... | 6 |
| I.1.1.3. Germe..... | 7 |
| I.1.2. Valeur alimentaire..... | 8 |
| <u>I.2. Son de blé.....</u> | 9 |
| I.2.1. Transformation technologique..... | 9 |
| I.2.1.1. Nettoyage du blé..... | 11 |
| I.2.1.2. Conditionnement de blé..... | 11 |
| I.2.1.3. Mouture de blé..... | 12 |
| I.2.2. Définition du son..... | 12 |
| I.2.3. Constitution et composition..... | 13 |
| I.2.4. Vertus du son..... | 13 |
| a. Pour la santé..... | 13 |
| b. Pour le contrôle du poids..... | 15 |
| <u>I.3. Biscuits.....</u> | 15 |
| I.3.1. Données générales sur les biscuits..... | 15 |
| I.3.1.1. Définition..... | 15 |
| I.3.1.2. Classification..... | 15 |

| | |
|--|----|
| I.3.2. Rôle des ingrédients utilisés en biscuiterie..... | 17 |
| I.3.2.1. La farine..... | 17 |
| I.3.2.1.1. Définition..... | 17 |
| I.3.2.2. Le sucre..... | 17 |
| I.3.2.3. Le lait en poudre..... | 17 |
| I.3.2.4. Le sel..... | 18 |
| I.3.2.5. La matière grasse..... | 18 |
| I.3.2.6. Les substances levant..... | 18 |
| I.3.2.7. Le glucose en sirop..... | 18 |
| I.3.2.8. L'eau..... | 18 |
| I.3.2.9. La lécithine..... | 19 |
| I.3.2.10. Les arômes..... | 19 |
| I.3.3. La technologie de la fabrication des biscuits secs..... | 19 |
| I.3.3.1. Le mélange des matières premières..... | 19 |
| I.3.3.2. Le moulage..... | 20 |
| I.3.3.3. La cuisson..... | 20 |
| I.3.3.4. Le refroidissement..... | 20 |

Etude expérimentale.

Chapitre II : Matériel & Méthodes.

| | |
|--|----|
| II.1. But et intérêts de l'expérimentation..... | 23 |
| II.2. Matériel végétal..... | 23 |
| II.3. Matériel utilisé au laboratoire (V. Annexe 01)..... | 23 |
| II.4. Les méthodes des analyses effectuées (V. Annexe 02)..... | 23 |
| II.5. Echantillonnage..... | 23 |
| <u>III. Analyses physico-chimiques</u> | 23 |
| III.1. Objectif..... | 23 |
| III.2. Méthodes d'analyses physico-chimiques..... | 24 |

| | |
|--|-----------|
| III.2.1. Détermination de la teneur en eau NA 1132–(1990)..... | 24 |
| III.2.2. Détermination de la teneur en cendres NA-733-(1991)..... | 24 |
| III.2.3. Dosage des protéines selon la méthode de KJELDAHAL (NA.1158-1990, ISO1871)..... | 25 |
| III.2.4. Dosage de la matière grasse..... | 26 |
| III.2.5. Dosage de la cellulose brute (Norme NFV-03-040,1977)..... | 26 |
| III.2.6. Dosage des sucres..... | 27 |
| III.2.7. Dosage de l'acidité grasse (NA-1182-1991 ; ISO-1305)..... | 27 |
| III.2.8. Dosage de l'amidon (méthode plarimétriques)..... | 28 |
| III.2.9. Détermination et calcul de la valeur énergétique..... | 29 |
| • Calcul de la valeur calorique de la denrée..... | 29 |
| <u>VI. Analyses microbiologiques (Lebres et al., 1997).....</u> | 30 |
| VI.1. Principe..... | 30 |
| VI.2. Objectif..... | 30 |
| VI.3. Méthodes d'analyses microbiologiques..... | 30 |
| VI.3.1. Préparation de la solution mère et les dilutions décimales..... | 30 |
| ➤ Analyses microbiologiques du son..... | 31 |
| VI.3.2. Recherche des <i>clostridium sulfito-réducteurs</i> | 31 |
| VI.3.3. Recherche et dénombrement des levures et moisissures..... | 31 |
| ➤ Analyses microbiologiques de biscuit sec..... | 32 |
| VI.3.4. Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophyles totaux (G.A.M.T)..... | 32 |
| VI.3.5. Recherche et dénombrement des coliformes..... | 32 |
| VI.3.6. Recherche et dénombrement des <i>staphylococcus aureus</i> | 34 |
| VI.3.7. Recherche et dénombrement des moisissures..... | 34 |
| VI.3.8. Recherche de salmonella..... | 34 |
| V. <u>Essai de fabrication de biscuit sec.....</u> | 35 |
| V.1. But et principe..... | 35 |

| | |
|---|----|
| V.2. La formule de biscuit sec..... | 36 |
| V.3. Le processus de fabrication des biscuits secs..... | 37 |
| IV. Analyse organoleptique (sensorielle) de biscuit de son..... | 39 |
| IV.1. But..... | 39 |
| IV.2. Principe..... | 39 |
| IV.3. Conditions générales d'analyse..... | 39 |

Chapitre III : Résultats & discussion.

| | |
|--|----|
| III.1. Caractéristiques physico-chimiques des grains de blé dur, du son et de biscuits..... | 42 |
| III.1.1. Teneur en eau..... | 42 |
| III.1.2. Teneur en cendres..... | 42 |
| III.1.3. Teneur en matière grasse..... | 42 |
| III.1.4. Teneur en protéines..... | 42 |
| III.1.5. Taux de la cellulose brute..... | 43 |
| III.1.6. Teneur en sucres..... | 43 |
| III.1.7. Taux de l'acidité grasse..... | 43 |
| III.1.8. Teneur en amidon..... | 43 |
| III.1.9. Valeur énergétique..... | 43 |
| III.2. Analyses microbiologiques..... | 44 |
| III.3. Résultats de l'évaluation sensorielle des biscuits secs enrichis en son de blé dur..... | 44 |
| III.3.1. L'état de surface..... | 46 |
| III.3.2. La couleur..... | 47 |
| III.3.3. La dureté..... | 48 |
| III.3.4. Le gout..... | 49 |
| III.3.5. La saveur..... | 51 |
| III.4. Discussion générale..... | 52 |
| Conclusion générale..... | 55 |

ANNEXE (01)

Tableau des analyses physico-chimiques

Tableau des analyses physico-chimiques.

| | Grain de blé dur | | Son de blé dur | | Biscuit enrichis en son de blé dur à différents incorporations | | | | | | | | |
|--------------------------------|------------------|-----------|----------------|-------------|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|
| | Ech | Norme (1) | Ech | Norme (1) | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% | 25% | 30% | 35% | Norme (2) |
| Humidité % | 11,55 | 13 | 12,34 | 13 | 4,2 | 4,3 | 4,3 | 4,4 | 4,5 | 4,9 | 5,3 | 5,5 | 2,5 à 4 |
| Cendres % | - | - | 2,28 | 3 | 0,34 | 0,46 | 1,10 | 1,38 | 1,50 | 1,84 | 2,00 | 2,50 | |
| Matière grasse % | - | - | 4,60 | 4,7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Protéines % | - | - | 15,2 | 15,6 | 10,03 | 10,90 | 11,50 | 12,10 | 12,90 | 13,75 | 14,8 | 15,7 | - |
| Cellulose brute % | - | - | 7,50 | 10 | 3,91 | 4,20 | 4,80 | 4,82 | 5,10 | 5,35 | 5,60 | 5,90 | - |
| Amidon % | - | - | 19,0 | | 62,0 | 61,9 | 61,5 | 60,5 | 59,3 | 56,1 | 50,0 | 46,3 | |
| Sucres % | - | - | 2,00 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Acidité grasse % | - | - | - | - | 0,05 | 0,08 | 0,09 | 0,11 | 0,12 | 0,15 | 0,19 | 0,20 | 0,06 à 0,60 |
| Energie brute Kcal/100g | - | - | 216,2 | - | 457,1 | 461,34 | 464,54 | 463,02 | 462,54 | 454,14 | 434,94 | 424,94 | - |

(1) : Normes du CODEX ALIMENTARIUS

(2) : Normes de société de biscuit.

ANNEXE (02)

**APPAREILLAGE
& REACTIFS**

La teneur en eau :

- Balance analytique.



- Broyeur.
- Vas métallique non attaqué dans les conditions de l'essai muni d'un couvercle suffisamment étanche.
- Etuve isotherme, à chauffage électrique, réglé de telle façon que la température est de 130°C.



- Dessiccateur garni d'un agent déshydratant efficace.



La teneur en cendre :

- Broyeur.
- Nacelles à incinération, en matériaux non attaqué dans les conditions de l'essai, d'au moins 20 ml de capacité.
- Four électrique, dont la température d'incinération est de 900°C.
- Dessiccateur garni d'un agent déshydratant efficace.
- Balance analytique.



La teneur en protéine totales :

- Broyeur.
- Balance analytique.
- Papier sulfurisé.
- Matras KJELDAHL de 500 ml.



- Erlenmeyer de 300 ml.
- Appareils de distillation.



- Dispositif de chauffage permettant l'inclinaison du matras durant l'opération de manière à ce que la source de chaleur n'atteigne que la partie de la paroi du matras situé au dessous du niveau du liquide.
- Dispositif d'aspiration pour les vapeurs d'acides libérés pendant l'attaque.

Dosage de la cellulose brute :

- Creuset en porcelaine.
- Four à moufle.
- Etuve.
- Papier filtre.
- Erlenmeyer à vide.
- Entonnoir.
- Réfrigérants reflux avec rodage normalisée 29/32.
- Erlenmeyer 500 ml avec rodage normalisée 29/32.

Matière grasse :

- Appareil d'extraction complète selon SOXHLET « SOXTHERM ».
- Cartouches d'extraction dimension à préciser selon l'extracteur.
- Ouate dégraissée.
- Système de chauffage bains marie ou plaques chauffantes.
- Rotavapor.



- Billes en verre.
- Réactifs matière grasse : éther de pétrole.

Dosage de l'amidon :

- Erlenmeyer de 250 ml à rodage normalisé, avec réfrigérant à reflux.
- Polarimètre.

Réactifs Dosage de l'amidon :

- Acide chlorhydrique à 25%(p/p), d : 1,126.
- Acide chlorhydrique à 1,128 % (p/v).
- Solution d'hydroxyde de sodium 0 .1 N.
- Rouge de méthyle à 0.1 % (p/v)
- L'éthanol à 94 % (v/v)
- Solution de carrez I : dissoudre dans l'eau 21,9g d'acétate de zinc et 3g d'acide acétique glacial. Complète à 100 ml avec de l'eau.
- Solution de carrez II : dissoudre dans l'eau 10,6 de ferrocyanure de potassium complète à 100 ml avec de l'eau.
- Ethanol à 40 % (v/v) d : 0,948 à 20°C.

Dosage des sucres :

- Mélangeur (culbuteur) : environ 35 à 40 retournements par minute.

Réactifs dosage des sucres :

- Ethanol à 40 % (v/v), d : 0,948 à 20°C.
- Solution de carrez I.
- Solution de carrez II.
- Solution à 0,1 % (p/v) de méthylorange.
- Acide chlorhydrique 4N
- Acide chlorhydrique 0,1N
- Solution d'hydroxyde de sodium 0,1N.
- Réactif selon Luff-Shchool :

Verser, tout en agitant prudemment, la solution d'acide citrique dans la solution de carbonate de sodium. Ajouté ensuite la solution de sulfate de cuivre et compléter à 1l avec de l'eau. Laisser reposer une nuit et filtrer.

- Solution de sulfate de cuivre : dissoudre 25 g de sulfate de cuivre p.a, Cu SO₄. 5H₂O, exampl de fer, dans 100 ml d'eau.
- Solution d'acide citrique : dissoudre 50 g d'acide citrique p.a, C₆H₈O₇. H₂O, dans 50 ml d'eau.
- Solution de carbonate de sodium : dissoudre 143,8 g de carbonate de sodium andium p.a, dans 300 ml d'eau à 1L d'eau bouillante. Faire bouillir durant trois minutes, laisser refroidir.
- Solution de thiosulfate de sodium 0,1 N.
- Solution d'amidon : ajouter un mélange de 5g d'amidon soluble dans 30 ml d'eau à 1L d'eau bouillante. Faire bouillir durant trois minutes, laisser refroidir, ajouté éventuellement 10 mg d'iodure mercurique comme agent conservateur.
- Acide sulfurique 6 N.
- Solution à 30 pour cent (p/v) d'iodure de potassium.

- Granulés de pierre ponce bouillis dans l'acide chlorhydrique, lavés à l'eau et séchés.
- Iso pentanol.

Les milieux utilisés dans le contrôle microbiologique

Eau physiologique

- Chlorure
- Eau distillé

VF : gélose viande foie

- Base viande de foie
- Gélose
- Amidon agar

Ph final 7,8

PCA : plant count agar

- Hydrolysats tripsique de caseine
- Extrait de levure
- Glucose
- Agar

Ph finale 7

Bouillant lactose au vert brillant (VBL)

- Peptone
- Lactose
- Vert brillant
- Bile de beouf
- Eau distillé

Ajuster le ph à 7,2

Autoclave à 115°C pendant 20 min.

E.P.E.I : Eau peptone exempté d'indole

- Peptone exempté d'indole
- Chlorure de sodium

Ph final 7,2



Milieu GIOLITTI-CONTONI

- Tryptone
- Extrait de viande
- Extrait de levure
- Chlorure de lithium
- Mannitol
- Chlorure de sodium
- Glucine
- Pyruvate de sodium
- Eau distillé

Ajuster le ph à 7

Autoclaver à 120°C pendant 20 min.

Milieu CHAPMAN

- Peptone extrait de viande
- Chlorure de sodium
- Agar
- Eau distillé



Ajuster le ph à 7

Autoclaver à 121°C pendant 20 min

Milieu TSE (tryptone, sel, eau)

- Tryptone
- Chlorure de sodium
- Eau distillé

Ajuster le ph à 7,5

Autoclaver à 121°C pendant 20 min

SFB : bouillant au sélénite de sodium

- Peptone pancréatique de caséine
- Lactose
- Monohydrogène-phosphate de sodium
- Mono hydrogène- sélénite de sodium

Ph final à 7

Les formules sont identiques en grammes par litre d'eau distillé

Gélose HEKTOEN

- Protéase peptone
- Extrait de levure
- Chlorure de sodium
- Sels biliaires
- Citrate de fer ammoniacal
- Sollicite
- Saccharose
- Fuschiracide
- Bleu de biomothymol
- Agar

Ph final à 7,5

REACTIFS & SOLUTION

Réactifs d'ERLISH-KOVACS

- Praméthylamine-benzaldéhyde
- Alcool iso amylique

Solution de tellurite de potassium

- Tellurite de potassium
- Eau distillé

Eau péptonée

- Peptone bactériologique exempte d'alcool
- Chlorure de sodium
- Eau distillée

ANNEXE(03)

MODE OPERATOIRE

1. La teneur en eau

Prise d'essai :

- Peser 5 g de l'échantillon (blé, son et biscuit) et le verser dans une nacelle.
- Introduire la nacelle ouverte contenant la prise d'essai, et le couvercle dans l'étuve à 130°C pour le blé et le biscuit et 130°C±2 pour le son pendant 2 heures.
- Retirer la nacelle de l'étuve, la couvrir avec son couvercle et la placer dans dessiccateur
- Laisser refroidir durant 20minutes. Puis peser.

2. La teneur en cendres

- Broyer les échantillons (son et biscuit)
- Peser 2 g des échantillons broyés dans des creusets préalablement tarés
- Humecter la prise d'essai avec 2 ml d'éthanol 95%.
- Mette le creuset à l'entrée du four réglé à 900°C jusqu'à ce que la matière s'enflamme aussitôt que la flamme est éteinte
- pousser la nacelle au fond du four et poursuivre l'incinération pendant 2h. Jusqu'à obtention d'un résidu gris ou blanchâtre.
- Laisser refroidir le creuset dans le dessiccateur.
- Peser le creuset à nouveau.

3. Dosage de la cellulose brute :

- Peser 2 g d'échantillon et l'introduire dans un ballon de 500 ml muni d'un réfrigérant rodé sur le goulot
- ajouter 100 ml d'une solution aqueuse bouillante contenant 12,5g d'acide sulfurique pour 1L (6,8 ml d'H₂SO₄ à compléter jusqu'à 1L avec de l'eau distillée)
- chauffer pour obtenir une ébullition rapide et maintenir celle-ci pendant 30 minutes exactement.
- Agiter régulièrement le ballon pendant l'hydrolyse,
- séparer le ballon du réfrigérant transverse dans un ou plusieurs tubes de centrifugeuse conservant la plus grande quantité possible dans le ballon ;
- centrifuger jusqu'à clarification totale du liquide.

- Introduire le résidu dans le même ballon en le détachant du tube à centrifuger avec 100 ml de solution bouillante contenant 12,5 g de soude pour 1L.
- Faire bouillir durant 30 mn exactement
- filtrer sur creuset de porosités 1 ou 2
- passer le creuset plus le résidu à l'étuve réglé à 105°C jusqu'à poids constant.
- Après refroidissement au dessiccateur peser à nouveau ; la différence de poids entre les deux pesées représente la matière cellulosique ; une partie de la lignine et une grande partie de la cellulose d'échantillon d'hémicellulose

4. Dosage des protéines

Première étape : minéralisation sulfurique

- Introduire dans un matras KJELDAHL 1 g de l'échantillon
- ajoutez 2 g de catalyseur (10g de CUSO₄, 50g de K₂SO₄, 1g de Se) et 20 ml d'acide sulfurique concentré (H₂SO₄)
- homogénéiser le contenu du tube et placer le matras dans un logement du bloc chauffant du système KJELDAHL pendant une durée de 4heures jusqu'à limpidité totale de la solution.

Deuxième étape : déplacement et distillation de l'ammoniaque :

Verser dans le matras refroidi contenant la solution limpide obtenue 100 ml d'eau distillée et 80 ml de la solution d'hydroxyde de sodium à 33%. L'extrémité de l'appareil plonge assez profondément dans un erlenmeyer de 300 ml contenant 25 ml d'acide borique à 4% (permettant de fixer l'ammoniaque distillé).

Mettre les matras en place pour la distillation; au cours de la distillation, l'azote ammoniacale est entraîné par la vapeur d'eau et recueilli et l'indicateur coloré (0,125 rouge de méthyl+ 0,1875g de bromocresol+ 250 ml d'éthanol à 95°).



Après 4mn de distillation, on constate un virage de la couleur rouge au bleu.

Troisième étape : titrage :

Titrer l'ammoniaque entraîné dans la solution d'acide borique avec la solution d'acide sulfurique 0,1 N après avoir ajouté quelques gouttes d'indicateur coloré jusqu'au virage de la couleur.

5. Matière grasse

- Peser 5g, de l'échantillon.
- Introduire l'échantillon dans une cartouche d'extraction et couvrir la cartouche à l'aide de l'ouate.
- Tarer le ballon de l'extracteur avec quelques billes en verre.
- Introduire la cartouche dans l'extracteur.
- Remplir le ballon taré à 2/3 avec l'éther et monter l'appareil sur l'appareil de chauffage.
- Extracteur pendant 6 heures.
- Enlever la cartouche de l'extracteur et distiller l'éther.
- Sécher le ballon pendant 30min sur le rotavapeur.
- Laisser refroidir le ballon dans un dessiccateur.
- Peser le ballon à nouveau.

6. Dosage de l'amidon

Détermination de pouvoir rotatoire (P)

- Peser 20 g d'échantillon
- introduire dans une fiole de 100 ml.
- Ajouter 25 ml d'HCL à 1,128%.
- Agiter pour obtenir une bonne répartition.
- Ajouter à nouveau 25 ml d'HCL à 1,128%.
- Plonger la fiole dans un bain d'eau bouillante pendant 15min (agiter durant les trois premières minutes énergiquement la solution pour éviter la formation d'agglomérats).
- Retirer la fiole du bain marie
- ajouter 30 ml d'eau froide
- refroidir la solution à 20°C.
- Ajouter 5 ml de la solution de CARREZ I. Agiter pendant une minute.
- Ajouter 5 ml de la solution de CARRZE II. Agiter pendant une minute.
- Compléter au volume avec l'eau distillée.
- Homogénéiser et filtrer.
- Mesurer le pouvoir rotatoire de la solution dans un tube ou polarimètre (P).

Détermination du pouvoir rotatoire (P')

- Peser 5 g de l'échantillon, introduire dans une fiole de 100 ml.
- Ajouter 80 ml d'éthanol à 40%
- Laisser la fiole en repos pendant 1heure à la température ambiante, au cours de ce temps procéder 6 fois à une agitation énergique.
- Porter ensuite au volume avec l'éthanol 40%.
- Homogénéiser et filtrer.
- Prélever avec une pipette 50 ml du filtrat (2,5 g de l'échantillon) dans un erlenmeyer et ajouter 2,1 ml à 25%. Agiter énergiquement.
- Placer l'erlenmeyer au bain-marie.
- transvaser son contenu dans une fiole jaugée de 100 ml en rinçant un peu avec l'eau distillée.

- Ajouter 5 ml de la solution CARREZ I et agiter pendant une minute.
- Ajouter 5 ml de la solution de CARREZ II et agiter pendant une minute.
- Compléter au volume avec l'eau distillée.
- Homogénéiser et filtrer.
- Mesurer le pouvoir rotatoire de la solution dans un tube ou polarimètre (P').

7. Dosage des sucres

- Peser, à 1mg près, 2.5 g de l'échantillon, et les introduire dans un ballon jaugé de 250 ml.
- Ajouter 200 ml d'éthanol (3.1) et mélanger pendant une heure dans le culbuteur.
- Ajouter 5 ml de solution de CARREZ I (3,2) et agiter pendant une minute.
- Ajouter ensuite 5 ml de solution de CARREZ II (3,3) et agiter à nouveau pendant une minute.
- Porter au volume avec de l'éthanol (3,1)
- homogénéiser et filtrer.
- Prélever 200 ml du filtrat et évaporer environ la moitié du volume, afin d'éliminer la majeure partie de l'éthanol.
- Transvaser quantitativement le résidu d'évaporation, à l'aide d'eau chaude, dans un ballon jaugé de 200 ml
- refroidir et porter au volume avec de l'eau
- homogénéiser et filtrer.

Dosage des sucres réducteurs :

Prélever à la pipette une quantité de solution n'excédant pas 25 ml et contenant moins de 60 mg de sucres réducteurs, exprimés en glucose. Si nécessaire, compléter à 25 ml avec de l'eau distillé et déterminer la teneur en sucres réducteurs selon LUFF-SCHOORL. Le résultat est exprimé en glucose pour cent.

Dosage des sucres totaux après inversion

- Prélever à la pipette 50 ml de solution et les porter dans un ballon jaugé de 100 ml.
- Ajouter quelques gouttes de solution de méthylorange (3,4), prudemment et tout en agitant, de l'acide chlorhydrique 4N (3,5) jusqu'à virage net au rouge.

- Ajouter 15 ml d'acide chlorhydrique 0,1N (3,6)
- plonger le ballon dans un bain d'eau à forte ébullition et l'y maintenir durant trente minutes.
- Refroidir rapidement à 20°C environ et ajouter 15 ml de solution d'hydroxyde de sodium 0,1N (3,7).
- Compléter à 100 ml avec l'eau et homogénéiser.
- Prélever une quantité n'excédant pas 25 ml et contenant moins de 60 mg de sucres totaux, exprime en glucose. Si nécessaire, compléter à 25 ml avec de l'eau distillé et déterminer la teneur en sucres totaux selon LUFF-SCHOORL. Est exprimé en glucose pour cent ou, le cas échéant, en saccharose, en multipliant par le facteur 0.95.

Titration selon Luff-Schoorl :

- Prélever à la pipette 25 ml du réactif selon Luff-Schoorl (3.8) et les porter dans un erlenmeyer de 300 ml ;
- ajouter 25 ml exactement mesurées, de la solution déféquée de sucres.
- Ajouter deux granulés de pierre ponce (3.13), chauffés, en agitation à la main, sur une flamme libre de hauteur moyenne et porter le liquide à ébullition en deux minutes environ.
- Placer immédiatement l'érlenmeyer sur une toile métallique pourvue d'un écran d'amiante muni d'un trou de 6 cm environ de diamètre, sous laquelle on a préalablement allumé une flamme. Celle-ci est réglée de façon que seul le fond de l'érlenmeyer soit chauffé.
- Adapter ensuite un réfrigérant à reflux sur l'érlenmeyer. A partir de ce moment, faire bouillir pendant dix minutes exactement.
- Refroidir immédiatement dans l'eau froide et après cinq minutes environ, titrer comme suit :
 - Ajouter 10 ml de solution d'iodure de potassium (3.12) et, immédiatement après et avec prudence (en raison du risque de formation d'une mousse abondante), 25 ml d'acide sulfurique 6N (3.11).
 - Titrer ensuite par la solution de thiosulfate de sodium 0.1N (3.9) jusqu'à apparition d'une coloration jaune terne, ajouter l'indicateur à l'amidon (3.10) et achever la titration.
 - Effectuer la même titration sur un mélange exactement mesuré de 25 ml de réactif selon LUFF-SCHOORL (3,8) et 2,5 ml d'eau, après avoir ajouter 10 ml de solution

d'iodure de potassium (3,12) et 25 ml d'acide sulfurique 6N (3,11), sans porter à ébullition.

8. Dosage de l'acidité grasse

- On pèse à 0,1 mg près 5 g de produit que l'on verse dans un tube de 50 ml.
- On ajoute ensuite 30 ml d'alcool éthylique à 95% et on ferme hermétiquement.
- On agite pendant une heure à l'aide d'un agitateur mécanique opérant à la température ambiante de $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Le produit est ensuite centrifugé à deux reprises et successivement pendant 2 minutes.

- On prélève ensuite 20 ml du liquide surnageant parfaitement limpide et on l'introduit dans un erlenmeyer puis on ajoute à cette quantité 80 ml d'eau distillée plus 5 gouttes de phénolphtaléine 1%.
- On titre à la micro-burette contenant la solution d'hydroxyde de sodium à 0,05 N jusqu'au virage à la couleur rose pâle persistant quelques secondes.

Essai à blanc :

Titration de l'acidité apportée par l'alcool éthylique en prélevant 20 ml d'alcool plus 80 ml d'eau distillée récemment bouillie et 5 gouttes de phénolphtaléine 1% et on titre par NaOH jusqu'au virage du blanc au rose pâle.

ANNEXE (04)

Nom de produit :

Date :

Nom de sujet :

| <i>Enchantions</i> N° | caractéristiques | Inacceptable | Médiocre | moyen | bon | excellent |
|--------------------------|------------------|--------------|----------|-------|-----|-----------|
| 1 | Etat de surface | | | | | |
| | Couleur | | | | | |
| | Dureté | | | | | |
| | Gout | | | | | |
| | Saveur | | | | | |
| 2 | Etat de surface | | | | | |
| | Couleur | | | | | |
| | Dureté | | | | | |
| | Gout | | | | | |
| | Saveur | | | | | |
| 3 | Etat de surface | | | | | |
| | Couleur | | | | | |
| | Dureté | | | | | |
| | Gout | | | | | |
| | Saveur | | | | | |
| 4 | Etat de surface | | | | | |
| | Couleur | | | | | |
| | Dureté | | | | | |
| | Gout | | | | | |
| | Saveur | | | | | |
| 5 | Etat de surface | | | | | |
| | Couleur | | | | | |
| | Dureté | | | | | |
| | Gout | | | | | |
| | Saveur | | | | | |
| 6 | Etat de surface | | | | | |
| | Couleur | | | | | |
| | Dureté | | | | | |
| | Gout | | | | | |
| | Saveur | | | | | |
| 7 | Etat de surface | | | | | |
| | Couleur | | | | | |
| | Dureté | | | | | |
| | Gout | | | | | |
| | saveur | | | | | |
| 8 | Etat de surface | | | | | |
| | Couleur | | | | | |
| | Dureté | | | | | |
| | Gout | | | | | |
| | saveur | | | | | |

ANNEXE(05)

TABLE DE MAC-GRADY

| Nombre caractéristique | Nombre micro-organisme |
|-------------------------------|-------------------------------|
| 000 | 0,0 |
| 001 | 0,3 |
| 010 | 0,3 |
| 011 | 0,6 |
| 020 | 0,6 |
| 100 | 0,4 |
| 101 | 0,7 |
| 102 | 1,1 |
| 110 | 0,7 |
| 111 | 1,1 |
| 120 | 1,5 |
| 121 | 1,6 |
| 130 | 0,9 |
| 200 | 1,4 |
| 201 | 2,0 |
| 202 | 1,5 |
| 210 | 2,0 |
| 211 | 3,0 |
| 222 | 3,5 |
| 223 | 4,0 |
| 230 | 3,0 |
| 231 | 3,5 |
| 232 | 4,0 |
| 300 | 2,5 |
| 301 | 4,0 |
| 302 | 6,5 |
| 310 | 4,5 |
| 311 | 7,5 |
| 312 | 11,5 |
| 313 | 16,9 |
| 320 | 9,5 |
| 321 | 15,0 |
| 322 | 20,0 |
| 323 | 30,0 |
| 330 | 25,0 |
| 331 | 45,0 |
| 332 | 110,0 |
| 333 | 140,0 |

ANNEXE (06)



Biscuit sec témoin.



Biscuit sec de 5% d'incorporation.



Biscuit sec de 10% d'incorporation.



Biscuit sec de 15% d'incorporation.



Biscuit sec de 20% d'incorporation.



Biscuit sec de 25% d'incorporation.



Biscuit sec de 30% d'incorporation.



Biscuit sec de 35% d'incorporation.