

Ministère des Enseignements
Secondaire et Supérieur (M.E.S.S)

BURKINA FASO

Ministère de la Recherche Scientifique
et de l'Innovation des (M.R.S.I)

Université Polytechnique de
Bobo-Dioulasso (U.P.B)

Unité-Progrès-Justice

Institut de Recherche en Sciences
Appliquées et Technologies (I.R.S.A.T)



Unité de Formation et Recherche Sciences
et Techniques (UFR-ST)

Département Technologie Alimentaire
(D.T.A)

Génie Biologique

RAPPORT DE FIN DE CYCLE

Pour l'obtention de la

LICENCE PROFESSIONNELLE EN GENIE BIOLOGIQUE

OPTION : AGRO-ALIMENTAIRE

THEME :

Effets de l'emballage sur la qualité microbiologique, physico-chimique et sensorielle des biscuits de sorgho (*Sorghum bicolor*) enrichis à la spiruline (*Spirulina platensis*) et au moringa (*Moringa oleifera*) durant la conservation

Présenté et soutenu par : Aicha Fatou BARRO

Maître de stage

Dr. Laurencia OUATTARA/SONGRE

Directeur de rapport

Dr. Ernest SALOU

DEDICACE

A

Mon père BARRO G SEYDOU qui malgré ses occupations, m'a toujours soutenu

A la mémoire de ma mère et de mes grandes mères qui sont mes sources de motivation

Puisse le seigneur, le tout puissant vous accueillir dans son royaume.

A ma tante BARRO Martine

A mes tantes et oncles

A mes frères et sœurs pour leur soutien, A toute la famille BARRO

A mes camarades de classe

A mes amis

REMERCIEMENTS

Ce travail est le fruit de la contribution de plusieurs acteurs à qui nous voudrions dire merci. Nos remerciements vont particulièrement :

- Au Docteur Bréhima DIAWARA, Directeur de l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies du Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (IRSAT/ CNRST) pour nous avoir accepté au sein de son institut ;
- Au Docteur Hagrétou SAWADOGO/ LINGANI, chef du Département Technologie Alimentaire qui nous a accepté dans son département ;
- Au Docteur Laurencia OUATTARA/ SONGRE, notre maître de stage qui nous a encadré dans la réalisation de ce travail ;
- Au Docteur Ernest SALOU, Enseignant-chercheur à l'UPB et notre Directeur de mémoire pour avoir accepté de diriger ce travail ;
- Au Docteur Fabrice BATIONO, Attaché de recherche et à M^{lle} Zénabou SEMIDE, ingénieur de recherche, qui nous ont suivis tout le long de notre stage ;
- Au Professeur Georges Anicet OUEDRAOGO, Président de l'UPB
- Au Professeur Aboubacar TOGUYENI, Vice-Président de l'UPB qui nous a soutenu dans la réalisation de ce travail ;
- Au Docteur Roland MEDA, Enseignant-chercheur à l'UPB et Coordonnateur de la filière génie biologique pour son encadrement ;
- Au Docteur Lassina OUATTARA, Directeur Adjoint de l'UFR/ST pour son encadrement, ses conseils et sa disponibilité ;
- A tous les enseignants de l'UFR/ST qui ont assuré notre formation durant ces trois années d'étude ;
- à Madame Maimounata CONGO, Madame Judith SAMANDOULGOU, Monsieur Inoussa SALEMBERE, Monsieur Adama SOMA, Monsieur MBADINGA Rodrigue André NZIGOU Monsieur Kadiétou ZIDA, Monsieur Daouda FOFANA, Monsieur Olivier BANHORO pour leur soutien ;
- A nos camarades de classe et à tous nos camarades stagiaires pour leur esprit de groupe, et leur soutien combien précieux au moment des différentes productions en atelier pilote au DTA.

LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES

ASPERN : Association des Producteurs de la Sissili pour l'Eco-gestion des Ressources Naturelles.

CNRST : Centre National de la Recherche Scientifique et Technologie

CTRAPA : Central de Transformation des Produits Agricoles

DTA : Département Technologie Alimentaire

FAO : Fond des Nations Unis pour l'Agriculture et l'Alimentation

IRSAT : Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies

ISO : Organisation Internationale de Standardisation

LBTA : Laboratoire de Biochimie et de Technologie Alimentaire

MAIRRII : Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques

NF : Norme Française

ONG : Organisation Non Gouvernementale

PNNS : Programme National de Nutrition Santé

SPSS : Statistical Package for Social Sciences

UFC : Unité Formant Colonie

UFR/ST : Unité de Formation et de Recherche/Sciences et Techniques

UPB : Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Diagramme de fabrication des biscuits de sorgho	23
Figure 2 : Evolution de la teneur en eau des biscuits au cours du temps	34
Figure 3 : Evolution de l'acidité grasse des biscuits au cours du temps	35
Figure 4 : Evolution de la flore totale des biscuits nature au cours du temps	36
Figure 5 : Evolution de la flore totale des biscuits enrichis au moringa au cours du temps ..	37
Figure 6 : Evolution de la flore totale des biscuits enrichis à la spiruline au cours du temps.	37

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photo 1 :Grains de sorgho	5
Photo 2 : Poudre de Spiruline	7
Photo 3 : Feuilles de moringa	8
Photo 4 : Poudre de feuilles de moringa.....	8
Photo 5 : Pétrin mélangeur	24
Photo 6 : Laminage de la pate	24
Photo 7 : Modelage de la pate	24
Photo 8 : Pâtons modelés prêts à être mis au four	24
Photo 9 : Cuisson des pâtons	24
Photo 10 : Biscuits de sorgho nature	24
Photo 11 : biscuits de sorgho enrichis à la spiruline.....	25
Photo 12 : Biscuits de sorgho enrichis au moringa	25
Photo 13 : Biscuits conditionné dans un emballage en aluminium	25
Photo 14 : Biscuits conditionné dans un emballage en plastique	25
Photo 15 : Boite de Pétri contenant des colonies.....	29
Photo 16 : salle d'analyse sensorielle	- 3 -
Photo 17 : Plateau contenant des échantillons et la fiche d'évaluation.....	- 3 -
Photo 18 : Séances d'analyse sensorielle	- 3 -

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Composition nutritionnelle de Moringa et Spiruline	9
Tableau 2 : Composition nutritionnelle pour 100g de biscuits secs	11
Tableau 3 : Formulations pour la fabrication des biscuits	21
Tableau 4 : Coliformes et levures et moisissures.....	39
Tableau 5 : Résultats des tests sensoriels des biscuits nature (%)	40
Tableau 6 : Résultats des tests sensoriels des biscuits enrichis au moringa (%).....	41
Tableau 7 : Résultats des tests sensoriels des biscuits enrichis à la spiruline (%)	42
Tableau 8 : Récapitulatifs de la Flore totale, l'humidité et l'acidité des biscuits de sorgho conservés en fonction des emballages.....	- 4 -
Tableau 9 : codes de prélèvements.....	- 5 -

Table des matières

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS	ii
LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES.....	iii
LISTE DES FIGURES	iv
LISTE DES PHOTOGRAPHIES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
RESUMÉ.....	x
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : GENERALITES.....	3
I. Matériels végétal.....	4
I.1-Sorgho.....	4
I.2-Spiruline.....	5
I.3-Moringa.....	7
II. TECHNOLOGIE BISCUITIERE.....	9
II.1- Définition et étymologie du biscuit.....	9
II.2-Classification des biscuits.....	10
II.3-Composition nutritionnelle des biscuits.....	10
II.4- Conservation.....	11
II.4.1- Composantes de la qualité.....	11
II.4.2- Problématique de la conservation des biscuits.....	11
CHAPITRE II: MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	14
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	15
I.1-Création du Département Technologie Alimentaire (DTA).....	15
I.2-Missions et objectifs du DTA.....	15
I.3-Activités du DTA.....	15
I.4- Organisation du département technologie alimentaires.....	16

II. MATERIELS	18
II.1-Matériels végétal et ingrédients utilisés.....	18
II.2-Matériel de production et d'analyses.....	19
III. METHODES	20
III.1-Production de farine	20
III.2-Production des biscuits.....	21
III.2.1-Formulations.....	21
III.2.2-Procédé de fabrication des biscuits.....	21
III.3- Méthodes d'analyse.....	25
III.3.1-Echantillonnage et fréquences des prélèvements	25
III.3.3-Méthodes d'analyses physico-chimiques	26
III.3.2- Méthodes d'analyses microbiologiques.....	27
III.3.4-Méthodes d'analyses sensorielles.....	31
CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSION	33
I. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES	34
I.1- Teneur en eau	34
I.2- Acidité grasse.....	35
II. PROPRIETES MICROBIOLOGIQUES.....	36
II.1-Flore totale.....	38
II.2- Coliformes thermo tolérants et totaux	39
II.3- Levures et moisissures.....	39
III. PROPRIETES SENSORIELLES.....	40
III.1-Profil sensoriel.....	40
III.1.1-Couleur des biscuits.....	42
III.1.2-Arôme des biscuits.....	42
III.1.3-Texture des biscuits	43
III.1.4-Goût des biscuits.....	43

III.1.5-Sensation de bouche des biscuits	44
CONCLUSION et RECOMMANDATIONS	45
BIBLIOGRAPHIE	1
Sites Web.....	IV
ANNEXES	- 1 -
Annexe 1	- 1 -
Annexe 2.....	- 2 -
Annexe 3.....	- 3 -
Annexe 4.....	- 4 -

RESUMÉ

Les biscuits de sorgho enrichis à la spiruline et au moringa constituent un apport important en nutriments riches en nutriments essentiels tels que protéine, fer, zinc et vitamine A. Il a été observé que les biscuits à base de céréales enrichis présentent des difficultés de conservation. Cependant, peu d'informations sont disponibles sur la conservation des biscuits de sorgho enrichis à la spiruline et au moringa. Dans l'objectif d'évaluer la durée de conservation, les biscuits de sorgho enrichis à la spiruline et au moringa ont été testés dans (02) types d'emballage (plastique et aluminium) et comparés aux biscuits de sorgho nature (témoin). Trois séries de productions indépendantes ont été effectuées à la technopole du DTA pour les (03) types de biscuits. Un suivi de la teneur en eau et l'acidité, de la flore totale, les coliformes totaux et fécaux, les levures et les moisissures et de la couleur, l'arôme, la texture, le goût et la sensation de bouche des biscuits de sorgho enrichis, a été réalisé pendant (03) mois pour déterminer la durée optimale de conservation. Les résultats physico-chimiques ont montré que la teneur en eau des biscuits conservés dans le plastique et l'aluminium, varie en fonction du temps (2-5%). Cependant, elle reste inférieure au niveau fixé par les normes (5%). Une augmentation de l'acidité a été observée pour les biscuits enrichis à la spiruline et emballés en aluminium (0,04 à 0,45 g d'H₂SO₄) à partir de (02) mois de conservation. Sur le plan sanitaire, on constate une augmentation de la flore totale des biscuits nature emballés en aluminium ($2,4 \cdot 10^2$ à $1,2 \cdot 10^5$ UFC/g), des biscuits enrichis au moringa pour les (02) types d'emballage ($3,1 \cdot 10^3$ à $1,1 \cdot 10^5$ UFC/g et $1,1 \cdot 10^3$ à $1,3 \cdot 10^5$ UFC/g, respectivement pour l'aluminium et le plastique) et enrichis à la spiruline emballés en plastique ($1 \cdot 10^3$ à $5 \cdot 10^4$ UFC/g). Pour les coliformes totaux et thermo-tolérants et levures et moisissures, la charge est restée constante et était inférieure à 10 UFC/g pour les (02) types d'emballage. Au niveau sensoriel, nous avons noté une baisse de l'appréciation positive du goût et de la sensation de bouche après la dégustation des biscuits enrichis au moringa. Dans l'ensemble, en tenant compte de quelques variations légères notées, après les (03) mois de conservation, les biscuits présentent des caractéristiques sanitaires et nutritionnelles satisfaisantes, des propriétés organoleptiques acceptables. En perspective, nous comptons poursuivre la conservation des biscuits au-delà des (03) mois pour estimer la durée maximale de conservation des biscuits de sorgho.

Mots clés : Conservation, Emballage, Caractéristiques nutritionnelles et sanitaires, Propriétés organoleptiques

INTRODUCTION

Les céréales font partie de l'alimentation de base de la population burkinabè ; elles sont les principales sources de nutriments tels que les glucides, protéines, lipides, vitamines et sels minéraux. Ces céréales peuvent être transformées pour faciliter leurs conservations et leurs utilisations ; et être aussi enrichies pour améliorer les apports en nutriments. Afin d'assurer une meilleure alimentation des populations par une disponibilité d'aliments de qualité mais également une utilisation optimale des céréales locales, les biscuits peuvent être produites à partir de ces céréales et enrichies en micronutriments (Gorga, 2014).

Les biscuits sont des produits céréaliers, énergétiques, fortement appréciés des populations surtout des plus jeunes enfants (Zydenbos et Humphrey-Taylor, 2003). Généralement élaborés à partir de céréales, de racines ou tubercules et d'une diversité d'ingrédients autorisés dans l'alimentation humaine, les biscuits doivent conserver leur qualité organoleptique et commerciale durant la période de conservation.

Si la consommation de biscuits est élevée en Afrique de l'Ouest avec une tendance à s'accroître d'avantage, la source des biscuits consommés reste largement tributaire à l'importation (Broutin, 2001). Au Burkina Faso, les biscuits consommés sont en majorité des biscuits importés, élaborés à partir de farine de blé (Gorga, 2013). Ces biscuits importés sont en général coûteux donc faiblement accessibles à la grande majorité de la population. Des innovations technologiques de fabrication de biscuits à base de matières premières locales amylicées, notamment des céréales, des racines et tubercules ont été générées par la recherche (ICRISAT, 1990; Broutin, 2001; Kaboré, 2012; Gorga, 2014). Ces innovations technologiques visent à contribuer à une meilleure valorisation des ressources locales et à un transfert de technologies aux utilisateurs, principalement aux entreprises agroalimentaires locales. C'est ainsi que des technologies de fabrication de biscuits de sorgho enrichis par l'incorporation d'ingrédients locaux, en l'occurrence le « moringa » et la spiruline riche en micronutriments et en protéines ont été développées (Gorga, 2014). Cependant, il n'existe pas de données sur la qualité microbiologique, physico-chimique et sensorielle des biscuits locaux. C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail dont l'objectif général est d'évaluer la qualité microbiologique, physico-chimique et sensorielle des biscuits de sorgho enrichis au « moringa », et à la spiruline durant la conservation en fonction de l'emballage. Pour atteindre cet objectif général, nous nous sommes fixés les objectifs spécifiques suivants :

- déterminer l'évolution des caractéristiques microbiologiques et physico-chimiques des biscuits de sorgho nature et des biscuits de sorgho enrichis au « moringa » et à la spiruline durant la conservation ;
- déterminer l'évolution des caractéristiques sensorielles des biscuits de sorgho nature et des biscuits de sorgho enrichis au « moringa » et à la spiruline durant la conservation ;
- déterminer la durée de conservation de ces biscuits de sorgho en fonction de l'emballage.

Le présent document comprend quatre chapitres, à savoir :

- ❖ Une introduction
- ❖ Une synthèse bibliographique,
- ❖ Le matériel et les méthodes utilisées,
- ❖ Les résultats et discussion, et se termine par une conclusion suivie de recommandations.

CHAPITRE I : GENERALITES

I. Matériels végétal

I.1-Sorgho

I.1.1-Description botanique

Le sorgho appartient à la famille des poacées, tribu des Andropogoneae, genre *Sorghum*, espèce *bicolore*. C'est une plante préférentiellement autogame, avec un nombre chromosomique de base : $2n = 20$. C'est une grande graminée qui produit des chaumes robustes pouvant atteindre jusqu'à 5 mètres de hauteur et qui sont soutenus par un système racinaire profond et ramifié, d'où sa résistance à la chaleur et à la sécheresse (Fliedel *et al*, 1996). Une classification simple du sorgho selon Harlan et de Wet et reprise par l'IBPGR regroupe le sorgho cultivé en cinq races ou groupes fondamentaux : *bicolor*, *guinea*, *caudatum*, *kafir* et *durra* (Harlan et De Wet, 1972). Les races *guinea* sont les plus répandues, car constituant 93 % des variétés locales de sorgho (Zongo, 1991).

I.1.2-Bochimie et écologie des grains de sorgho

Le grain de sorgho (photo 1) contient en moyenne 7,71 % de protéines, 79,04 % de glucides, 7,71 % de lipides, et 1,99 % de matières minérales (Combasséré, 2007). Le sorgho est une source importante de vitamines B (thiamine), de niacine et de riboflavine qui sont concentrées dans le germe et la couche à aleurone, mais seuls les sorghos à albumen jaunes possèdent un peu de vitamine A (bêta-carotène) (Fliedel *et al.*, 1996). La teneur en fer de ces grains est de 4,4 mg / 100 g de matière sèche (Cordain, 1999). La consommation totale d'une culture pluviale de sorgho est estimée à 400 mm pour une variété de 90 jours et 550 à 600 mm pour une variété de 110-120 jours. Econome en eau et en intrants, efficace dans la détoxification des sols riches en azote, le sorgho est une céréale écologiquement intéressante (Sanon, 2009).

I.1.3-Production et superficies cultivées

Avec 62,4 millions de tonnes récoltées dans le monde en 2010, le sorgho grain vient au cinquième rang des productions de céréalières après le maïs, le blé, le riz et l'orge. (FAOSTAT, 2010). Environ 90% des superficies cultivées en sorgho dans le monde et 70% de la production mondiale se trouvent dans les pays en développement. Les pays d'Afrique et d'Asie représentent plus de 95% de l'utilisation alimentaire totale de sorgho. Au Burkina Faso le sorgho représente plus de la moitié de la production céréalière et constitue l'aliment de base des populations rurales (Trouche *et al.* 2001). C'est donc une céréale très importante. En 2007, la production du

sorgho était de 1.619.590 tonnes sur une superficie d'environ 1.607.741 ha au Burkina Faso, de 900.791 tonnes sur 1.090.244 ha au Mali, et de 100.704 sur 155.919 ha au Sénégal. En 2014, il occupait le premier rang des céréales, tant du point de vue des superficies emblavées (1 372 535 ha) que de la production (1 610 255 tonnes) (MAHRHIDSA, 2014). Le sorgho occupe plus de 80% des superficies cultivables du Burkina Faso (DGPER, 2010 et 2011). Si en zone tempérée il est d'abord cultivé pour l'alimentation animale, dans les régions tropicales il est essentiellement cultivé pour son grain destiné à l'alimentation humaine (Sanon, 2009). Il est utilisé également, dans la fabrication d'une diversité de produits intermédiaires tels que les farines, grumeaux de bouillie, malt, etc. et finis dont le tô, couscous, dolo, biscuit, pain, pop sorgho. Les farines sont utilisées dans l'industrie agro-alimentaire pour la confection de biscuits.



Photo 1 :Grains de sorgho

I.2-Spiruline

I.2.1-Description botanique de la spiruline

La *Spiruline* est une cyanobactérie (anciennement désignée par le terme « algue bleue » puis cyanophycée). Elle appartient donc au domaine des bactéries (*Bacteria*) et se classe parmi les bactéries gram négatives. Les cyanobactéries forment l'essentiel des bactéries capables de photosynthèse avec production d'oxygène et peuvent être unicellulaires ou pluricellulaires. La Spiruline appartient à l'ordre des Nostocales (= Oscillatoriales), la famille des *Oscillatoriaceae*, le genre *Oscillatoria* et le sous genre *Spirulina* ou *Arthrospira*. Riche en protéines et en vitamines, elle est utilisée pour nourrir humains, poissons, crustacés, mollusques, volailles et bétails (Delpeuch et al, 1976).

I.2.2-Ecologie et biochimie de la spiruline

La *Spiruline* se développe préférentiellement dans des eaux chaudes, alcalines et riches en nutriments azotés et phosphorés. Plus communément, elle s'observe dans les eaux saumâtres, ainsi que dans les lacs salins de régions tropicales et semi-tropicales (Castenholz et al. 2001). Son caractère thermophile et ses besoins importants en lumière limitent son aire de répartition à une bande intertropicale située environ entre 35° de latitude Nord et 35° de latitude Sud. Sa forte plasticité écologique permet de la retrouver à l'état naturel à la fois dans les lacs alcalins en Afrique (Tchad, Ethiopie, Tunisie), en Amérique latine (Mexique, Pérou), en Asie du Sud (Inde, Sri Lanka, Thaïlande). Cet organisme est dit ubiquiste. Il est cependant beaucoup moins abondant en Amérique du Nord et en Europe. Par la suite ses teneurs en micronutriments, en bêta-carotène (précurseur de la vitamine A), en fer, en vitamine B12, en acides gras ont intéressé les chercheurs, les industriels et les ONG (Branger et al. 2003). La production mondiale a régulièrement augmenté surtout depuis 1995. Elle serait aujourd'hui supérieure à 4000t (Loïc et al.2008). La *Spiruline* (photo 2) est commercialisée en poudre sèche à l'état « brut » ou bien intégrée dans les produits finis. Dans un premier cas, elle est généralement vendue sous forme de gélules ou de comprimés et dans un deuxième cas elle est directement intégrée dans les aliments (agroalimentaire) et dans les crèmes (cosmétique). Aujourd'hui, le succès de la spiruline (amélioration de la santé du public et des malnutris) a permis l'extension des fermes de production déjà existantes et la création de nouvelles fermes en vue de satisfaire la demande croissante au niveau du Burkina et dans les pays limitrophes. Ces fermes sont entre autres : la ferme de Ouahigouya (2003), la ferme de Sapouy (2004), la ferme de Sabou (2003), la ferme de Loumbila (2001), la ferme de Nanoro (1996), la ferme «Nayalgué» (2001), la ferme du petit séminaire de Koudougou. Quelques grammes de spiruline (2 à 4) suffisent à rééquilibrer un régime déficient en fer, zinc et vitamine A (Flaquet, 2006).

I.2.3-Production et superficies cultivées de la spiruline

La production de Spiruline (photo 2) se fait à plusieurs échelles : artisanale, semi-industrielle et industrielle. Les éléments de différenciation de ces modes de production sont la surface totale des bassins de culture et leurs surfaces unitaires, les moyens et matériaux utilisés, les degrés de technologie, les objectifs (Gorga, 2013). Le taux de croissance de ce micro-organisme photosynthétique étant des plus rapides, il fournit jusqu'à 20 fois plus de protéines à l'hectare que le soya. Cette productivité découle aussi du fait que la spiruline est entièrement comestible : toute l'énergie et les intrants utilisés à sa production sont ainsi valorisés ; dans une production

agricole classique, seul un faible pourcentage de la plante cultivée (ou de l'animal élevé) est effectivement consommable.



Photo 2 : Poudre de Spiruline

I.3-Moringa

I.3.1-Description botanique, Production du moringa

Moringa oleifera est une plante qui a l'aspect d'un arbuste dont la hauteur peut atteindre 4 à 5m. Le diamètre du tronc varie entre 20 et 40 cm selon FoidJ *et al.* (2001). Le tronc est généralement droit, mais il est parfois très peu développé. En général, il se ramifie lorsque la hauteur atteint 1,5 à 2m. Les branches poussent de manière désorganisée et la canopée est en forme de parasol (Foi dl *et al.*, 2001). La production de feuilles de *Moringa* passe par les étapes suivantes : la préparation du sol, la fertilisation, la mise en place de la culture, l'entretien, le contrôle des ravageurs et la récolte.

I.3.2-Ecologie et biochimie du moringa

Le *Moringa oleifera* est une plante qui s'adapte à des milieux différents. Cependant, certaines conditions du milieu favorisent son épanouissement. Le *Moringa oleifera* se plaît en milieu aride ou semi-aride mais il peut se trouver aussi dans les zones très arides comme le Sahara et peut s'adapter aux différents types de sols. La valeur nutritive des feuilles de *Moringa* est d'une richesse rarement observée. En effet, L'utilisation de la poudre de feuilles est particulièrement préconisée chez les enfants souffrant de malnutrition, ou pour prévenir l'apparition de la malnutrition (Broin, 2005). En effet, des études ont montré l'efficacité de ces feuilles dans la

prévention, la correction de la malnutrition et les maladies associées. Par ailleurs, la cuisson des feuilles de *moringa* aide à conserver la bêta-carotène et à améliorer la conversion en vitamine A dans le corps (Price, 1985) bien qu'elles contiennent des facteurs antinutritionnels tels que les phytates et les oxalates (Yang et *al.* 2006 ; de Saint Sauveur et Broin, 2010). Elles peuvent donc constituer un complément alimentaire pour les sujets malnutris en raison de leur forte teneur en protéines, vitamines A, B, C, et E et en sels minéraux tels que Ca, K, Mg, P, Fer, Zn, Se, Cu, Mn, Na, et Cl et être considérées comme un produit tonique, fortifiant et stimulant du système immunitaire pour les sujets vivant avec le VIH/SIDA (Tete-Benissan et *al.* 2012) (Broin, 2005). En effet, la teneur en ces éléments est élevée pour 100 grammes de matière sèche (tableau II).



Photo 3 : Feuilles de moringa

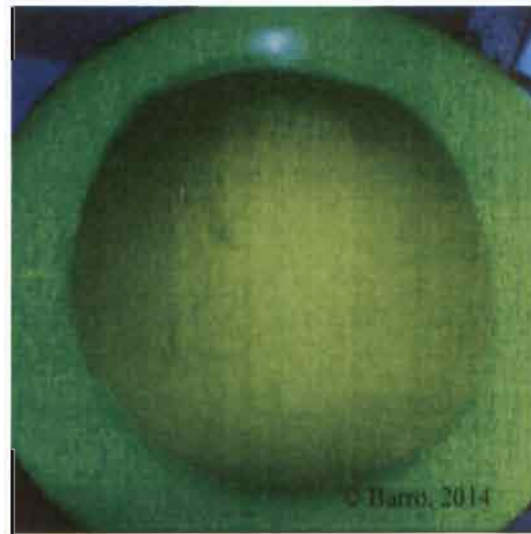


Photo 4 : Poudre de feuilles de moringa

Tableau 1 : Composition nutritionnelle de Moringa et Spiruline

Ingrédients sélectionnés	Poudre de Moringa	Poudre de Spiruline
Humidité (g)	7 ¹	3 ¹
Protéine (g)	29,57 ¹	40 ¹
Lipides (g)	9,4 ¹	6 ²
Glucide (g)	47,2 ¹	24,2 ²
Energie (Kcal)	375,7 ²	365,7 ²
Fibre (g)	17,74 ¹	- ²
Fer (mg)	31,9 ¹	103,1 ¹
Zinc (mg)	3,12 ¹	3,42
Calcium (mg)	2480 ¹	721,67 ¹
Vitamine A (µg ER)	4716,4 ¹	7120,42 ¹
Vitamine C (µg)	1003,8 ¹	0,00 ¹

Source : ¹ :Broin , (2005) ; ² : Branger et al. (2003) ;

II. TECHNOLOGIE BISCUITIÈRE

II.1- Etymologie et définition du biscuit

Le mot biscuit est un nom composé de l'élément bis- (du latin), signifiant « deux fois » et de cuit, signifiant « cuisson ». En ancien français, le mot biscuit a d'abord désigné un pain « cuit deux fois », puis une sorte de galette cuite deux fois qu'on apportait en réserve pour les longs voyages en mer. Ce n'est qu'au XVII^e siècle que l'appellation biscuit servait à nommer un petit gâteau sec, sans lien, cette fois, avec l'idée de double cuisson. La double cuisson n'est plus pratiquée actuellement en biscuiterie et il sera plus juste d'entendre le terme biscuit par « bien cuit » (Kiger et Kiger, 1967). Ainsi la définition suivante peut être attribuée aux biscuits : c'est un aliment à base de farines alimentaires, de matière sucrante, de matière grasse, et de tout autres produits alimentaires, parfums et condiments autorisés. Après cuisson les biscuits doivent conserver leurs qualités organoleptiques et commerciales pendant une durée supérieure à un mois, et pouvant dépasser une année (biscuiterie sèche) ou un temps limité en fonction d'un débit régulier assez rapide (Pâtisserie industrielle) (Kiger et Kiger, 1967 ; Mohtedji-Lambalais, 1989) cités par (Benkadri, 2010). De plus en plus dans de nombreux pays des biscuits sont enrichis avec soit des farines composites ou avec d'autres ingrédients dans le but d'améliorer leur qualité nutritionnelle (Gonzalez-Galan et al, 1991) cité par (Noor et al, 2012).

II.2-Classification des biscuits

Il n'existe pas de classification officielle des biscuits en raison de la très grande variété des productions et de la multiplicité des composants pouvant entrer dans les diverses fabrications. Cependant, une classification peut être envisagée en se basant sur la consistance de la pâte avant cuisson (Kiger et Kiger, 1967, Mohtedji-Lambalais, 1989 ; Feuillet, 2000 ; Gorga, 2013) cités par (Benkadri, 2010) :

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

Plusieurs facteurs peuvent influencer la qualité des biscuits tels que : la qualité et le niveau des ingrédients utilisés, les conditions de préparation telles que le pétrissage, le moulage de la pâte, et enfin la cuisson et le refroidissement des biscuits (Maache-Rezzoug *et al*, 1998b ; Manohar et Rao, 2002).

II.3-Composition nutritionnelle des biscuits

Du fait de la grande variété des recettes, il existe une très grande variabilité dans la composition nutritionnelle des biscuits. La composition nutritionnelle d'un biscuit est fonction de la catégorie de biscuit, particulièrement de la recette. Dans les biscuits secs, il y a une prédominance des matières céréalières environ 72%, de l'amidon 51,5% (PNNS, 2007): ils contiennent une bonne teneur en protéines et en fibres. Les biscuits secs se distinguent des autres produits céréaliers par leur faible teneur en eau : 1 à 5% contre 15 à 30% pour les gâteaux et 35 à 40% pour les pains (Lamia, 2006 ; Kaboré, 2012). Du fait de leur teneur faible en eau, les biscuits secs ont une densité énergétique élevée. La teneur en lipides des biscuits secs est estimée à 12% (PNNS, 2007).

Tableau 2: Composition nutritionnelle pour 100g de biscuits secs

Éléments Nutritionnels	Glucides simples	Matières grasses	Protéines	Fibres	Humidité	Energie en Kcal
Teneur (en g/100g)	22,5	12,0	8,0	3,0	2,0	435

Source : PNNS, (2007)

II.4- Conservation

II.4.1- Composantes de la qualité

D'après la loi 011-2007/AN, la qualité est l'aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques à satisfaire des exigences. Encore l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'une entité qui lui confère l'aptitude à satisfaire les besoins des utilisateurs Normes (NF- 50-109). On a plusieurs composantes de la qualité alimentaire : hygiénique, nutritionnelle, organoleptique et d'usage. C'est à travers ces composantes que l'on peut juger de la qualité d'un produit alimentaire. La qualité d'un produit se dégrade au cours du temps d'où l'importance de la mention des dates d'expiration sur les étiquettes des produits alimentaires. On ne devrait généralement pas utiliser un produit après sa date d'expiration et se rappeler que, malgré une date d'expiration encore éloignée, un produit peut même ne plus être adéquat, s'il a été conservé dans de mauvaises conditions. Les critères généraux de la qualité d'un biscuit sont tels que le biscuit doit être sain, propre à la consommation humaine, exempt d'odeurs et de goûts anormaux ainsi que d'insectes vivants. Il doit également être exempt de souillures (impuretés d'origine animale, y compris les insectes morts) en quantité susceptibles de présenter un risque pour la santé humaine (Sankara, 2013).

II.4.2- Problématique de la conservation des biscuits

II.4.2.1- Dégradation de la qualité au cours du stockage

Les biscuits stockés sont souvent sujets à plusieurs types d'altérations qui entraînent la perte de la qualité nutritionnelle, organoleptique et technologique. La qualité nutritionnelle est l'aptitude d'un aliment à nourrir, c'est-à-dire à apporter de l'énergie et les nutriments en quantité et en qualité satisfaisantes. Elle peut être déterminée par les analyses au laboratoire sur la teneur en sucres, en protéines, et la teneur en lipides. Ces constituants sont sujets à des réactions chimiques ou à des réactions d'altérations microbiennes entraînant ainsi la diminution de la qualité nutritionnelle. La qualité organoleptique est appréciée à l'aide des organes de sens tels

que la vue, l'odorat, le toucher, le goût, l'ouïe. Les changements de couleur et l'apparition d'odeur nauséabonde peuvent survenir au cours de l'entreposage. La qualité organoleptique d'un aliment est conditionnée par sa qualité nutritionnelle et microbiologique.

II.4.2.2-Altération et facteurs d'altérations des biscuits

II.4.2.2.1-Facteurs d'altérations

Les denrées alimentaires peuvent subir des réactions de dégradation diverses durant toutes les étapes impliquées dans leur production à partir du champ jusqu'au consommateur. Ces dégradations, qui sont de nature physique, chimique, enzymatique et/ou microbiologique, dépendent de plusieurs facteurs tels que : la nature et l'état de l'aliment, frais ou transformé : les conditions de récolte, de manutention, de transformation, de conditionnement, de stockage et de commercialisation de l'aliment.

II.4.2.2.2- Altérations microbiologiques des biscuits

Elles se rapportent aux dommages sur les biscuits provoqués par les micro-organismes tels que les bactéries, les champignons et les levures. Les micro-organismes peuvent se développer dans pratiquement toutes sortes de produits alimentaires. Leur croissance dépend du type d'aliment, du genre de micro-organismes, de la température, de la teneur en eau du produit, et d'autres facteurs. Comme les micro-organismes sont partout autour de nous, il y a toujours un risque de détérioration microbienne. Les produits secs tels que les biscuits n'ont pas assez d'humidité pour la croissance bactérienne. L'altération de ces produits est habituellement provoquée par des levures et moisissures tels que les *Rhizopus*, *Aspergillus* et divers *Penicillium*. Les effets des microorganismes sur les aliments sont de deux types :

- altération des aliments : Les microorganismes dégradent les aliments. Ils altèrent le goût, l'odeur, l'aspect, en somme la qualité marchande du produit. Il faut donc éliminer tout aliment rance, d'odeur ou d'aspect suspect,
- les maladies alimentaires. Des microorganismes dits pathogènes peuvent se développer dans les aliments et être à l'origine de deux types de maladies d'origine alimentaire : Les TIA : Toxi Infection Alimentaires ou « intoxication » et les MIA : Maladies Infection Alimentaires.

II.4.2.2.3-Altération physico chimique des biscuits

Ce sont essentiellement les réactions de métabolismes des sucres, des protéines et des lipides qui sont des constituants des biscuits. Ces réactions entraînent l'épuisement des réserves nutritives. Les différentes réactions physico – chimiques mises en jeu dans le biscuit sont :

- la réaction de caramélisation ;
- l'auto oxydation et la photo-oxydation des lipides et des vitamines ;
- la réaction de Maillard.

Durant le processus de cuisson, la température atteint des valeurs supérieures à 100°C provoquant ainsi la dégradation des glucides intrinsèques, l'amidon, saccharose ou sucres simples par caramélisation (Hodge, 1953; Hamed, 1994; Kroh, 1994; Claude *et al.* 2006), mais aussi l'oxydation des matières grasses (Hamed., 1994; Davis *et al.* 1995). En même temps, les protéines réagissent avec ces produits de dégradation : composés carbonylés issus de la dégradation des sucres et lipides oxydés (hydro peroxydes ou/et aldéhydes) selon la réaction de Maillard (Hodge, 1953; Henrik *et al.* 1985; Fallico *et al.* 2003). Ces trois réactions interagissent donc dans la matrice biscuitière. Chacune de ces réactions dépend de la température, de la teneur et de l'activité de l'eau et du pH, des paramètres conditionnés par la cuisson. Ces réactions sont responsables du développement de la couleur, de la texture et des saveurs des biscuits, mais elles entraînent également une diminution de la valeur nutritionnelle des biscuits en bloquant et/ou en détruisant les acides aminés et acides gras essentiels. Elles génèrent de plus des molécules indésirables responsables de l'odeur de rance, synonyme de mauvaise qualité des aliments (Faridi, 1994), (www.azaquar.com). Récemment, il est apparu la nécessité de maîtriser ces réactions qui conduisent également à la formation de produits bioactifs comme l'acrylamide, dangereux pour la santé. Toutes ces réactions se poursuivent également au cours du stockage des biscuits et sont accélérées lorsque les conditions de conservation sont mauvaises (augmentation de la température, forte intensité lumineuse) ; d'où la nécessité de stocker les biscuits dans des endroits secs et frais et à l'abri de la lumière et des insectes.

CHAPITRE II : MATÉRIELS ET MÉTHODES

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

I.1-Création du Département Technologie Alimentaire (DTA)

Situé au quartier 1200 logements de Ouagadougou, le Département Technologie Alimentaire (DTA) a été créé en 1997 sur la base des acquis du Laboratoire de Biochimie et Technologie Alimentaire (LBTA) mis en place en 1991 par le Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (CNRST). La mise en place du DTA a été suivie en 2000 par la création d'un laboratoire de recherches et d'analyses à Bobo-Dioulasso. Depuis sa création, le DTA s'est fixé pour objectif d'apporter de la valeur ajoutée aux produits agricoles, animaux et forestiers en vue de diversifier et d'accroître la consommation et l'exportation.

I.2-Missions et objectifs du DTA

La mission principale du DTA est d'apporter de la valeur ajoutée aux produits alimentaires d'origine agricole, animale et forestière en vue de diversifier et d'accroître leur consommation et leur exportation. L'atteinte de cette mission passe par : la recherche-développement dans le domaine agro-alimentaire avec les partenaires nationaux et internationaux.

Les objectifs spécifiques du DTA sont :

- L'étude et l'amélioration des procédés de traitements post-récolte,
- La transformation, la conservation, le conditionnement/emballage des produits alimentaires ;
- L'amélioration et la diversification des denrées alimentaires à base des produits locaux ;
- La caractérisation et l'amélioration des valeurs nutritionnelles, les qualités hygiéniques et organoleptiques des produits alimentaires ;
- L'adaptation et le développement des systèmes d'assurance de la qualité dans les entreprises agroalimentaires ;
- La contribution à l'étude et l'adaptation des équipements de transformation des produits en tenant compte de l'environnement socio-économique des entreprises agroalimentaires et du marché ;
- La meilleure connaissance des marchés et leur évolution.

I. 3-Activités du DTA

Pour atteindre ses objectifs, le Département Technologie Alimentaire (DTA) conduit des activités de Recherche-Développement dans le domaine des procédés post-récolte, de

transformation, de conservation/stockage et de conditionnement/emballage des produits alimentaires, des études de consommation, de la formulation et l'amélioration de la valeur nutritive et sanitaire des aliments dans le but de les valoriser. Les programmes de recherche sont axés sur les produits suivants :

- Céréales : riz, mil, maïs, sorgho, fonio ;
- Oléagineux/ Protéagineux : sésame, beurre de karité, coton, arachide ;
- Fruits et légumes : bissap, mangue, tamarin, pain de singe ;
- Racines et tubercules : manioc, igname, patate douce, souchet ;
- Gomme arabique ;
- Lait et produits laitiers ;
- Viandes et produits halieutiques.

L'objectif est d'apporter de la valeur ajoutée aux produits agricoles, animaux et forestiers en vue de diversifier et d'accroître la consommation et l'exportation. En plus de ses activités de recherche, le DTA effectue :

- l'analyse et le contrôle-qualité des produits agroalimentaires ;
- la formation/encadrement des étudiants, des techniciens et cadres ;
- accompagnement des entreprises agroalimentaires ;
- appui/conseil ;
- transfert de technologies et de compétences ;
- promotion des équipements et des procédés ;
- promotion des produits locaux.

I.4- Organisation du département technologie alimentaires.

Le DTA dispose de trois (03) laboratoires et un (01) atelier pilote agroalimentaire.

- Le laboratoire de microbiologie comportant quatre salles :
 - La salle de lavage où se font le nettoyage du matériel usé et le lavage des mains ;
 - La salle de préparation où les milieux de culture subissent certains traitements préliminaires (pesées, ajustement du pH) avant d'être utilisés pour les analyses ;
 - La salle de stérilisation où se fait la stérilisation des milieux de culture, des diluants et du petit matériel de laboratoire ;

- La salle d'inoculation où les milieux de culture et les diluants stérilisés sont transférés et refroidis au bain-marie avant l'inoculation.

- Le laboratoire de physico-chimie qui comprend quatre salles :

- La salle de broyage ;
- La salle de préparation des échantillons et d'analyses ;
- La salle de minéralisation ;
- La salle de chromatographie.

- Le laboratoire d'analyse sensorielle qui comprend trois salles

- Une salle de préparation des échantillons ;
- Une salle de jury ;
- Une salle de dégustation comportant huit box isolés.

- L'atelier pilote agro-alimentaire

Il comprend les équipements et du matériel servant à la production, à la transformation, au conditionnement et à l'atomisation des produits alimentaires. C'est un dispositif conçu et adapté pour les essais de formulation de nouveaux produits, des prestations de services et l'accompagnement des entreprises.

II. MATERIELS

II.1-Matériels végétal et ingrédients utilisés

Les matériels végétaux et les ingrédients utilisés sont :

- ✓ La farine de sorgho a été produite au sein de l'atelier du Département Technologie Alimentaire (DTA). la farine de sorgho reste la matière première principale de ce produit. Elle constitue un élément clé de la qualité des produits de biscuiterie.
- ✓ Le sucre blanc cristallisé provient d'une alimentation de la ville de Ouagadougou. Il contribue à la formation du goût, des arômes, de la texture, de la coloration et à la conservation des biscuits, apporte de l'énergie.
- ✓ La matière grasse (margarine) provient d'une alimentation de la ville de Ouagadougou. Elle améliore la qualité organoleptique et nutritionnelle (énergie)
- ✓ Le lait entier en poudre provient d'une alimentation de la ville de Ouagadougou. Le lait donne une couleur et une saveur à la pâte, tout en améliorant sa texture.
- ✓ La poudre de gomme arabique atomisée a été fabriquée au sein de l'atelier du Département Technologie Alimentaire (DTA). La gomme arabique est très recherchée pour ses propriétés adhésives en tant agent de texture (stabilisant, épaississant, liant etc).
- ✓ Les œufs proviennent d'une alimentation de la ville de Ouagadougou. Les œufs apportent de la légèreté et du moussant aux recettes, améliorent la qualité nutritionnelle et organoleptique
- ✓ La levure chimique provient d'une alimentation de la ville de Ouagadougou. Elle est utilisée pour faire lever les pâtes biscuitières
- ✓ Le sucre vanillé provient d'une alimentation de la ville de Ouagadougou. Il permet d'aromatiser les pâtes
- ✓ Le sel provient d'une alimentation de la ville de Ouagadougou. Il améliore la plasticité de la pâte et saveur.
- ✓ L'eau distillée produite au laboratoire du DTA. Elle est utilisée pour ramollir les pâtes de certaines formulations afin de faciliter leur laminage et découpage
- ✓ La spiruline provient de la ferme de production de Loumbila. Elle est riche en certains micronutriments essentiels tels que le fer, la vitamine A, le zinc ou la vitamine C.
- ✓ La poudre de feuilles de moringa a été achetée auprès de l'association des producteurs de la Sissili pour l'éco-gestion des ressources naturelles (APSERN). Elle est riche en

certaines micronutriments essentiels tels que le fer, la vitamine A, le zinc ou la vitamine C.

II.2-Matériel de production et d'analyses

Le matériel de production des biscuits était composé :

- ✓ de petits matériels de cuisine (cuvette, cuillère, bol...);
- ✓ d'une balance numérique (ohaus);
- ✓ d'un pétrin mélangeur électrique;
- ✓ de planches à découper;
- ✓ de rouleaux pâtisseries;
- ✓ d'emportes pièces;
- ✓ de four à gaz de fabrication artisanale;
- ✓ d'un thermomètre;
- ✓ d'emballages en sachet polyéthylène et en aluminium;
- ✓ d'un bac en plastique

II.3- Matériels d'analyses

II.3.1- Matériels d'analyses microbiologiques

Nous avons utilisé comme matériels en laboratoire de microbiologie :

- ✓ une balance analytique Ohaus portée;
- ✓ un pH-mètre Consort;
- ✓ une autoclave lequeux;
- ✓ une étuve Sélecta de $80^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$;
- ✓ des étuves d'incubation Binder de 30, 37 et de 44°C ;
- ✓ un bain-marie, réglable entre 44 et 47°C ;
- ✓ un stomacher OSI;
- ✓ un agitateur Vortex;
- ✓ de la verrerie et autres petits matériels: boîtes de pétri, micropipettes, tubes à essai,

flacons.

II.3.2-Matériels d'analyses sensorielles

Le matériel utilisé se compose comme suit :

- ✓ petits matériels et équipements de cuisine : plateaux, bols, verres;
- ✓ fiches d'évaluation sensorielle.

II.3.3- Matériels d'analyses physico-chimiques

Comme matériels pour les analyses physicochimiques nous avons utilisé :

- ✓ de la verrerie et autres petits matériels : creusets, nacelles, tubes de minéralisation, tubes de centrifugation ;
- ✓ une balance analytique Ohaus de portée 300g ;
- ✓ une étuve Memmert ;
- ✓ un extracteur de type soxhlet Vapodest 20 ;
- ✓ un évaporateur rotatif (rotavapor) ;
- ✓ un bloc de minéralisation ;
- ✓ un titrex ;
- ✓ un distillateur Gerhardt;
- ✓ un four Nabertherm ;
- ✓ un dessiccateur ;
- ✓ un minéralisateur Gerhardt ;
- ✓ un spectrophotomètre ;
- ✓ une centrifugeuse de capacité 210g.

III. METHIODES

III.1-Production de farine

La transformation des grains de sorgho en farine a été effectuée à la technopole du DTA. Les grains ont été débarrassés de leurs impuretés, décortiqués à l'aide d'un décortiqueur, vannés, lavés et épierrés, essorés dans un panier. Après essorage, les grains décortiqués ont été séchés à l'aide d'un séchoir à gaz de type ATTESTA à 60°C et soumis à une mouture à l'aide d'un moulin à marteaux de marque Métro. La farine obtenue a été séchée pendant au moins 5h à température ambiante et ensuite conditionnée dans des sachets plastiques bien scellés et conservés dans des fûts plastiques jusqu'à leur utilisation. Pour la fabrication des biscuits, les farines ont été calibrées par tamisage avec un tamis de maille 200µm pour avoir une farine de granulométrie très fine.

III.2-Production des biscuits

III.2.1-Formulations

Les biscuits de sorgho nature, enrichis au moringa ou à la spiruline ont été fabriqués selon les procédés mis au point par le DTA (Figure1). Pour chaque type de biscuit, trois productions indépendantes ont été réalisées.

Tableau 3: Formulations pour la fabrication des biscuits

Nature des biscuits Ingrédients (%)	Biscuits de sorgho nature	Biscuits de sorgho enrichis au moringa	Biscuits de sorgho enrichis à la spiruline
Farine	52,9	42,9	48,9
Margarine	20	20	20
Sucre en poudre	11	11	11
Œuf	7,3	7,3	7,3
Gomme arabique	4	4	4
Lait en poudre	1,7	1,7	1,7
Levure chimique	1,7	1,7	1,7
Sucre vanille	1,3	1,3	1,3
Sel en poudre	0,1	0,1	0,1
Moringa	0	10	0
Spiruline	0	0	4
TOTAL (pate)	100	100	100
TOTAL (biscuits)	80	80	80

Source : Gorga, (2013)

III.2.2- Procédé de fabrication des biscuits

La production des biscuits a été effectuée au sein de l'atelier du DTA. Avant la production des biscuits, nous avons procédé au nettoyage de la salle de production et du matériel de production.

III.2.2.1- Préparation de la pâte

Cela a consisté en un pré-mélange de la farine de sorgho avec le lait en poudre, la levure chimique, la gomme arabique pour les biscuits nature, la spiruline pour les biscuits enrichis à la spiruline ou la poudre de moringa pour les biscuits enrichis au moringa. Pour une meilleure fonte, le sucre en poudre, le sel et le sucre vanillé ont été mélangés avec les œufs pendant

environ 10mn. Ces étapes sont observées dans le but d'avoir des biscuits plus homogènes. Dans le pétrin, la matière grasse déjà fondue, est mixée pendant environ dix minutes. Ensuite, le mélange œuf avec le sucre en poudre, sel et le sucre vanillé est ajouté pendant 5 mn. A la fin de cette opération, la farine préparée précédemment est incorporée en pluie dans la mixture du pétrin. Le pétrissage s'effectue pendant 25 mn et on obtient une pâte qui doit être bien prise et tendre. Cette pâte est retirée du pétrin et étalée sur la table de découpe à l'aide du rouleau à pâtisserie puis mise en forme avec des emportes pièces pour donner des pâtons de biscuit.

III.2.2.2- Cuisson des pâtons

Les pâtons disposés sur des plateaux sont placés pour la cuisson à 140-150°C dans un four préchauffé à 160 -170°C, pendant 20-30 mn en fonction de l'épaisseur des pâtons. A la sortie du four, les biscuits sont refroidis à température ambiante dans la salle de production avant d'être emballés. Pour chaque formule, une quantité de biscuit d'environ 20kg a été obtenue.

III.2.2.3- Conditionnement et stockage

A l'aide de gants et cache-nez, les biscuits après refroidissement (environ 1heure à 1heure 30 mn après la sortie du four), sont conditionnés dans deux types d'emballages à savoir : des emballages en plastique (polypropylène,) et des emballages en aluminium. Un total de 80 emballages dont 40 emballages plastiques et 40 emballages aluminium contenant chacun 35 biscuits de poids moyen 250g. Pour la conservation, les biscuits emballés ont été rangés dans des bacs puis déposés dans la salle de produits finis de l'atelier du DTA. L'étagère sur laquelle ont été disposés les bacs a été préalablement nettoyée et la salle a été fumigée pour la destruction d'éventuels nuisibles. La figure 1 et photo (5à14) résumant les différentes étapes de production des biscuits.

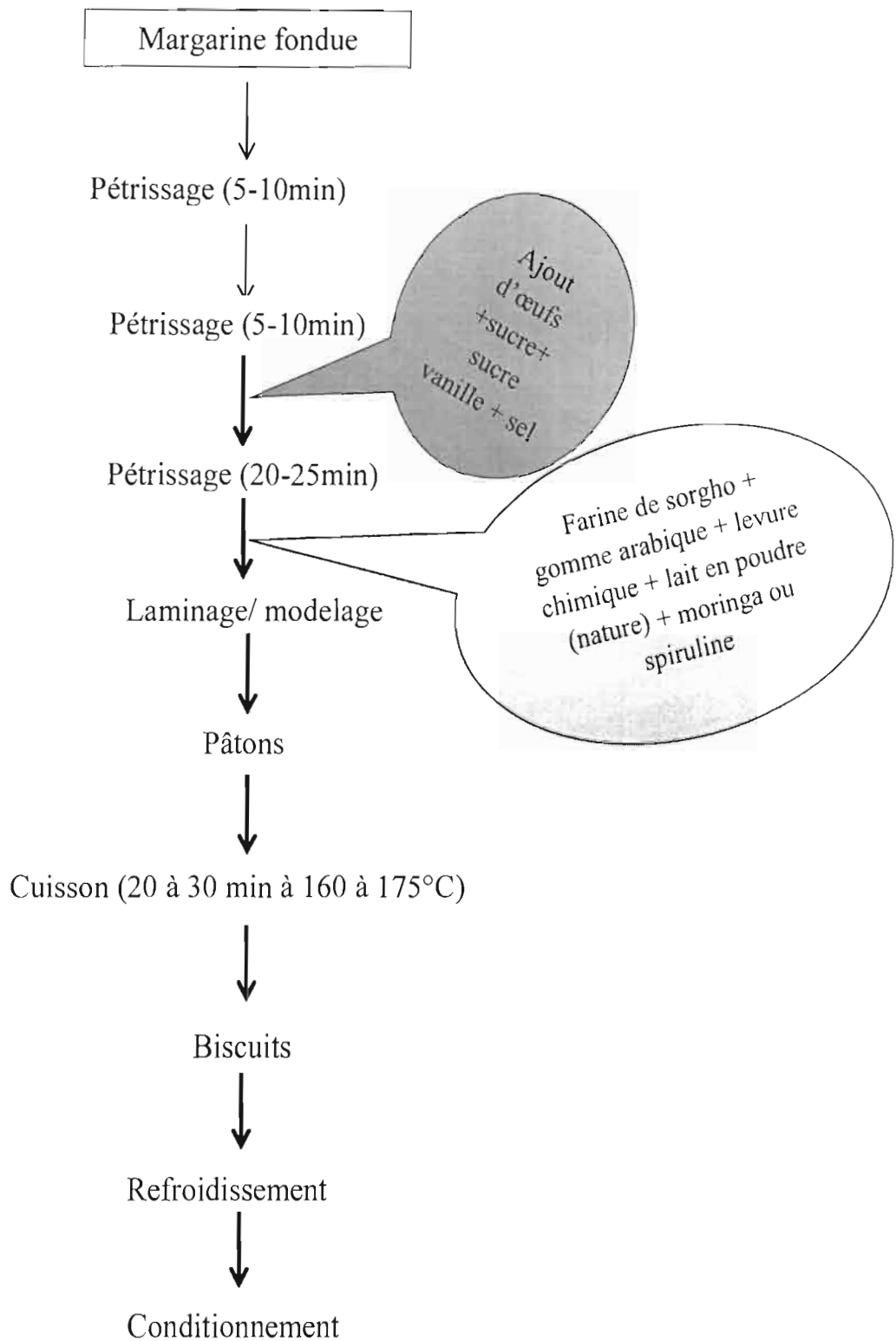


Figure 1: Diagramme de fabrication des biscuits de sorgho (Source : Gorga, 2013)



Photo 5 : Pétrin mélangeur



Photo 6 : Laminage de la pate



Photo 7 : Modelage de la pate



Photo 8 : Pâtons modelés prêts à être mis au four



Photo 9 : Cuisson des pâtons



Photo 10 : Biscuits de sorgho nature



Photo 11 : biscuits de sorgho enrichis à la spiruline



Photo 12 : Biscuits de sorgho enrichis au moringa



Photo 13 : Biscuits conditionné dans un emballage en aluminium



Photo 14 : Biscuits conditionné dans un emballage en plastique

III.3- Méthodes d'analyse

III.3.1-Echantillonnage et fréquences des prélèvements

Pour suivre l'évolution de la qualité microbiologique, et l'évolution des paramètres physico-chimiques et organoleptiques des trois types de biscuits, des analyses ont été réalisées en début de conservation (tout juste à la fin de la production), puis ensuite à intervalle d'un mois pendant trois mois et enfin chaque trois mois pour les analyses microbiologiques et physico-chimiques pendant la durée de temps et un intervalle de chaque trois mois pour les analyses sensorielles

« Effets des emballages sur la qualité microbiologique, physico-chimique et sensorielle des biscuits de sorgho enrichis durant la

pendant six mois de conservation. Les codes des échantillons et des prélèvements sont donnés dans le tableau (7) en annexe.

III.3.3-Méthodes d'analyses physico-chimiques

III.3.3.1-Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau des échantillons de biscuits a été déterminée par dessiccation jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Cette méthode consiste à peser l'échantillon avant et après passage à l'étuve à une température de $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ selon la norme (NF V03-707, juillet 2000). Pour ce faire, 5 g de chaque échantillon (PE) sont pesés dans une nacelle qui a été préalablement lavée, séchée et pesée (P_v). Les nacelles sont placées à l'étuve à 105°C durant une nuit. Elles ont ensuite été retirées de l'étuve et placées dans un dessiccateur pour refroidissement pendant environ 30min, puis elles sont repesées (P_f). L'essai est réalisé en double. Le taux d'humidité est obtenu par la formule suivante :

$$\%H = \frac{PE - (P_f - P_v)}{PE} \times 100$$

Avec %H : teneur en eau ; PE : prise d'essai ; P_v : poids à vide des nacelles ; P_f : poids final

III.3.3.2-Détermination du taux d'acidité grasse

L'acidité grasse des échantillons de biscuits a été déterminée selon la norme française NF ISO 7305, Novembre 1998. Elle s'exprime en g d' H_2SO_4 pour 100g de produit. L'opération consiste à peser directement 5g d'échantillon dans un tube de centrifugeuse. On y ajoute 30 ml d'éthanol à 95% puis à l'aide de l'agitateur on agite les tubes pendant une heure. Les tubes sont ensuite placés dans la centrifugeuse pendant 5mn à 3500tr/mn. 20ml du surnageant sont prélevés dans un bécher puis on y ajoute 6 gouttes de phénolphtaléine (12 gouttes pour les produits sombres : moringa et spiruline) et on titre le mélange avec une solution de NAOH à 0,1N tout en agitant jusqu'à l'obtention d'une coloration rose persistante pendant quelques secondes. Parallèlement on fait un blanc avec 20 ml d'alcool et 6 gouttes de phénolphtaléine.

Expression des résultats

$$\% \text{ Acidité grasse/MS} = \left[\frac{0,049 \times N(V_E - V_0) \times \frac{V_1}{V_2}}{PE} \times 100 \right] \times \frac{100}{100 - \%H}$$

En g de H₂, SO₄/ pour 100g

V₀ : chute de la burette pour le blanc

V₁ : 30ml ; V₂ : 20ml ; PE : prise d'essai de l'échantillon ; N: titre de NAOH (0,1N) ;

V₁/V₂ : facteur de correction ; V_E : chute de la burette pour l'échantillon.

III.3.2- Méthodes d'analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques ont consisté à rechercher et à dénombrer des micro-organismes capables d'altérer la qualité des échantillons et des microorganismes potentiellement pathogènes pour l'Homme. Elles ont été réalisées en début de conservation, puis ensuite à intervalle d'un mois pendant 3 mois. Les microorganismes recherchés dans cette étude sont :

- La flore aérobie mésophile totale ;
- Les coliformes totaux et thermo tolérants ;
- Les levures et moisissures.

III.3.2.1-Préparation des milieux de culture

- ❖ milieu de culture Plate Count Agar (PCA)

Le PCA est un milieu solide utilisé pour le dénombrement de la flore totale. Ce milieu a été préparé selon la norme NF EN ISO 4833 (2003) : 23,5 g de milieu PCA déshydraté sont dissous dans 1l d'eau distillée puis chauffé au bain marie bouillant jusqu'à la dissolution complète. Le pH de la solution obtenue est ajusté à 7,0 ± 0,2 à 25°C. Le milieu est distribué dans les flacons de 500 ml puis stérilisé à 121°C pendant 15 minutes. Après autoclavage le milieu est refroidi dans un bain marie à 45°C, ensuite coulé dans des boîtes de pétri stérile à raison de 20 ml.

- ❖ Gélose Sabouraud

Elle est utilisée pour la recherche et la numération des levures et moisissures. La gélose Sabouraud a été préparée selon la norme NF ISO 7954 (1988) : 22,75 g de sabouraud ont été introduits dans un flacon contenant 500 ml d'eau distillée puis chauffés au bain marie bouillant

jusqu'à dissolution complète. Dès lors, le pH est ajusté à $5,7 \pm 0,2$ et le mélange stérilisé à 121°C pendant 15 minutes. Un antibiotique (la gentamicine 160 mg par litre de solution) est ajouté à la solution qui est maintenue liquide à 45°C dans un bain marie.

❖ gélose lactosée biliée au violet de gentiane et rouge neutre (V.R.B.L.)

C'est un milieu de culture utilisé pour la recherche et la détection des coliformes. Le milieu de culture VRBL, a été préparé suivant la Norme Internationale ISO 4832 (2006): 41,1g de milieu déshydraté sont dissous dans 1 L d'eau distillée stérile. La solution est homogénéisée et portée à ébullition. Ensuite le pH est ajusté à $7,4 \pm 0,2$. Le milieu préparé est gardé dans un bain mairic à 45°C .

III.3.2.2- Préparation du diluant

Le diluant assure la survie des microorganismes. Il est utilisé pour la préparation des suspensions mères et des dilutions/ensemencements. Le diluant se prépare comme suit : 9,5 g de la poudre (eau peptonée tamponnée) sont dissous dans 1L d'eau distillée, puis agité jusqu'à dissolution complète. Le pH de la solution est mesuré et ajusté éventuellement à $7,0 \pm 0,2$. La solution est répartie dans les tubes à essai (9ml/tube) à l'aide d'une dispensette pour les dilutions décimales, et dans les flacons (90 ml/flacon) pour la préparation des solutions mères. Les tubes et les flacons sont stérilisés à l'autoclave à 121°C pendant 15 mn. Ensuite ils sont refroidis à la température ambiante, avant utilisation.

III.3.2.3- Préparation des suspensions mères et des dilutions décimales

La suspension mère a été préparée en pesant 10 g d'échantillon dans un sachet stérile dans lequel on ajoute 90 ml de diluant stérile. L'ensemble est homogénéisé avec un broyeur du type stomacher pendant 2 minutes, la solution ainsi obtenue constitue la dilution 10^{-1} . A partir de cette suspension mère, une série de dilutions décimales est réalisée : 1 ml de la solution est prélevé à l'aide d'une micropipette et introduit dans un tube à essai contenant 9 ml de diluant (eau peptonée stérile), on obtient ainsi la dilution 10^{-2} . 1 ml de cette solution est ensuite prélevé et introduit dans un autre tube contenant 9ml de diluant, cette solution constitue la dilution 10^{-3} . On procède ainsi de suite jusqu'à l'obtention de toutes les dilutions désirées.

III.3.2.4- Ensemencement

La méthode utilisée est l'ensemencement en profondeur. Chaque dilution est homogénéisée par agitation au vortex, puis 1 ml est prélevé et introduit dans une boîte de Pétri stérile préalablement étiquetée (date, nom du milieu, code de l'échantillon et dilution), et on ajoute

environ 20 ml de milieu de culture maintenu en surfusion au bain marie (45°C). Les boîtes de Pétri ainsiensemencées sont homogénéisées et laisser à solidifier à température ambiante. Parallèlement une boîte témoin est constituée avec 15ml de gélose pour chaque milieu de culture utilisée. Toute la manipulation a été effectuée autour d'une flamme et sur une paillasse préalablement bien nettoyée à l'alcool 65% afin d'éviter toute contamination. Une double couche est réalisée dans le cas du dénombrement des coliformes thermo-tolérants et totaux avec la gélose lactosée biliée et au rouge neutre (VRBL). Ensuite elles sont incubées à l'étuve.

III.3.2.5-Incubation et dénombrement des colonies

L'incubation se fait en plaçant les boîtes de pétri renversées dans l'étuve pour éviter que la buée produite n'inonde la surface du milieu de culture solidifié et empêcher le développement des colonies. Pour le dénombrement, les boîtes de pétri sont orientées en direction de la lumière pour une meilleure vue des colonies. Avec un marqueur, les colonies sont alors pointées et comptées. Les mêmes opérations sont reprises jusqu'à la date limite d'incubation du milieu concerné

✓ flore totale

La numération de la flore totale a été effectuée selon la norme NF EN ISO 4833 (2003). Les boîtes ont été incubées à l'étuve à 30°C pendant 72 h±3h. Les colonies ont été comptées après chaque 24h et le total calculé au bout de la période d'incubation.

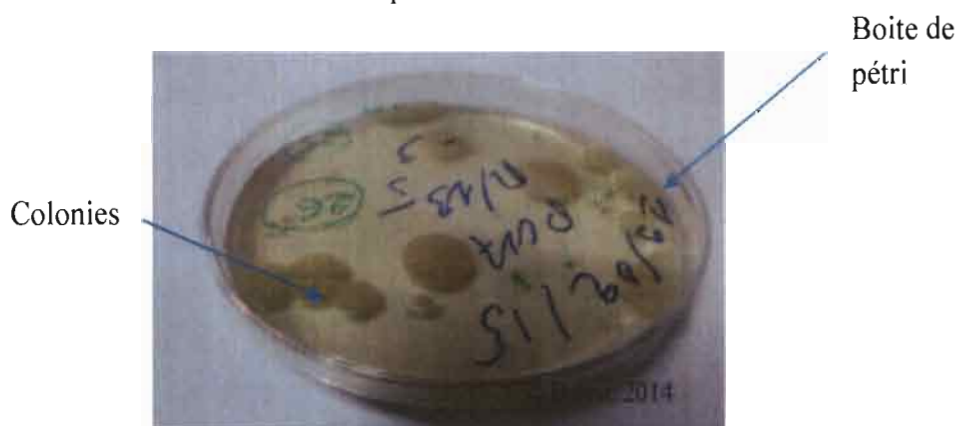


Photo 15 : Boite de Pétri PCA contenant des colonies

✓ coliformes totaux et thermotolérants

Les coliformes ont été dénombrés selon la Norme Internationale ISO 4832 (2006) pour les totaux et la norme française V08-060 (Juillet 2010) pour les thermo tolérants. Les boîtes ont été

incubées à l'étuve à 37 °C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes thermo tolérants pendant 24 h ± 2 h. Les colonies ont été comptées après la période d'incubation.

✓ levures et moisissures

La norme NF ISO 7954 (Aout 1988) a été utilisée pour le dénombrement des levures et moisissures. Les boîtes ont été incubées à 25°C à l'étuve pendant 5 jours et les colonies ont été comptées après chaque 24h. Au bout de la durée d'incubation le nombre total de colonies a été calculé.

III.3.2.6-Expression des résultats (en UFC/g)

Les boîtes contenant entre 15 et 300 colonies sont retenues pour le calcul du nombre de micro-organismes présents dans l'échantillon. Le calcul a été fait en utilisant les colonies de deux dilutions successives. Le nombre de microorganismes est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$N = \frac{\Sigma C}{(n1 + 0,1 \times n2) \times d \times V}$$

N = Nombre total de micro-organismes par gramme de produit en (UFC/g) exprimé par un nombre compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par 10^x (où x est la puissance appropriée de 10).

Σ C = sommes des colonies comptées sur toutes les boîtes de Pétri

n1 = nombre de boîtes de la plus faible dilution

n2 = nombre de boîtes de la seconde dilution

V = volume de l'inoculum

d = taux de dilution la plus faible

Dans les cas où il n'y a aucune colonie sur les boîtes au niveau de la suspension mère, on exprime les résultats comme suit :

$$N = \text{moins de } 10\text{UFC/g d'échantillon}$$

III.3.4-Méthodes d'analyses sensorielles

Le but de l'analyse sensorielle était de déterminer l'acceptabilité des biscuits obtenus des différentes formulations élaborées avec les ingrédients pour leur richesse en micronutriments. L'analyse sensorielle a concerné les trois types de biscuits et a consisté essentiellement au choix du panel, au codage des échantillons, à l'établissement des fiches d'analyse sensorielle et à la répartition des échantillons au panel pour dégustation. Pour ce faire, un test discriminant a été effectué pour contrôler la qualité organoleptique des biscuits (aspect, couleur, goût, texture, arôme, appréciation globale etc.)

III.3.4.1-Choix du panel de dégustation

Le choix du panel est fonction du type d'épreuve et a été fait en fonction de la disponibilité de chacun afin de garder une équipe plus homogène de dégustateurs pour un bon suivi du produit. De ce fait : Le test discriminant a nécessité un panel de vingt-quatre (24) dégustateurs composé d'hommes et de femmes de plus de 15 ans.

III.3.4.2- Codage des échantillons

Les échantillons ont été étiquetés à l'aide de codes à 3 chiffres. Ces codes ont été choisis de façon aléatoire de sorte à éviter leur répétition.

III.3.4.3-Préparation des échantillons

Les échantillons qui ont fait l'objet des différentes épreuves sensorielles ont été produits dans les mêmes conditions et préparés suivant la même méthode afin de limiter les modifications au sein des produits. Un paquet de chaque type de biscuits emballés est prélevé dans la salle de stockage le jour des analyses et est renversé dans un bocal codifié pour faciliter le service. Un biscuit de chaque type est mis dans une tasse en verre codifié et placé sur un plateau par combinaison.

III.3.4.4-Conduite des tests de dégustation

L'épreuve de dégustation a été menée le même jour pour chaque analyse. Le panel après avoir suivi une explication sur le mode de remplissage de la fiche a reçu une combinaison d'échantillons, un plateau contenant les trois différents échantillons de biscuits codés accompagnés d'un verre d'eau pour se rincer la bouche. Les dégustateurs ont été installés dans des isolements pour y effectuer l'analyse. Des fiches d'évaluation donnant les critères d'appréciation ont ainsi permis aux dégustateurs de procéder à l'évaluation. Les fiches sont

retirées à la fin de la dégustation et les données sont saisies et traitées. Notons que les fiches de dégustations ont été conçues en fonction des épreuves sensorielles à réaliser.

III.3.4.5- Analyses des données

Les résultats des analyses microbiologiques et des analyses physico-chimiques ont été traités à l'aide du logiciel Microsoft Excel. Les résultats sont exprimés en valeur moyenne pour deux mesures \pm l'écart type. L'analyse des données des analyses sensorielles a été faite à l'aide du logiciel SPSS suivant chaque épreuve. Les résultats du profil sensoriel, ont été interprétés en l'état, qualitativement.

CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSION

I. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES

I.1- Teneur en eau

La figure 2 montre l'évolution de l'humidité des biscuits durant les 3 mois de prélèvement.

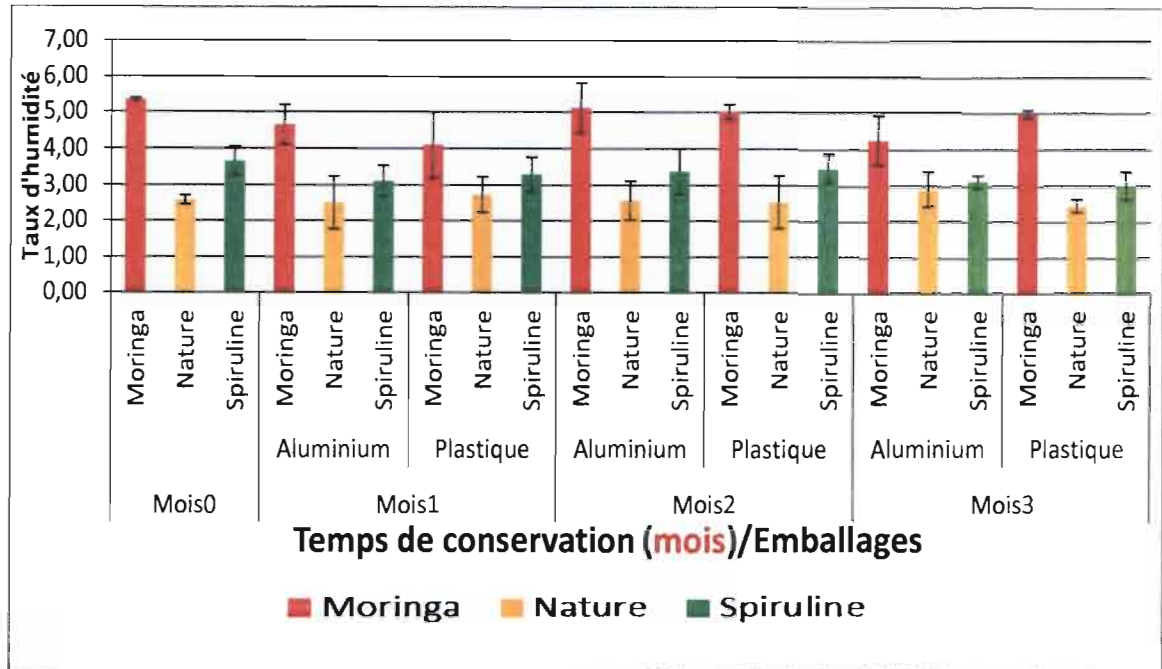


Figure 2 : Evolution de la teneur en eau des biscuits au cours du temps

Au premier prélèvement (mois 0) c'est à dire juste après la production, les teneurs en eau des différents types de biscuit se situent entre $2,58\% \pm 0,13\%$ et $5,34\% \pm 0,05\%$ soit de $2,58\% \pm 0,13\%$ pour les biscuits nature, $5,34\% \pm 0,05\%$ pour les biscuits enrichis au moringa, et de $3,66\% \pm 0,40\%$ pour les biscuits enrichis à la spiruline. Cette faible teneur en eau est due au fait que tous les biscuits ont été cuits à une température de 170°C pendant 30 minutes. Au Burkina Faso, le projet Nutrifaso de l'ONG GRET préconise une teneur maximale en eau de 8 % pour les farines locales. Les taux d'humidité des échantillons de biscuits sont en dessous de cette limite. Cependant, d'autres travaux réalisés par Zydenbos et Humphrey-Taylor en 2003 ont estimé le taux d'humidité pour une bonne conservation des biscuits à 5% maximum. Seuls les biscuits enrichis au moringa ont une teneur en eau supérieure à 5% à la fin de la production. Nous constatons une variation (hausse et baisse) des taux d'humidité au cours des trois mois de conservation. Cette variation peut être due à l'humidité relative dans la salle de stockage. Cependant on observe une diminution de l'humidité des biscuits nature par rapport aux biscuits enrichis durant les trois mois de conservation dans les conditions étudiées mais ne dépasse pas la limite. Cette diminution peut s'expliquer par le fait que les biscuits nature se conserve mieux que les biscuits enrichis. La teneur en eau des produits alimentaires influence sur le

développement des microorganismes d'altérations tels que les bactéries, les levures et les moisissures.

I.2- Acidité grasse

Les résultats des analyses de l'acidité grasse des biscuits au cours du temps sont représentés dans la figure 3

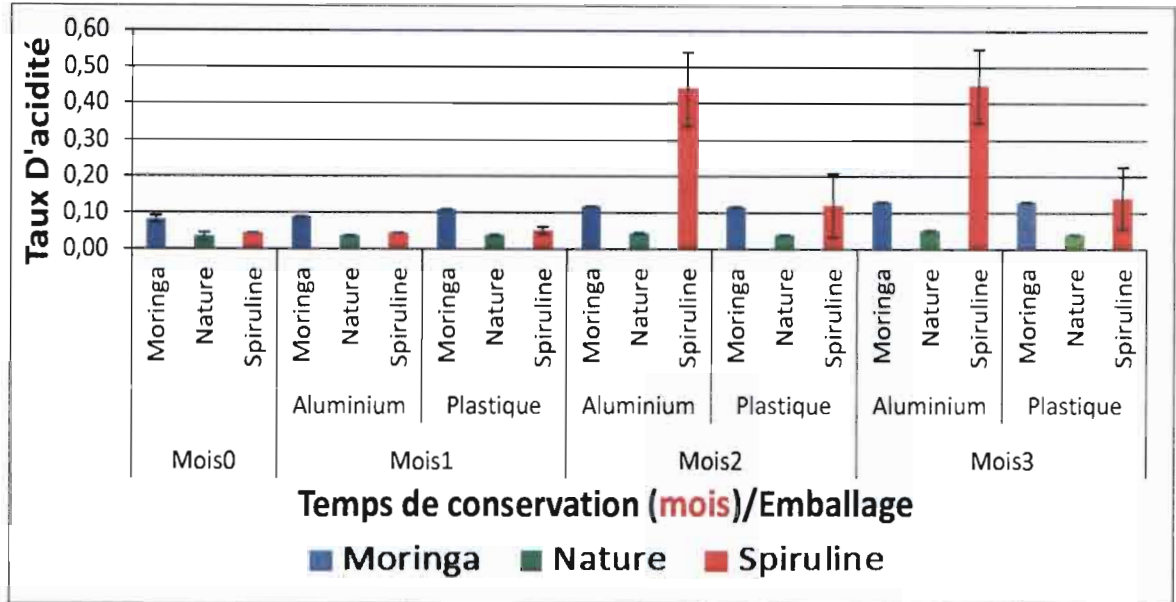


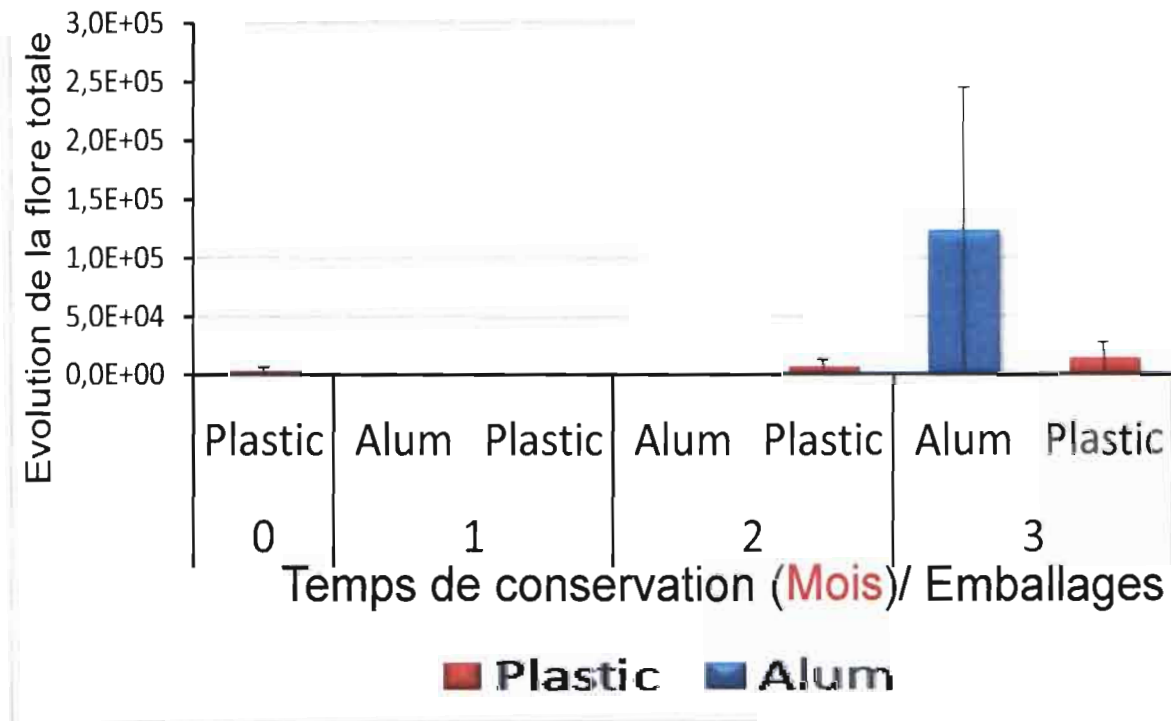
Figure 3 : Evolution de l'acidité grasse des biscuits au cours du temps

La figure 3 montre que l'acidité grasse initiale des biscuits se situe entre $0,0338 \pm 0,0039$ et $0,0896 \pm 0,0034$ g d' H_2SO_4 , plus faible dans les biscuits nature, et trois fois plus dans les biscuits enrichis au moringa. Durant les trois premiers mois de conservation, on note pour toutes les conditions de conservation et pour tous les types de biscuits, une très faible évolution de l'acidité grasse pour les biscuits nature et passe de $0,0371 \pm 0,0028$ à $0,050 \pm 0,0010$ g d' H_2SO_4 conditionné en plastique et $0,0362 \pm 0,0005$ à $0,0435 \pm 0,0007$ g d' H_2SO_4 conditionné en aluminium. Au niveau des biscuits enrichis au moringa, on constate également une faible évolution de l'acidité grasse mais moins faible que les biscuits nature et passe de $0,0719 \pm 0,0016$ à $0,1303 \pm 0,0019$ g d' H_2SO_4 conditionné en plastique et $0,1086 \pm 0,0005$ à $0,1303 \pm 0,0007$ g d' H_2SO_4 conditionné en aluminium. Cependant, avec les biscuits enrichis à la spiruline, l'acidité grasse reste constante durant le premier mois de conservation, mais après deux(02) à trois(03) mois de conservation, on observe que l'acidité grasse augmente lentement avec les emballages plastiques et passe de $0,0875 \pm 0,0124$ à $0,1313 \pm 0,0017$ g d' H_2SO_4 et plus rapidement avec les emballages en aluminium qui passe de $0,0507 \pm 0,0002$ à $0,4495 \pm 0,1231$ g d' H_2SO_4 . Cette augmentation de l'acidité grasse peut être attribuée à plus grande quantité de

lipides dans les biscuits enrichis en spiruline résulte sans doute de l'oxydation des lipides et des conditions d'entreposage telles que la température. Le faible taux de l'acidité grasse des biscuits nature au cours du temps, pourrait s'expliquer que les biscuits nature se conservent mieux par rapport aux biscuits enrichis.

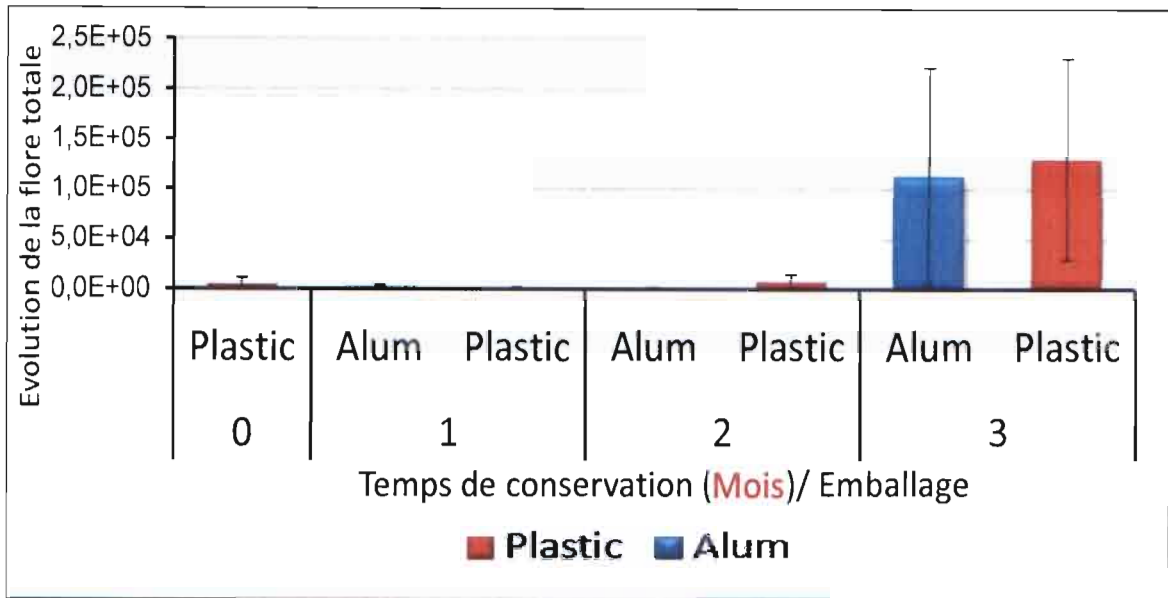
II. PROPRIETES MICROBIOLOGIQUES

Les résultats des analyses microbiologiques des échantillons de biscuits sont consignés dans la Figure 4 pour les biscuits nature, la figure 5 pour les biscuits enrichis au moringa et la Figure 6 pour les biscuits enrichis à la spiruline pour l'évolution de la flore totale et le tableau 9 pour les moisissures et levures,et coliformes totaux et thermo-tolérants



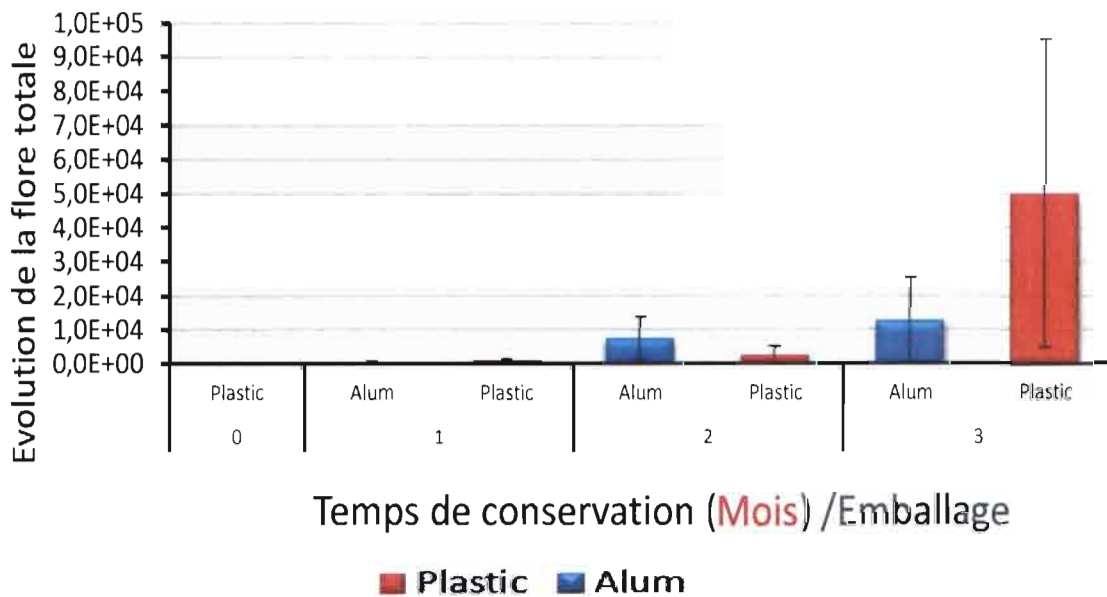
Plastic : Plastique ; Alum : aluminium

Figure 4 : Evolution de la flore totale des biscuits nature au cours du temps(UFC/g)



Plastic : Plastique ; Alum : aluminium

Figure 5 : Evolution de la flore totale des biscuits enrichis au moringa au cours du temps(UFC/g)



Plastic : Plastique ; Alum : aluminium

Figure 6 : Evolution de la flore totale des biscuits enrichis à la spiruline au cours du temps (UFC/g)

II.1-La flore totale

La charge en flore totale au temps t_0 (prélèvement effectué tout juste après la production) était de $3,4.10^3$ CFU/g $\pm 3,3.10^3$ CFU/g pour les biscuits nature, de $5,6.10^3$ CFU/g $\pm 4,7.10^3$ CFU/g pour les biscuits enrichis au Moringa et de $1,9.10^2$ CFU/g $\pm 8,3.10^1$ CFU/g pour les biscuits enrichis à la spiruline. Durant les deux premiers mois de conservation, la flore totale évolue peu pour tous les types de biscuits. En effet, avec l'emballage plastique et aluminium. Après deux mois de conservation, on observe une augmentation de la flore totale jusqu'à 10^5 pour tous les types de biscuits et pour toutes les conditions étudiées. La flore totale des biscuits nature passe de $9,4. 10^1$ CFU/g $\pm 0,6.10^1$ CFU/g à $1,4.10^4$ CFU/g $\pm 1,4.10^4$ CFU/g et $2,4.10^2$ CFU/g $\pm 1,7.10^2$ CFU /g à $1,2.10^5$ CFU /g $\pm 1,2.10^5$ CFU /g (respectivement pour le plastique et l'aluminium) .Les biscuits enrichis au moringa passe de $1,1. 10^3$ CFU/g $\pm 6,9.10^2$ CFU/g à $1,3.10^5$ CFU/g $\pm 1.10^5$ CFU/g et $3,1.10^3$ CFU/g $\pm 6,9.10^2$ CFU /g à $1,1.10^5$ CFU /g $\pm 1.10^5$ CFU /g (respectivement pour le plastique et l'aluminium) et les biscuits enrichis à la spiruline passe de $1,1.10^3$ CFU/g $\pm 4.10^3$ CFU/g à 5.10^4 CFU/g $\pm 4,5.10^4$ CFU/g et $4,4.10^2$ CFU/g $\pm 3,8.10^2$ CFU /g à $1,3.10^4$ CFU /g $\pm 1,2.10^4$ CFU /g (respectivement pour le plastique et l'aluminium). Cette variation au cours du temps pourrait s'expliquer par la variation de la température et de l'humidité au cours du stockage. En effet, plus la température de la salle de stockage augmente plus le développement des microorganismes est favorisé. En plus on constate une augmentation plus rapide avec l'emballage en aluminium et plus lente avec l'emballage en plastique au troisième mois des biscuits nature. Par contre c'est le contraire au niveau des biscuits enrichis d'où les biscuits nature se conservent mieux en emballages plastique. La charge microbienne des biscuits au cours des (03) prélèvements est à la limite de la norme de 10^5 CFU/g à 10^6 CFU/g selon les données des lignes directrices et normes pour l'interprétation des résultats analytiques en microbiologie alimentaire (2009) concernant la charge en flore totale des aliments cuits prêt à être consommées. Par ailleurs, la flore totale des biscuits s'avère être supérieure à la norme de 10^4 CFU/g fixée par le codex (Stan 1981). La flore totale élevée des biscuits pourrait s'expliquer par les conditions d'entreposage, ou une contamination lors du refroidissement. Cette étape constitue un point critique dans la

- production car il n'y a plus une étape ultérieure de décontamination, d'où la nécessité de maîtriser cette étape dans la production des biscuits, pour une meilleure conservation de ces derniers.

Tableau 4 : Coliformes et levures et moisissures

Type de produits	Emballages	Paramètres	Temps de conservation (mois)			
			0	1	2	3
Nature	Plastiques et Aluminium	Coliformes totaux et thermo-tolérants	<10	<10	<10	<10
		Levure et moisissures	<10	<10	<10	<10
Moringa	Plastiques et Aluminium	Coliformes totaux et thermo-tolérants	<10	<10	<10	<10
		Levure et moisissures	<10	<10	<10	<10
Spiruline	Plastiques et Aluminium	Coliformes totaux et thermo-tolérants	<10	<10	<10	<10
		Levure et moisissures	<10	<10	<10	<10

II.2- Coliformes thermo tolérants et totaux

Les biscuits présentent une charge en coliformes très réduite (moins de 10 UFC/g). Cela s'explique par le traitement qu'elles ont subi tel que la cuisson jusqu'à 170°C et le respect de l'hygiène corporelle. Cette charge réduite des biscuits leur confère une bonne qualité sanitaire.

II.3- Levures et moisissures

Les trois types de biscuits présentent une faible charge en levures et moisissures (moins de 10 CFU/g) et cette charge est restée constante au cours des trois(03) prélèvements. Cette faible charge microbienne (levures et moisissures) est due au traitement thermique appliqué. au respect des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication, aux emballages et aux conditions de conservation qui ne permettent pas un développement des moisissures et levures. Les valeurs obtenues respectent la norme de 10² UFC/g fixée par le Règlement CE n° 2073/2005 du 15 novembre 2005 concernant les critères microbiologiques applicables

aux denrées alimentaires. La conservation des produits alimentaires est favorisée par une charge microbienne réduite.

III. PROPRIETES SENSORIELLES

III.1-Profil sensoriel

L'appréciation de la couleur, l'arôme, la texture, le goût et la sensation de bouche des biscuits est présentée dans le tableau 10 pour les biscuits nature, dans le tableau 11 pour les biscuits enrichis au moringa et dans le tableau 12 pour les biscuits enrichis à la spiruline au cours du temps (6 mois de conservation). Il a nécessité à chaque analyse un panel de 24 personnes composé en majorité de chercheurs, techniciens et stagiaire du DTA de tous sexes et âges confondus.

Tableau 5 : Résultats des tests sensoriels des biscuits nature (%)

		T ₀	T ₃ plastique	T ₃ Aluminium	T ₆ plastique	T ₆ Aluminium
Couleur	marron clair	88,15	92,9	82,8	62,5	69,6
	autre	11,85	7,1	17,2	37,5	30,4
Arôme	très bon	47,05	34,5	24,2	0	26,1
	bon	50,85	41,4	58,6	78,3	60,9
	passable	2,1	24,1	17,2	21,7	13
Texture	tendre	22,45	48,3	41,4	33,3	25
	ni tendre ni dur	58,85	41,4	41,4	50	58,3
	dur	18,7	10,3	17,2	16,7	16,7
Goût	agréable	80,55	86,3	82,8	79,5	79,2
	ni agréable ni désagréable	19,45	10,3	17,2	20,5	12,5
	désagréable	0	3,4	0	0	8,3
	de très agréable	26	34,5	27,6	37,3	34,8
Sensation de bouche	agréable	71,85	65,5	65,5	62,7	55,2
	désagréable	2,15	0	6,9	0	10

Tableau 6 : Résultats des tests sensoriels des biscuits enrichis au moringa (%)

		T ₀	T ₃	T ₃	T ₆	T ₆
			plastique	Aluminium	plastique	Aluminium
Couleur	verte	91,85	92	96,2	83,3	87,5
	autre	8,15	8	3,8	16,7	12,5
Arôme	très bon	10,85	3,8	11,5	4,4	4,3
	bon	36,65	53,8	46,2	21,7	52,2
	passable	52,5	42,4	42,3	73,9	43,5
Texture	tendre	24,75	42,3	26,9	20,8	8,3
	ni tendre ni dur	34,75	38,5	34,6	66,7	58,4
	dur	40,5	19,2	38,5	12,5	33,3
Goût	agréable	47,75	65,4	46,2	26,1	50
	ni agréable ni désagréable	36,15	30,8	46,1	60,9	40,9
	désagréable	16,1	3,8	7,7	13	9,1
Sensation de bouche	très agréable	8,25	8	0	8,3	8,7
	agréable	61,15	68	80	50	69,6
	désagréable	30,6	24	20	41,7	21,7

Tableau 7 : Résultats des tests sensoriels des biscuits enrichis à la spiruline (%)

		T ₀	T ₃	T ₃	T ₆	T ₆
			plastique	Aluminium	plastique	Aluminium
Couleur	verte	92,85	86,7	93,3	100	90,5
	autre	7,15	13,3	6,7	0	9,5
Arôme	très bon	25,2	9,7	16,1	50	4,4
	bon	51,95	54,8	38,7	50	39,1
	passable	22,85	35,5	45,2	0	56,5
Texture	tendre	30,8	32,3	29,1	21,7	20,8
	ni tendre ni dur	41,75	51,6	41,9	69,6	54,2
	dur	27,45	16,1	29	8,7	25
Goût	agréable	75,3	56,7	58,1	47,8	47,8
	ni agréable ni désagréable	22,55	33,3	35,5	39,2	43,5
	désagréable	2,15	10	6,4	13	8,7
	de très agréable	21,45	9,7	12,9	22,7	22,8
Sensation de bouche	agréable	65,95	64,5	67,7	54,6	63,6
	désagréable	12,6	25,8	19,4	22,7	13,6

III.1.1- Couleur des biscuits

La couleur des biscuits nature après la cuisson était marron clair, celle des biscuits enrichis au moringa et à la spiruline était verte. Au cours du stockage nous avons noté une variation de la couleur des biscuits nature devenue légèrement plus terne après les trois mois. Cette évolution de la couleur peut s'expliquer par l'influence des conditions de conservation sur les biscuits (température, humidité, oxydation). Par contre ce changement de couleur n'est pas très perceptible au niveau des biscuits enrichis au moringa et à la spiruline ce qui peut être dû à l'effet du moringa et de la spiruline. La couleur des biscuits est acceptable par plus de 50% des dégustateurs.

III.1.2- Arôme des biscuits

Au cours de la première analyse sensorielle (tout juste à la fin de la production) les dégustateurs ont trouvé que les biscuits nature et les biscuits enrichis à la spiruline avaient un bon arôme.

respectivement par 50,85% et 51,95% des dégustateurs, contre 36,65% seulement pour les biscuits au moringa. La faible appréciation des biscuits au moringa pourrait être due à l'arôme caractéristique des feuilles de moringa. Au cours des analyses suivantes on constate que les avis des dégustateurs par rapport aux biscuits nature et enrichis à la spiruline n'ont pas vraiment varié par rapport à la première analyse. Par contre les dégustateurs ont trouvé que les biscuits enrichis au moringa étaient passable au cours du temps. Hormis les biscuits enrichis au moringa, les biscuits ont été trouvés bons et très bons par la majorité des panels (50% ou plus selon les mois).

III.1.3- Texture des biscuits

Concernant la texture des biscuits, en début de conservation, 40,5% du panel ont trouvé que les biscuits enrichis au moringa étaient durs et 58,85% et 41,65% ont trouvé respectivement que les biscuits nature et enrichis à la spiruline étaient ni tendre ni dur. Après 2 à 3 mois de conservation, on note une variation des avis sur la texture des biscuits. En effet, les biscuits enrichis et emballés en sachets plastiques sont passés du caractère dur au caractère ni tendre, ni dur tandis que ceux emballés avec du papier aluminium ont été trouvés dur. Cette variation pourrait s'expliquer par les variations de température et surtout par la reprise d'humidité des biscuits au cours de la conservation. En général les biscuits ont été trouvés tendre et ni tendre et ni dur par 50 % ou plus du panel selon la durée de conservation. Les caractères tendre et ni tendre ni dur des biscuits leur confèrent de bonnes caractéristiques sensorielles.

III.1.4- Goût des biscuits

Le goût des biscuits a varié au cours de la conservation. Cela pourrait s'expliquer par l'évolution des caractéristiques physico-chimiques et nutritionnelles et des conditions d'entreposage. Au cours de l'analyse sensorielle réalisée après six mois de conservation, les biscuits nature et les biscuits enrichis à la spiruline ont été caractérisés respectivement d'agréables par 81,45% et 57,14% des dégustateurs. Par contre les biscuits enrichis au moringa ont été caractérisés de ni agréable ni désagréable par une grande partie des dégustateurs (42,97 %). Cela pourrait être due au fait que les feuilles séchées de moringa ont un goût amer, ce qui influence fortement le goût des biscuits vu les proportions ajoutées pour se rapprocher des recommandations nutritionnelles du codex *alimentarius*. Nous pouvons dire que les biscuits n'ont pas subi de modifications considérables, ils présentent de bonnes caractéristiques gustatives.

III.1.5- Sensation de bouche des biscuits

La sensation en bouche juste après la dégustation des biscuits nature et des biscuits enrichis varie également de manière discontinue en fonction de la durée de conservation du biscuit. Après six mois de conservation, la majorité des dégustateurs soit environ 50%, ont trouvé que la sensation en bouche après dégustation des biscuits nature et des biscuits enrichis était agréable. Les biscuits nature et les biscuits enrichis n'ont pas subi de modifications considérables après six mois de conservation.

CONCLUSION et RECOMMANDATIONS

Notre travail qui a porté sur l'évolution des caractéristiques sanitaires, physico-chimiques et sensorielles au cours du temps des biscuits de sorgho nature et enrichis sous différents types de conditionnement, a montré non seulement que l'amélioration de la composition nutritionnelle des aliments, par l'utilisation d'ingrédients locaux pouvait être une bonne voie dans la lutte contre la malnutrition, mais aussi, nous a permis de nous familiariser davantage aux travaux d'atelier de production et de laboratoire (microbiologique, physico chimique et sensorielle) et leurs modes de fonctionnement. Il ressort de cette étude qu'au cours des trois mois de conservation, les biscuits présentaient une flore aérobie mésophile totale croissante au cours du temps pour tous les types de biscuits et les conditions étudiées. Pour les autres paramètres microbiologiques analysés (coliformes fécaux et totaux, levures et moisissures) les charges microbiennes sont restées constantes durant les trois mois de conservation. Concernant les paramètres physico chimiques, la teneur en eau des biscuits variait (augmentait ou baissait) selon les mois et l'acidité grasse augmentait au cours du temps mais plus rapidement avec les emballages en aluminium des biscuits enrichis à la spiruline. Les analyses sensorielles nous ont permis de connaître l'évolution des paramètres organoleptiques des différents types de biscuits. En effet, nous remarquons que les paramètres organoleptiques des biscuits enrichis n'ont pas considérablement variés au cours de la durée de conservation. Il ressort donc de cette étude que plusieurs facteurs peuvent influencer la qualité des biscuits tels que la qualité des ingrédients utilisés, les conditions de fabrication et les emballages utilisés. De ce fait la durée de conservation dépend de ces facteurs, d'où la nécessité de les maîtriser. Ainsi nous pouvons dire, selon nos conditions d'entreposage, et vu la charge en flore totale des biscuits au troisième mois de prélèvement, que les biscuits ne présentent plus des caractéristiques sanitaires satisfaisantes. Pour améliorer la qualité des biscuits nous proposons :

Appliquer les bonnes pratiques d'hygiène, de fabrication, de refroidissements, de conservation et d'autres types d'emballages appropriés à savoir l'emballage en carton.

BIBLIOGRAPHIE

- **Benkadri S., 2010**, Contribution à la diversification de l'alimentation pour enfants coeliaques : fabrication de farines-biscuits sans gluten. Mémoire de magister, pp 106.
- **Branger B., Cadudal J. L., Delobel M., Ouoba H., Yameogo P., Ouedraogo D., Guerin D., Valea A., Zombre C., Ancel P. et les personnels des CREN 2003**. La spiruline comme complément alimentaire dans la malnutrition du nourrisson au Burkina Faso. Archives de pédiatrie 10 (2003), pp 424-431.
- **Broin M., 2005**. Composition nutritionnelle des feuilles de moringa oleifera. Moringanews. <http://www.moringanews.org>, pp 5.
- **Combasséré R., 2007**. Etude des profils nutritionnels et technologiques des céréales (mil, sorgho, maïs) stockées à la SONAGESS. DESS en industrie agroalimentaire. Université de Ouagadougou, pp 60.
- **Delpeuch F., Joseph A., Cavelier C., 1976**. Consommation alimentaire et apport nutritionnel des algues bleues (*Oscillatoria Platensis*) chez quelques populations du Kanem (Tchad). Ann. Nutr. Alim 29: pp 497-516.
- **FAOSTAT, 2010**. Crops primary equivalent. Retrieved on 16th May, 2011 from www.faostat.fao.org
- **Farooq F., Rai M., Tiwari A., Khan A. A. and Farooq S., 2012**. Medicinal properties of Moringa oleifera: An overview of promising healer. Journal of Medicinal Plants Research Vol. 6(27), pp 4368-4374.
- **Favier J.C., 1989**. Valeur nutritive et comportement des céréales au cours de leurs transformations. Céréales en régions chaudes. AUPELF-URELF. Édition John Libbey Eurotext, Paris : pp 285-297.
- **Flaquet J. and Hurni J. P., 2006**. Spiruline Aspects Nutritionnels. Antenna Technologie, PP 41.
- **Gonzalez-Galan, A., Wang S. H., Sgarbieri V. C. and Moraes M. A. C., 1991**. Sensory and nutritional properties of cookies based on wheat-rice soybean flours bakes in a microwave oven. Journal of Food Science 56(6): pp 1699-1701.
- **Gorga K., 2013**. Essais de formulation et de fabrication de biscuits enrichis en micronutriments avec la spiruline, le moringa ou la patate douce à chair orange. DI:SS en industrie agroalimentaire, Université de Ouagadougou.

- **Kabore E., 2009.** Essais de formulation et production de biscuits à base de patate douce à chair orange. Mémoire de Licence, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, pp 45.
- **Kabore N., 2012.** Optimisation de la production de biscuits à base de patate douce à chair orange. Mémoire de licence, Université de Bobo-Dioulasso, pp 68.
- **Kiger J. L., and Kiger J. G. 1967.** Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie-boulangerie industrielles et artisanales et des produits de régime. Dunod, Tome 1, Paris.
- **Lamia A. A. (2006)** : Evolution de la qualité nutritionnelle des protéines de biscuits modèles au cours de la cuisson au travers d'indicateurs de la réaction de Maillard: Intérêt de la fluorescence frontale. Thèse de Doctorat en Chimie analytique, Institut National Agronomique, Paris, pp 207.
- **Loïc C., Marie J. L. et Romain A., 2008.** La Spiruline peut-elle être un atout pour la santé et le développement en Afrique ? , pp 5.
- **Maache-Rezzoug Z., Bouvier J.M., Allal K., and Patras C., 1998.** Effect of principal ingredients on rheological behavior of biscuit dough and on quality of biscuits. Journal of food engineering. Volume 35, Issue 1, pp 23-42.
- **MAIRRI / DSA, 2004.** Statistiques agricoles 2004.
- **Manoharr, S. and Rao P. H., 2002.** Interrelationship between rheological characteristics of dough and quality of biscuits; use of elastic recovery of dough to predict biscuit quality. Food Research International 35 : 807-813. In, **Benkadri S., 2010.** Contribution à la diversification de l'alimentation pour enfants coeliaques : fabrication de farines-biscuits sans gluten. Mémoire de magister, pp 106.
- **Menard G., Emond S., Segin R., Bolduc R, Boudreau A., Marcous D, Painchaud M. and Poirier D., 1992.** La biscuiterie industrielle. In, **Benkadri S., 2010,** Contribution à la diversification de l'alimentation pour enfants coeliaques : fabrication de farines-biscuits sans gluten. Mémoire de magister, pp 106.
- **Mohtadji-Lamballais C., 1989.** Les aliments. Editions Maloine, Paris, 203 p. In, **Benkadri S., 2010,** Contribution à la diversification de l'alimentation pour enfants coeliaques : fabrication de farines-biscuits sans gluten. Mémoire de magister. pp 106.
- **Noor Aziah A. A., Mohamad Noor A. Y. et Ilo L.H., 2012.** Physicochemical and organoleptic properties of cookies incorporated with legume flour. Food Technology Division, School of Industrial Technology, University Sains Malaysia.

- **NORME FRANÇAISE ISO 7305, 1998:** Détermination de l'acidité grasse dans les produits de mouture des céréales.
- **NORME FRANÇAISE ISO 7954, 2003 :** Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures, techniques par comptage des colonies à 25°C, pp4.
- **NORME FRANÇAISE ISO 7954, 2003 :** Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures, techniques par comptage des colonies à 25°C, pp 4.
- **NORME INTERNATIONALE ISO 4833, 2003 :** Microbiologie des aliments, Méthode horizontale pour le dénombrement des microorganismes; technique de Comptage des colonies à 30°C, pp 9.
- **Price M. L., 1985.** Le moringa. Note technique d'ECHO, pp 22.
- **Sankara K., 2013.** Etude de la conservation de biscuits à base de patate douce à chair orange. Mémoire de Licence, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, pp26
- **Sanon P. P., 2009.** Etude comparée de la valeur nutritive du maïs et du sorgho dans l'alimentation des poulets de chair, pp 26-34.
- **Siedogo M., 2009.** Essais de formulations et de production de biscuits à base de tubercules. Mémoire de Licence, Université Polytechnique de Bobo Dioulasso pp41.
- **Tete-Benissan A., Lawson-Evi K., Kokou K. and Gbéassor M., 2012.** Effet de la poudre de feuilles de *Moringa oleifera lam.* Sur l'évolution du profil de l'hémogramme des enfants malnutris au Togo: évaluation chez les sujets HIV positifs. African journal of food, agriculture, nutrition and development 12 (2), pp12-23
- **Trouche G., Da S., Palé G., Sohero A., Ouedraogo O., Gosso D., 2001.** Evaluation participative de nouvelles variétés de sorgho au Burkina Faso. Acte de l'atelier de Montpellier (France), 2001.
- **Yang R.Y., Chang L. C., Hsu J. C., Brian B. C., Weng B. B. C., Palada M. C., Chadha M. L. and Levasseur V., 2006.** Propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des feuilles de Moringa Du germoplasme, à la plante, à l'aliment et à la santé, pp9.
- **Zydenbos S. and Humphrey-Taylor V., 2003.** biscuits, cookies, and crackers. New Zealand Institute for Crop & Food Research Limited, Christchurch, New Zealand Copyright 2003, Elsevier Science Ltd. pp1.

Sites Web

- [http:// www.moringanews.org](http://www.moringanews.org). **BROIN M, PROPAGE**: Composition nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera*, visité le 20 novembre 2014.
- [http:// www.scribd.com](http://www.scribd.com). **Exposé de Biscuits**, visité le 20 novembre 2014.
- [http:// www.fao.org](http://www.fao.org). **Table de Composition des aliments**, visités le 10 octobre 2014.
- [http:// www.gnis-pedagogie.org/sorgho-intro-caracteristiques-plante.htm](http://www.gnis-pedagogie.org/sorgho-intro-caracteristiques-plante.htm), visité le 15 octobre 2014.
- [http:// www.azaquar.com](http://www.azaquar.com): réactions-altération-chimique des aliments, visité le 06 novembre 2014.

ANNEXES

Annexe 1

Fiche D'évaluation : Profil Sensoriel

Produit : Biscuit de sorgho nature

Date :.....

Sexe : Masculin

Féminin

Age : 15 à 30 ans

31 à 40 ans

Plus de 40 ans

Instructions :

- Veuillez observer, sentir, goûter les échantillons codés dans l'ordre indiqué ;
- Utiliser les descripteurs ci-dessous pour donner votre opinion sur chacun des échantillons ;
- Cochez en face du descripteur qui vous paraît le plus rapproché.

Descripteurs

Echantillons

Couleur

Marron claire :

Autres (précisez !) :

Arôme :

Très bon:.....

Bon :

Passable :

Texture :

Tendre :

Ni tendre-ni dure :

Dure :

Goût :

Agréable :

Ni agréable - ni désagréable :

Désagréable :

Sensation de bouche:

Très agréable :

Agréable :

Désagréable :

Observations sur les échantillons :.....

Annexe 2

COMPOSITION DES MILIEUX DE CULTURE UTILISÉS

1) Plate Count Agar (PCA)

Peptone de caséine	5g/l.
Extrait de levure	2,5g/L
Dextrose	1g7L
Agar	15g/l.

Autoclaver à 121°C pendant 15 mn ; pH final = 7,00± 0,2

2) Gélose de Sabouraud

Peptone pepsique de viande.....	10g/L
Glucose	35g/L
Agar	15g/l.

Autoclaver à 115°C pendant 15 mn ; pH final = 5,60± 0,2

3) Gélose Lactosé Biliée au Cristal et au Rouge Neutre (VRBL)

Peptone.....	7g/L
Extrait de levure.....	3g/L
Lactose.....	10g/L
Chlorure de sodium	5g/L Scls
Biliaires	1,5g/L Rouge
Neutre	0,03g/L Cristal
Violet.....	0,002g/L
Agar.....	12g à 18g/L

A porter à ébullition ; pH final = 7,40± 0,2 ; ne pas autoclaver

Composition:

- Peptone 1g
- NaCl 8, 5g
- H2O distillée 1000ml
- pH 7,4 ± 0,2 à 25°C

Annexe 3



Photo 16 : salle d'analyse sensorielle



Photo 17 : Plateau contenant des échantillons et la fiche d'évaluation



Photo 18 : Séances d'analyse sensorielle

Annexe 4

Tableau 8 : Récapitulatifs de la Flore totale, l'humidité et l'acidité des biscuits de sorgho conservés en fonction des emballages.

Temps	emballages	types de Biscuits	Flore totale	Humidité (%)	Acidité
			(CFU/g)		(g d'H ₂ SO ₄)
			Moyenne	Moyennes	Moyennes
0	Plastique	Moringa	5,6.10 ³ ± 4,7.10 ³	5,34 ± 0,050	0,0896± 0,0034
		Nature	3,4.10 ³ ± 3,3.10 ³	2,58± 0,130	0,0338 ± 0,0039
		Spiruline	1,9.10 ² ± 8,3.10 ¹	3,66± 0,400	0,0432 ± 0,0002
1	Aluminium	Moringa	3,1.10 ³ ± 7,7.10 ²	4,65± 0,550	0,1086± 0,0005
		Nature	2,4.10 ² ± 1,7.10 ²	2,50± 0,740	0,0362 ± 0,0005
		Spiruline	4,4.10 ² ± 3,8.10 ²	3,11± 0,430	0,0507± 0,0002
	Plastique	Moringa	1,1.10 ³ ± 6,9.10 ²	4,10± 0,900	0,0719± 0,0016
		Nature	9,4.10 ¹ ± 0,6.10 ¹	2,73± 0,500	0,0371± 0,0028
		Spiruline	1.10 ³ ± 4.10 ²	3,30± 0,500	0,0875± 0,0124
2	Aluminium	Moringa	8.10 ² ± 6,5.10 ²	5,12± 0,700	0,1158± 0,0006
		Nature	3,7.10 ² ± 1,4.10 ²	2,57± 0,550	0,0423± 0,0025
		Spiruline	7,5.10 ³ ± 6,2.10 ³	3,38± 0,630	0,4421± 0,1329
	Plastique	Moringa	7,7.10 ³ ± 6,2.10 ³	5,01± 0,210	0,1158± 0,0017
		Nature	7.10 ³ ± 6,5.10 ³	2,53± 0,740	0,0383± 0,0026
		Spiruline	2,7.10 ³ ± 2,4.10 ³	3,49± 0,380	0,1167± 0,1142
3	Aluminium	Moringa	1,1.10 ⁵ ± 1.10 ⁵	4,25± 0,650	0,1303± 0,0007
		Nature	1,2.10 ⁵ ± 1,2.10 ⁴	2,91± 0,480	0,0435± 0,0007
		Spiruline	1,2.10 ⁵ ± 1,2.10 ⁴	3,14± 0,180	0,4495± 0,1231
	Plastique	Moringa	1,3.10 ⁵ ± 1.10 ⁵	4,97± 0,120	0,1303± 0,0019
		Nature	1,4.10 ⁴ ± 1,4.10 ⁴	2,45± 0,170	0,0502± 0,0010
		Spiruline	5.10 ⁴ ± 4,5.10 ⁴	3,01± 0,380	0,1313± 0,0017

Tableau 9: Codes de prélèvements

Code Echantillon	Analyse microbiologique	Analyse sensorielle	Analyse physico chimique
Biscuits nature	BN _{Ep}	BN _{Ep}	BN _{Ep}
	BN _{Ea}	BN _{Ea}	BN _{Ea}
Biscuits à la spiruline	BS _{Ep}	BS _{Ep}	BS _{Ep}
	BS _{Ea}	BS _{Ea}	BS _{Ea}
Biscuits au moringa	BM _{Ep}	BM _{Ep}	BM _{Ep}
	BM _{Ea}	BM _{Ea}	BM _{Ea}

BN_{Ep} : Biscuits Nature Emballage plastique

BN_{Ea} : Biscuits Nature Emballage aluminium

BM_{Ep} : Biscuits Moringa Emballage plastique

BM_{Ea} : Biscuits Moringa Emballage aluminium

BS_{Ep} : Biscuits Spiruline Emballage plastique

BS_{Ea} : Biscuits Spiruline Emballage aluminium