

BURKINA FASO

Unité – Progrès – Justice

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS
SECONDAIRE ET SUPERIEUR

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE
DE BOBO-DIOULASSO



MINISTERE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET DE L'INNOVATION

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE



INSTITUT DES SCIENCES DE LA NATURE
ET DE LA VIE

INSTITUT DE RECHERCHE EN SCIENCES
APPLIQUEES ET TECHNOLOGIES

FILIERE : GENIE BIOLOGIQUE

DEPARTEMENT TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté par :

KABORE Nèbpawindé

**POUR L'OBTENTION DE LA LICENCE
PROFESSIONNELLE EN AGRO-ALIMENTAIRE**

THEME

**OPTIMISATION DE LA PRODUCTION DE BISCUITS
A BASE DE PATATE DOUCE A CHAIR ORANGE**

Soutenu le 09 juin 2012 devant le jury :

Président : Pr Théodore Marie Yves TAPSOBA, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso

Membres : Ir Kadiétou ZIDA / OUEDRAOGO, Département Technologie Alimentaire

Dr Juliette TRANCHOT/ DIALLO, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso

DEDICACE

- A mon père KABORE Y. Antoine et à ma mère
ZAGRE R. Pauline
- A mes frères et sœurs

REMERCIEMENTS

Tout travail intellectuel, fruit d'une recherche individuelle n'est en réalité que le résultat d'une collective et d'une synergie de compétence et de volonté.

Je saisis l'occasion, à travers ce document pour exprimer mes vifs remerciements :

- Au Docteur Bréhima DIAWARA, Directeur de l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT) et Docteur Hagrétou SAWADOGO Chef du Département Technologie Alimentaire (DTA), pour l'accueil et les moyens mis à notre disposition pour le bon déroulement de ce présent stage ;
- Au Docteur Jean-Baptiste ILBOUDO, Directeur de l'Institut des Sciences de la Nature et de la Vie (ISNV) et Docteur Younoussa MILLOGO Directeur Adjoint de l'ISNV, pour la qualité de la formation reçue durant mon cursus universitaire dans l'institut dont ils ont la charge ;
- A Madame Kadiétou ZIDA, mon maitre de stage, pour avoir disposé de son temps et de ses compétences pour assurer mon encadrement tout au long du stage.
- Au Docteur Leguet GANOU, coordonateur du projet PDCO;
- Au Docteur Juliette TRANCHOT/DIALLO, mon Directeur de mémoire, pour tous les efforts consentis dans la finalisation de ce document ;
- A Monsieur Michel COMBARY, Responsable technique du laboratoire de Physico-chimie du DTA ;
- A Madame Maimounata CONGO, Responsable technique du laboratoire de microbiologie du DTA ;
- A tous les chercheurs et personnel associé du DTA ;
- A tous mes collègues stagiaires de l'atelier pilote d'expérimentation et du Laboratoire du DTA;
- A tous ceux et à toutes celles qui d'une manière ou d'une autre, ont participé au bon déroulement de mon stage et de la mise au point de ce présent document ;
- A Messieurs et Mesdames les membres du Jury.

LISTE DES ABREVIATIONS

APL : Acide Poly Lactique

APSERN : Association des Producteurs de la Sissili pour l'Eco-Gestion des Ressources Naturelles

Aw : Activité d'eau

B_O : Biscuits de PDCO sans enrichissement

B_m : Biscuits de PDCO enrichis au moringa

B_s : Biscuits de PDCO enrichis à la spiruline

BF : Burkina Faso

CNRST : Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique

CTRAPA : Centrale de Transformation des Produits Alimentaires

DTA : Département Technologie Alimentaire

HKI : Helen Keller International

INERA : Institut National de l'environnement et de Recherches Agricoles

IRSAT : Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies

ISO: International Standard Organization

LCOPA: Laboratoire de Chimie Organique et Physique Appliquée

LDL: Low Density Lipoid

NAS: Nutritional Aspect of Spirulina

NF : Norme Française

PDCO : Patate Douce à Chair Orange

PNNS : Programme National de Nutrition Santé

R_f: Farine de PDCO

R_{pm} : Poudre de moringa

R_{ps} : Spiruline

TRCPM: Tuber and Root Crops Production Manuel

TRCNS: Tableau Récapitulatif de la Composition Nutritionnelle de la Spiruline

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Composition des feuilles de patate douce.....	6
Tableau II : Composition générale de la patate douce : tubercules et farine.....	7
Tableau III : Composition nutritionnelle des biscuits secs.....	11
Tableau IV : Contribution des biscuits aux apports nutritionnels.....	12
Tableau V : Codes des échantillons.....	17
Tableau VI : Résultats technologiques de la transformation des tubercules de PDCO.....	28
Tableau VII : La préférence des biscuits.....	34
Tableau VIII : Composition chimique des matières premières et des biscuits.....	40
Tableau IX : Caractéristiques microbiologiques des matières premières et des biscuits.....	45

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Champs, tubercules et tranches de patate douce.....	5
Figure 2 : Les utilisations culinaires de la patate douce par la population de Ouagadougou....	8
Figure 3 : La grande famille des biscuits.....	11
Figure 4 : Diagramme de production des cossettes et de la farine de PDCO.....	29
Figure 5 : Diagramme de production des biscuits de PDCO.....	32
Figure 6 : Schéma de production des biscuits.....	33
Figure 7 : Caractéristiques hédoniques des biscuits de PDCO.....	35
Figure 8 : Profil sensoriel des biscuits de PDCO : aspect homogène ou hétérogène.....	37
Figure 9 : Profil sensoriel des biscuits de PDCO : aspects croquant, fondant ou farineux.....	38

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Champs de patate douce.....	5
Photo 2 : Tubercules de patate douce.....	5
Photo 3 : Tranches de patate douce à chair orange.....	5
Photo 4 : Elaboration de la farine préparée.....	33
Photo 5 : Fonte de la matière grasse.....	33
Photo 6 : Pétrissage.....	33
Photo 7 : Laminage et mise en forme.....	33
Photo 8 : Four de cuisson.....	33
Photo 9 : Plaque à cuisson.....	33
Photo 10 : Séchoir ATTESTA	
Photo 11 : Cossettes de patate douce à chair orange	

RESUME

Des biscuits ont été produits à partir de la farine de cossettes de patate douce à chair orange (PDCO). La farine de PDCO est la principale matière première employée dans la fabrication des biscuits. Toute la chaîne de la transformation a été réalisée dans l'atelier pilote du Département Technologie Alimentaire (DTA). Trois types de biscuits ont été produits à partir de formulations: les biscuits de PDCO (B₀), les biscuits de PDCO enrichis au moringa et les biscuits de PDCO enrichis à la spiruline.

Des analyses ont été réalisées sur ces biscuits. Elles ont permis de déterminer les caractéristiques sensorielles, biochimiques et sanitaires.

L'analyse biochimique montre que les biscuits ont des teneurs en eau de l'ordre de 4 à 5%, en protéines de 6%, en cendres de 2 à 3% et de glucides totaux de 70 à 72 %. L'analyse microbiologique montre que la farine a une charge microbienne de l'ordre de 10^5 UFC/g pour la flore totale, 10^4 UFC/g pour les coliformes et 10^4 UFC/g pour les levures et moisissures. Les biscuits présentent une bonne qualité sanitaire : $2,11 \cdot 10^4$ UFC/g, $1,5 \cdot 10^5$ UFC/g et $8,5 \cdot 10^4$ UFC/g respectivement pour les biscuits de PDCO, biscuits enrichis au moringa et biscuits enrichis à la spiruline ; l'analyse montre que les biscuits ont moins de 10 UFC/g d'échantillon aussi bien pour les coliformes que pour les levures et moisissures.

L'appréciation des trois types de biscuits par des panels montre qu'ils sont tous agréables. Ils présentent de bonnes caractéristiques sensorielles (croquant, fondant et non farineux).

Nous avons abouti à une amélioration des biscuits de PDCO : la texture, le goût, la qualité nutritionnelle. Nous avons abouti également à une optimisation du procédé de production des biscuits : la température de cuisson, la durée de pétrissage, le taux de matière grasse de la recette.

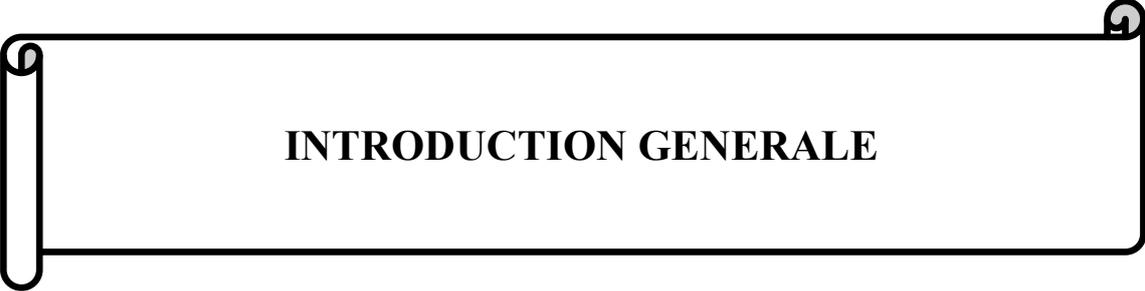
Mots clés : Patate douce à chair orange, biscuits, analyse sensorielle, caractéristiques physicochimiques, caractéristique sanitaire.

SOMMAIRE

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
LISTE DES ABREVIATIONS	iii
LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FIGURES.....	v
LISTE DES PHOTOS.....	vi
RESUME.....	vii
SOMMAIRE	viii
INTRODUCTION GENERALE	1
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
I- ORIGINE, DESCRIPTION BOTANIQUE, COMPOSITION ET UTILISATION DE LA PATATE DOUCE.....	4
I.1-Origine et expansion de la patate douce.....	4
I.2-Caractéristiques et description botanique de la plante.....	4
I.3-Composition et utilisations de la patate douce.....	6
I.3.1-Les feuilles	6
I.3.2-Les tubercules	6
I.3.3-Autres utilisations de la patate douce	9
II. GENERALITES SUR LES BISCUITS.....	10
II.1-Historique des biscuits.....	10
II.2-Classification des biscuits.....	10
II.3-Composition et apports nutritionnels des biscuits	11
II.3.1-Composition nutritionnelle	11
II.3.2-Appports nutritionnels	12
DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	13
I- MATERIEL	14
I.1- Matériel biologique.....	14
I.2-Matériel de production des biscuits	14
I.3- Matériel d'analyses.....	14
I.3.1- Analyses sensorielles.....	14
I.3.2- Analyses physico-chimiques	14
I.3.3- Analyses microbiologiques.....	15

II- METHODES.....	15
II.1- Méthode de production	15
II.1.1- Les formulations.....	15
II.1.2- Production des biscuits	15
II.1.3- Paramètres et méthodes d'optimisation des biscuits de PDCO	16
II.1.3.1- Paramètres.....	16
II.1.3.2- Méthodes d'optimisation	16
II.2- METHODES D'ANALYSES.....	16
II.2.1- Echantillonnage et description des échantillons pour les différentes analyses.....	16
II.2.2- Méthodes d'analyses sensorielles	17
II.2.2.1- Choix du panel de dégustation.....	17
II.2.2.3- Codage des échantillons.....	18
II.2.2.4- Préparation des échantillons.....	18
II.2.2.5- Conduite des tests de dégustation.....	18
II.2.3-Méthodes d'analyses biochimiques.....	19
II.2.3.1-Prétraitement des échantillons	19
II.2.3.2-Détermination de la teneur en eau	19
II.2.3.3-Détermination du taux des cendres	19
II.2.3.4-Détermination du taux des protéines	20
II.2.3.5-Détermination du taux des lipides	21
II.2.3.6-Détermination des glucides totaux	22
II.2.3.7-Calcul de la valeur énergétique (Kcal / 100g).....	22
II.2.3-Méthodes d'analyses microbiologiques	22
II.2.3.1-Préparation des milieux de culture et diluant	22
II.2.3.1.1- Les milieux de culture.....	22
II.2.3.1.2- Les diluants.....	23
II.2.3.2- Numération ou dénombrement des germes.....	23
II.2.3.2.1- Préparation des solutions mères et dilutions décimales	23
II.2.3.2.2- Lesensemencements	23
II.2.3.2.3- Incubation, lecture et expression des résultats.....	24
II.2.3.2.3.1- La flore totale	24
II.2.3.2.3.2- Les coliformes totaux et fécaux.....	24
IV.2.3.2.3.3- Les levures et moisissures	25

II.3- TRAITEMENTS DES DONNEES	25
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION	26
I- TECHNOLOGIE DE TRANSFORMATION DE LA PDCO	27
I.1-Les cossettes et la farine de patate douce à chair orange	27
I.2- Les formulations des biscuits	30
I.3- Les biscuits : procédé de production et diagramme	30
II-CARACTERISTIQUES ORGANOLEPTIQUES DES BISCUITS	34
II.1- La préférence par comparaison par paires	34
II.2- L'épreuve hédonique	35
II.3-Le profil sensoriel	37
III-CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES	40
III.1-La teneur en eau	40
III.2-Le taux des cendres	41
III.3-Le taux de protéines	42
III.4-Le taux de matières grasses	43
III.5-La teneur en glucides totaux et valeur énergétique des biscuits	44
IV-CARACTERISTIQUES MICROBIOLOGIQUES	45
IV.1-La flore totale	45
IV.2-Les coliformes totaux et fécaux	46
IV.3-Les levures et moisissures	46
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	48
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	51
ANNEXES	55



INTRODUCTION GENERALE

La patate douce, *Ipomoea batatas* (Lam) est aujourd'hui la septième culture mondiale avec plus de 133 millions de tonnes produites chaque année. Près de 98% de cette production est cultivée dans les pays en développement (www.cipotato.org). Des caractéristiques agronomiques telles qu'une large adaptabilité, une forte productivité, un cycle court et une forte valeur nutritionnelle font de la patate douce une culture particulièrement importante pour la sécurité alimentaire dans les pays soumis à de fortes pressions anthropiques et vulnérables aux changements climatiques (Roullier, 2010).

En outre, selon les données rapportées par Owori et al. (2007), la patate douce constitue une importante source de glucides (96%) sous forme de glucides simples et fibres diététiques qui jouent un important rôle dans les carences énergétiques. Hormis les substances glucidiques, la patate douce est une bonne source de vitamines A (8800 UI) et de minéraux indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. Le Zinc et le Calcium (32%) sont les minéraux majoritaires. Les vitamines que renferme la patate douce incluent la vitamine C, celles du groupe B (B₁, B₂, acide folique), et la vitamine E. La patate douce à chair orange (PDCO) est une excellente source de β -carotène procurant ainsi suffisamment de la vitamine A. Les feuilles et les pousses tendres sont également une bonne source de vitamine A, d'énergie, de Zinc, de Calcium et de protéines.

Le Burkina Faso, à l'instar des autres pays en développement est confronté à un double fardeau nutritionnel et alimentaire défini comme la coexistence de l'insécurité alimentaire quasi-permanente et la faible diversité alimentaire.

Malheureusement, la patate douce malgré ses bonnes caractéristiques agronomiques et nutritionnelles ci-dessus citées, reste une culture marginale au Burkina Faso. Elle est caractérisée par une faible productivité moyenne estimée à 20 840 tonnes entre 1994 et 2003 (INERA, 2003) et surtout une absence presque complète de produits transformés (cossettes, farine, biscuits, couscous) susceptibles d'assurer une disponibilité permanente du tubercule. L'absence presque complète de transformation contraste fortement avec la situation en Asie où les produits de transformation sont aussi variés et nombreux que ceux du manioc ou de l'igname en Afrique. En effet, le manioc est transformé en *cossettes*, en *farine*, en *attiéké*, *plakali*, *tapioka* et en *gari* (TRAORE, 2008). Quant à l'igname il est transformé en *cossettes*, en *farine* (Projet Valima, 2004). La farine est alors utilisée dans l'élaboration de nombreux mets (*tô*, *couscous* etc.).

De nos jours, l'importance des tubercules dans la consommation des populations burkinabé, a conduit les acteurs de la filière (racines et tubercules) à adopter de nouvelles techniques de conservation dont la transformation afin de garantir une disponibilité des produits.

C'est dans cette optique que la présente étude entend apporter sa contribution à la promotion de la transformation de la patate douce par l'optimisation de la production de biscuits à base de patate douce à chair orange ; l'élaboration et l'étude des caractéristiques organoleptiques, biochimiques et microbiologiques de biscuits.

Les travaux de la présente étude réalisés au Département Technologie Alimentaire de l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (DTA / IRSAT), s'inscrivent dans le cadre du projet « Promotion de la patate douce à chair orange pour contrôler les carences en vitamines A et en antioxydants au Burkina Faso » visant à promouvoir la production, la valorisation et la consommation de la PDCO. C'est un projet financé par la Fondation Mc Knight avec la collaboration de HKI Burkina en partenariat avec l'IRSAT, l'INERA et l'UO/ LCOPA.

Notre travail a consisté en la production des cossettes, de farine et des biscuits. Le travail a porté essentiellement sur l'optimisation des biscuits. Des analyses sensorielles ont été réalisées à la suite des essais de production pour évaluer l'impact de l'optimisation. Nous avons terminé par effectuer des analyses afin de déterminer la composition physicochimique et la qualité sanitaire de la matière première, des biscuits et des enrichissants (Spiruline et poudre de Moringa).



PREMIERE PARTIE :
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I- ORIGINE, DESCRIPTION BOTANIQUE, COMPOSITION ET UTILISATION DE LA PATATE DOUCE

I.1-Origine et expansion de la patate douce

La patate douce, *IPOMOEA BATATAS*, est connue et consommée depuis les temps préhistoriques. Elle serait originaire de l'Amérique centrale ou du Nord-Ouest de l'Amérique du Sud (IITA, 1982). Randrianarisoa (2005) mentionne également deux origines de la patate douce : Amérique centrale et Amérique latine. Son origine régionale précise reste controversée. En effet, des études basées sur le complexe d'espèces sauvages d'*Ipomoea* et leurs variations morphologiques en comparaison avec la forme cultivée dans le nouveau monde suggèrent une origine sud américaine (Nord de l'Equateur ou Pérou) ou mésoaméricaine (Mexique-Venezuela) pour la domestication. L'hypothèse mésoaméricaine a été soulevée par une étude comparative de la diversité génétique dans la zone sud-américaine et mésoaméricaine (Roullier, 2010). Toutefois, des fouilles archéologiques effectuées dans des sites péruviens (où les vestiges les plus anciens datent de 8 000 ans avant notre ère) indiquent qu'elle est bel et bien originaire de l'Amérique du Sud (www.passeportsanté.net, 2011)

Contrairement à l'histoire de l'origine de la patate douce, celle de son expansion regorge un point de vue commun. En effet, la patate douce a été premièrement introduite en Europe par les colons espagnols et portugais. Cependant, elle fut d'abord introduite dans les îles polynésiennes où elle est nommée Kumara (Bell et *al.*, 2000). En Europe, la patate douce a été introduite pour la première fois en Allemagne par Christophe Colomb en 1492 (Bell et *al.*, 2000). Durant le 16^e siècle, la patate douce s'est propagée jusqu'aux Philippines grâce aux espagnols et jusqu'en Afrique, en Inde, dans le sud de l'Asie et en Indonésie grâce aux portugais (Roullier, 2010). Aujourd'hui, la patate douce est répandue dans tous les pays et les plus grands producteurs sont la Chine, l'Indonésie, le Vietnam, l'Ouganda, le Japon et l'Inde.

I.2-Caractéristiques et description botanique de la plante

La patate douce est une plante vivace de la famille des Convolvulacées. Il existe plus de 50 genres appartenant à cette famille dont « *Ipomoea* » avec plus de 1000 espèces dont l'*Ipomoea batatas* (Randrianarisoa, 2005). Les variétés les plus connues sont les variétés à chair blanche et les variétés à chair pourpre ou orange. Ces variétés comportent en eux plusieurs cultivars.

Les tiges de la patate douce, herbacées et rampantes portent des feuilles de forme variable, généralement lobées, parfois découpées (suivant la variété) et longuement pétiolées « 5 à 30 cm de long » (Mathieu-Daudé et *al.*, 2001). Quant à ses fleurs, elles sont de couleur blanche ou violette et groupées le long de la tige. En ce qui concerne la fructification de la plante, elle est rarement observée en culture. Quant aux tubercules, ce sont des racines qui peuvent descendre jusqu'à 2 m sous terre et extrêmement variables : globulaires ou allongées. Chaque plante (figure 1) produit quelques tubercules (10 environ). Ces tubercules pèsent entre 0,1 et plus d'un kg et contiennent un latex blanc et gluant (Mathieu-Daudé et *al.*, 2001). Selon la variété la pelure et la chair des tubercules peuvent être de couleur blanche, jaune, orange (figure 1) ou pourpre (Bell et *al.*, 2000). Cependant du point de vue nutritionnel, la variété à chair orange est recommandée. Elle est d'une composition nutritionnelle très intéressante par rapport aux variétés à chair blanche. Sa teneur en β -carotènes et en antioxydants excède celle de la variété à chair blanche.

La patate douce est une plante qui s'adapte bien à différents types de climat. En effet, elle peut être cultivée aussi bien sous les climats tempérés à été chaud que sous les climats tropicaux et équatoriaux (Mathieu-Daudé et *al.*, 2001). Selon Randrianarisoa (2005), la patate douce est une plante photopériodique (tubérisation plus rapide en jour inférieur à 12 h et inhibée en jour supérieur à 14h). En outre la patate douce est une plante qui s'adapte bien à la chaleur, à la sécheresse et de nombreuses maladies et ravageurs, de même qu'à des sols pauvres et inondés (Gura, 1991). En résumé, les conditions requises pour son développement optimal associent des températures comprises entre 22 et 33°C, une forte intensité lumineuse, des jours courts, des précipitations d'eau supérieures à 200 mm et nécessitant 120 à 210 jours pour boucler le cycle (Mathieu-Daudé et *al.*, 2001 ; et Gura, 1991).



Photo 1 : champ de patate douce



Photo 2 : tubercules de PDCO



Photo 3 : tranches de PDCO

Figure 1 : champs, tubercules et tranches de patate douce (www.bimtt.mg)

I.3-Composition et utilisations de la patate douce

I.3.1-Les feuilles

Les feuilles de la patate douce contiennent 4,6% de protéines, 0,2% de lipides (Gura, 2001), 9,1% de glucides (Bell *et al.*, 2000). Elles ont une capacité calorifique de l'ordre de 49 calories, une teneur en fer de 6,2 mg, en calcium de 158 mg (www.fao.org). Elles renferment également des anthocyanines et des composés phénoliques (www.passeportsanté.net). Elles sont aussi d'excellente source de vitamine A et d'acide ascorbique (tableau I).

Sur le plan alimentaire, les feuilles et les pousses tendres de patate douce sont utilisées comme condiments. Elles sont en effet utilisées dans la préparation de sauces dans de nombreuses régions en Afrique, aux Philippines (OWORI *et al.*, 2007).

Dans l'alimentation animale, les feuilles ainsi que les pousses de patate douce peuvent servir à l'alimentation des herbivores ou bien des lapins ainsi que du bétail ; elles constituent un excellent fourrage tant à l'état frais qu'après dessiccation (www.passeportsanté.net).

Tableau I: composition des feuilles de patate douce pour 100 g de matières comestibles

Nutriments	Teneurs
Energie	49%
Lipides	0,2%
Eau	--
Protéines	4,6%
Calcium	158 mg
Fer	6,2 mg
Vitamine B6	--
Fibres	--

Source : www.fao.org

I.3.2-Les tubercules

Les tubercules de patate douce ont une composition assez diversifiée. Ils contiennent entre 0,8 à 2% de protéines, 0,2 à 0,4% de lipides et 25 à 30% de glucides (Gura, 2001). La composition des tubercules varie selon la variété, la zone de production « région tempérée ou tropicale » et selon le type de sol (Owori *et al.*, 2007). Les tubercules de patate douce contiennent majoritairement des substances d'origine glucidique (sucres et fibres).

Outres les glucides, les tubercules contiennent beaucoup de vitamines (provitamine A et ceux du groupe B), des minéraux (calcium et zinc), un peu de vitamine E (tocophérol). Cependant,

les teneurs de la chair orange en vitamines : thiamine, riboflavine, niacine et acide ascorbique excède celle de la variété à chair blanche (IITA, 1982).

La farine de patate douce a des teneurs beaucoup plus basses en certains constituants (Tableau II). Selon Badila *et al.* (2008), la farine de patate contient 6,31% de protéines, 0,90% de lipides, 2,13% de cendres.

Une forte variation dans la composition en vitamine A existe et peut être particulièrement faible dans la variété à chair blanche des zones tropicales. En outre la chair orange contient beaucoup plus d'autres caroténoïdes que la chair blanche (www.hki.org). Il convient de retenir que plusieurs modes de préparation du tubercule pour la consommation (cuisson à l'eau, la friture etc.), contribuent à réduire la teneur en certains composants vitaminiques. L'acide ascorbique voit sa teneur baissée pendant le stockage à long terme (IITA, 1982). La patate douce est d'une haute valeur nutritionnelle du fait de la composition raisonnable de ses protéines en acides aminés essentiels. La pelure du tubercule est plus riche en protéines et d'autres composés non glucidiques que le reste du tubercule (IITA, 1982).

Tableau II: composition générale de la patate douce : tubercules et farine

Éléments nutritionnels	Salunkhé, 1986	www.fao.org	Badila et al, 2009
	<i>Tubercules (en % MS)</i>	<i>Tubercules (en % de parties comestibles)</i>	<i>Farine de Patate (en % MS)</i>
Energies (Kcal)	-	105	-
Glucides (en %MS)	96 g	-	-
Protéines (en %MS)	4,3 g	1,6 g	6,31 g
Lipides	-	0,3 g	0,90 g
Cendres	-	-	2,13 g
Calcium (mg)	32	22	0,05 g
Phosphore (mg)	47	1,6	0,59 g
Sodium (mg)	10	-	0,008 g
Fer (mg)	0,7	0,3	0,09 g
Potassium (mg)	243	-	0,07 g
Magnésium (mg)	31	-	0,86 g
Vitamine A (UI)	8800	-	-
Thiamine (mg)	0,10	-	-
Niacine (mg)	0,06	-	-
Riboflavine (mg)	0,06	-	-
Vitamine C (mg)	21	-	-

Les tubercules de patate douce sont utilisés dans l'alimentation humaine sous différentes formes. Son utilisation est principalement culinaire dans l'alimentation humaine. Les tubercules de patate sont consommés le plus souvent cuits à l'eau, au four, ou bien frits (www.passeportsanté.net). La farine obtenue à partir des tubercules peut servir à l'élaboration de divers mets soit en l'état, soit en association avec d'autres farines notamment la farine de blé ou de céréales. Les produits généralement élaborés sont la purée, les gâteaux, les boissons, les biscuits etc. (Owori et *al.*, 2007).

Cependant les voies modernes d'utilisation de la patate douce (gâteaux, biscuits, boissons) sont rares aux Burkina Faso. Néanmoins la patate douce compte parmi les tubercules les plus consommés bien que les produits de transformation sont peu abondants. En effet selon les investigations de Konkobo et *al.* (2002), 74,4% des ménages en consomment et en font plusieurs usages traditionnels (figure 2). Ce sont les frites, principale utilisation en milieu urbain (47%) ; le ragoût de patate « plat rare voire inexistant dans l'espace de la restauration » utilisé par 29% des ménages ; la patate bouillie, forme traditionnelle de consommation (20% des ménages). Les autres modes de consommations de seconde importance sont notamment la consommation directe c'est-à-dire à l'état frais (2%), la sauce de riz (1%) où elle est utilisée comme légume, et le déguè (1%). Parmi ces modes d'utilisations culinaires de la patate douce, seule le déguè est un produit transformé. Le déguè est fait à base de la farine de patate douce.

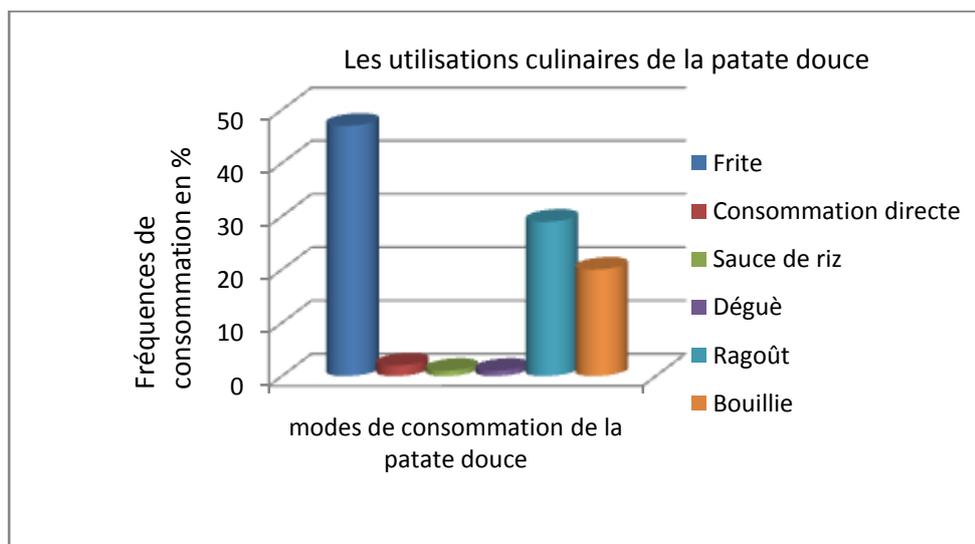


Figure 2 : les utilisations culinaires de la patate douce par la population de Ouagadougou (Konkobo et *al.*, 2002)

I.3.3-Autres utilisations de la patate douce

Sur le plan mondial, la patate douce revêt d'autres intérêts non nutritionnels.

- L'utilisation médicale

La patate est utilisée dans les essais de traitement de nombreuses maladies. En effet, des études réalisées *in vitro* (www.passeportsanté.net), et chez certains animaux ont montré que la patate douce revêt un intérêt pharmacologique très important. Cela du fait de la présence de certains composés tels que les anthocyanes, les caroténoïdes, les composés phénoliques, les protéines inhibitrices de la trypsine et les composés arabinogalactoniques. Des chercheurs ont rapportés que des extraits de patate douce (tubercules) exerceraient un effet anti cancérigène sur la prostate, la vésicule biliaire, les seins et les poumons. Par ailleurs, il est ressorti que des extraits de patate douce (feuilles et tubercules) pourraient exercer un effet protecteur contre les maladies cardiovasculaires : prévention et diminution du mauvais cholestérol (LDL), relaxation des vaisseaux sanguins (cas de l'aorte 21). Il a été aussi démontré que des extraits de patate douce (tubercules) ont un effet bénéfique contre les lésions ou les maladies hépatiques. Son effet anti diabétique a été également démontré : diminution de la résistance à l'insuline.

- Usage industriel : production d'alcool et de féculé

La patate douce peut servir à la production d'alcool. En effet, outre l'amidon, les tubercules de patate douce contiennent aussi du saccharose de l'ordre de 6% (Mathieu-Daudé et *al.*) qui peut servir à la production d'alcool par fermentation et distillation.

La présence de saccharose rend également les tubercules aptes à la production de fécules qui, mélangés à du sucre donnent un sirop utilisé en brasserie (Mathieu-Daudé et *al.* 2001).

Par ailleurs, la patate douce est utilisée dans la production d'Acide lactique ou de l'Acide Poly Lactique (APL) utilisé dans la fabrication des plastiques biodégradables (Adam et *al.* 2005).

II. GENERALITES SUR LES BISCUITS

II.1-Historique des biscuits

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

Ainsi des peintures montrent, dans le tombeau du pharaon égyptien Ti, de la 5^{ème} dynastie, un ouvrier qui attise un four où cuisent des galettes. Cependant c'est au moyen âge que la cuisson au four se généralise et remplace la cuisson sous la cendre, longtemps pratiquée. Ainsi la biscuiterie s'est différenciée de la pâtisserie et de la boulangerie au gré des mille et une manières de travailler la farine des céréales.

L'étymologie du mot biscuit est donnée par Jean de Joinville (1224-1317), un chroniqueur français et conseiller de Saint-Louis, qui a parlé de ces petits pains cuits deux fois appelés besquis. C'est un terme venant du latin « panis biscotus » qui signifie « pain cuit deux fois » (www.scribd.com).

II.2-Classification des biscuits

L'infinie variété des biscuits est le fruit des savoirs faire les plus divers, puisés dans la tradition culinaire familiale, faisant preuve d'un incessant renouvellement d'imagination pour s'adapter aux attentes des consommateurs. La multiplicité des recettes offre une gamme très étendue de biscuits.

Les biscuits peuvent être classés suivant la recette. On distingue : les biscuits salés (palmier herbes de Provence, fine pailles olive noire, biscuits feuilleté, pur beurre au fromage) et les biscuits sucrés (biscuits secs et goûter, les biscuits aux œufs et gaufrettes, les biscuits pâtisseries, chocolatés et assortiments, les madeleines, cakes, fourrés etc.), (www.scribd.com).

Selon les travaux du groupe de travail PNNS (2007), les biscuits sont surtout classés en fonction de leur activité d'eau (figure 3). En cela, les biscuits sont classés en trois catégories :

- les biscuits secs : activité d'eau (aw) comprise entre 0,05 et 0,5. Dans cette catégorie se trouve les biscuits sucrés et goûters etc (36%) ;
- les biscuits à humidité intermédiaire : aw comprise entre 0,55 et 0,85. Dans cette catégorie se trouvent les biscuits aux œufs (boudoirs, cuillers,...) et les gaufrettes, qui représente 5% et les biscuits pâtisseries, chocolatés et assortiments représentant 30% ;
- les produits humides : aw supérieure à 0,85 dont toute la gamme de la pâtisserie (29%).

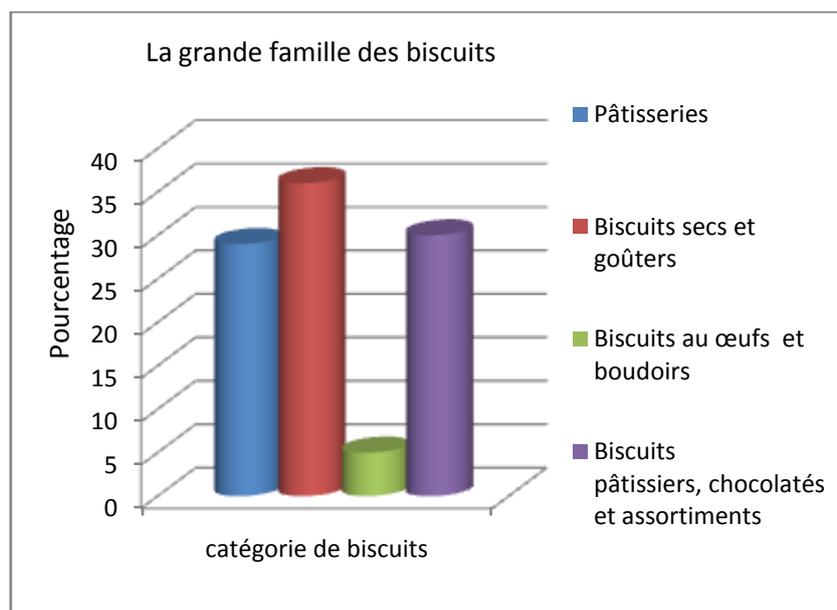


Figure 3 : la grande famille des biscuits (PNNS, 2007)

II.3-Composition et apports nutritionnels des biscuits

II.3.1-Composition nutritionnelle

Du fait de la grande variété des recettes, il existe une très grande variabilité de la composition nutritionnelle des biscuits. La composition nutritionnelle d'un biscuit est fonction de la catégorie de biscuit, particulièrement de la recette (Tableau III).

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). 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 III: Composition nutritionnelle pour 100 g de biscuits secs

Eléments 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.3.2-Apports nutritionnels

Les biscuits sont habituellement composés de farine, de sucre, de matières grasses, d'eau, de sel et de la levure chimique. Cette diversité dans la composition des biscuits leur confère un pouvoir nutritionnel intéressant.

En effet, les biscuits apportent aux enfants 3,9% des apports en glucides complexes, 2,3% pour la Vitamine E ; 2,5% pour les fibres et 2,4% des apports en fer (PNNS, 2007).

Chez les adultes, ces valeurs sont réduites à la baisse du fait de la baisse de la consommation (tableau V). Les biscuits contribuent aux apports en glucides de 1,7% ; 1,1% pour la vitamine E, 0,9% des fibres et 1,1% des apports en fer (PNNS, 2007).

La contribution des biscuits aux apports en lipides et glucides est remarquable (tableau IV). Les apports en lipides sont de l'ordre de 4,7% chez les enfants et 2,1% chez les adultes. Les apports en glucides simples sont de 4,5% chez les enfants et 2,9% chez les adultes.

Tableau IV : Contribution des biscuits aux apports nutritionnels

Apport nutritionnel	Glucides complexes	Vitamine E	Fibres	Fer	Lipides	Glucides simples	Energies
Enfants	3,9%	2,3%	2,5%	2,4%	4,7%	4,5%	3,6%
Adultes	1,7%	1,1%	0,9%	1,1%	2,1%	2,9%	1,8%

Source : PNNS, 2007



DEUXIEME PARTIE :
MATERIEL ET METHODES

I-MATERIEL

I.1- Matériel biologique

Les tubercules de patate douce à chair orange ont servi de matière biologique pour la transformation dudit tubercule. L'approvisionnement s'est fait auprès des producteurs localisés dans des zones de production, notamment la Sissili (Léo) situé à 165 km de Ouagadougou. Deux lots de tubercules de 42,50 et 40,90 kg ont été réceptionnés. Les tubercules ont été utilisés dans la production des cossettes et de la farine de PDCO. La farine a servi de matière pour la production des biscuits.

I.2-Matériel de production des biscuits

Le matériel de production des biscuits est composé comme suit :

- un four à gaz (cuisinière) ;
- un mélangeur pétrin ;
- une planche à découper
- un rouleau à pâtisserie ;
- des emportes pièces ;
- une balance numérique (OHAUS);
- petit matériel de cuisine.

I.3- Matériel d'analyses

I.3.1- Analyses sensorielles

Le matériel utilisé pour les évaluations sensorielles se compose comme suit :

- petit matériel et équipements de cuisine : plateaux, bols, verres,...
- fiches d'évaluation

I.3.2- Analyses physico-chimiques

Ce sont essentiellement :

- une étuve Memmert ;
- une balance analytique Ohaus ;
- un extracteur de type soxhlet Vapodest 20 ;
- un distillateur Gerhardt ;
- un four Nabertherm ;
- un minéralisateur Gerhardt;
- petit matériel de laboratoire : verreries

I.3.3- Analyses microbiologiques

Le matériel est composé de :

- un autoclave ;
- une étuve Sélecta de 80°C ±1°C ;
- des étuves d'incubation Binder de 30°C, 37°C et de 44°C
- un bain-marie, réglable entre 44°C et 47°C ;
- un pH-mètre Consort;
- une balance analytique Ohaus ;
- un stomacher OSI;
- un agitateur Vortex ;
- petit matériel de laboratoire : boîtes de pétri, micropipettes, tubes à essai, flacons.

II- METHODES

II.1- Méthode de production

II.1.1- Les formulations

Plusieurs formulations (annexe 6) ont été adoptées afin de produire les biscuits. Elles font suite à nos travaux antérieurs réalisés sur les biscuits de PDCO (Kaboré, 2010). C'est à base de ces formulations que nous avons adopté les nouvelles formulations (annexe 7) susceptibles de donner des biscuits optimisés. A l'issue des analyses sensorielles, les meilleures formulations ont été retenues pour la suite des travaux.

II.1.2- Production des biscuits

La principale matière première est composée de la farine de la PDCO. Notons que la farine de patate a été produite au DTA dans l'atelier pilote en juillet-août 2011. La production des biscuits a été réalisée à l'aide du procédé mis en place au DTA. Le protocole de production est composé des principales étapes suivantes : la préparation de la pâte, la mise en forme des pâtons de biscuits, la cuisson et le refroidissement des biscuits. Certains paramètres du procédé ont été optimisés afin de l'adapter à la matière première utilisée et d'atteindre l'objectif recherché. Ces paramètres ont été optimisés pour servir à la production des biscuits.

II.1.3- Paramètres et méthodes d'optimisation des biscuits de PDCO

II.1.3.1- Paramètres

- Les paramètres de production (durée de pétrissage, température de cuisson)
- La formule des biscuits ;
- La texture des biscuits ;
- Le goût;
- La valeur nutritionnelle des biscuits.

II.1.3.2- Méthodes d'optimisation

- Augmentation de la durée de pétrissage (de 2-3 mn à 5-8 mn) ;
- Stabilisation de la température de cuisson (de 170-180°C à 140-150 °C);
- Réduction de la quantité d'eau utilisée (de plus 40ml à moins de 10ml) ;
- Augmentation du taux de matières grasses dans les recettes (de 30% à 35% et 40%) ;
- Enrichissement par la poudre de Moringa et la spiruline.

II.2- METHODES D'ANALYSES

II.2.1- Echantillonnage et description des échantillons pour les différentes analyses

Les échantillons qui ont été soumis aux différentes analyses (sensorielles, physicochimiques et microbiologiques) proviennent des productions effectuées dans l'atelier pilote du DTA et de la place du marché. Les échantillons produits au DTA sont la farine de la PDCO et les biscuits. La spiruline provient d'une pharmacie de la place (pharmacie de l'Hôpital) et la poudre de moringa provient de Léo (ferme d'une association villageoise, APSERN). L'échantillon de farine à été produit à partir des tubercules de patate douce à chair orange. Les échantillons de biscuits ont été fabriqués à partir de la farine de PDCO produite. Au total six (06) échantillons ont été prélevés (tableau V), dont trois échantillons de matières premières, farine de PDCO (R_f), poudre de moringa (R_{pm}), spiruline (R_{ps}); et trois échantillons de produits finis : biscuits de PDCO (B_o), biscuits de PDCO enrichis au moringa (B_m), et les biscuits de PDCO enrichis à la spiruline (B_s). Les échantillons de biscuits sont produits dans les mêmes conditions. Ils diffèrent les uns des autres par la teneur en matière grasse, la nature et/ou la présence ou non de l'enrichissant. 50 g de chaque échantillon ont été prélevés pour les analyses physicochimiques et microbiologiques. Pour l'analyse sensorielle, le prélèvement est fait de façon aléatoire en fonction de la composition du panel.

Tableau V: Codes des échantillons

Codes Echantillons	Production	Analyse sensorielle			Analyse biochimique	Analyse microbiologique	
	Codes de production	Epreuve de préférence	Epreuve hédonique	Epreuve descriptive			
<i>Biscuits de PDCO sans enrichissement</i>	298.....→ 635.....→ 339.....→	446 849→		771.....→	889	B ₀	B ₀
<i>Biscuits de PDCO enrichis au moringa</i>	245.....→ 458.....→ 478.....→	653 489→		557.....→	799	B _m	B _m
<i>Biscuits de PDCO enrichis à la spiruline</i>	522.....→ 665.....→ 712.....→	538 216→		119.....→	222	B _s	B _s
<i>Farine de PDCO</i>	-	-	-	-	-	R _f	R _f
<i>Poudre de moringa</i>	-	-	-	-	-	R _{pm}	R _{pm}
<i>Spiruline</i>	-	-	-	-	-	R _{ps}	R _{ps}

II.2.2- Méthodes d'analyses sensorielles

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

La méthode est commune aux trois types d'épreuves ici mises en évidence.

II.2.2.1- Choix du panel de dégustation

Le choix du panel est fonction du type d'épreuve à réaliser :

- un panel de 40 dégustateurs à été retenu pour la réalisation de l'épreuve de préférence par comparaison par paires. Il était composé d'hommes et de femmes de plus de 15 ans.
- le test hédonique a nécessité un panel de 24 dégustateurs tout sexe et âge confondus.

- le panel qui a servi à la réalisation de l'épreuve descriptive était tout à fait spécifique. Il était composé de six dégustateurs, tous des chercheurs du DTA. C'est un panel ayant une bonne expérience en analyse sensorielle des aliments.

II.2.2.3- Codage des échantillons

Les échantillons ont été codés à l'aide de codes à trois chiffres. Ces codes ont été choisis à l'aide de tables de répartition au hasard. Les codes affectés aux échantillons ont été combinés entre eux par type d'épreuve.

II.2.2.4- 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. Ils sont mis dans des tasses en verre et placés sur des plateaux par combinaison. Six (06) échantillons de biscuits ont subi l'épreuve de préférence par comparaison par paires et trois (03) échantillons ont fait l'objet du test hédonique et du profil sensoriel.

II.2.2.5- Conduite des tests de dégustation

Trois tests de dégustations ont été réalisés. Chaque dégustateur a reçu une combinaison d'échantillons, une fiche d'évaluation et un verre d'eau pour rincer la bouche entre deux échantillons. Les dégustateurs ont été invités à apprécier les échantillons sur la fiche d'évaluation. Les fiches dûment remplies par les dégustateurs ont été retirées à la fin de l'évaluation et les données ont été organisées puis traitées. Une formation minimale est faite à l'intention des dégustateurs : principe de notation ou d'appréciation, remplissage de la fiche de notation, nature de l'échantillon, les paramètres à évaluer. Notons que les fiches de dégustations sont conçues en fonction des épreuves sensorielles à réaliser : test de préférence par comparaison par paires (annexe 1), test hédonique (annexe 2), profil sensoriel (annexe 3).

II.2.3-Méthodes d'analyses biochimiques

II.2.3.1-Prétraitement des échantillons

Les échantillons soumis aux analyses sont au nombre de six (6) et composés de deux types : les matières premières et les produits finis.

Les matières premières qui ont subi les analyses biochimiques se composent de la farine de la PDCO, la poudre de moringa et la spiruline. Ces échantillons n'ont pas subi de traitement pour l'analyse biochimique.

Les produits finis sont composés des trois types de biscuits dont les biscuits de PDCO, les biscuits de PDCO enrichis au moringa et les biscuits de PDCO enrichis à la spiruline. Ces échantillons par contre ont fait l'objet de traitement préliminaire avant la caractérisation des différents paramètres. En effet, les échantillons de biscuits ont été broyés dans un mortier en aluminium. Les échantillons sont ensuite conditionnés dans des sachets plastiques puis thermo-soudés.

II.2.3.2-Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau des échantillons a été déterminée par pesées avant et après passage à l'étuve à une température de $105\pm 2^\circ\text{C}$ pendant 24 h (NF V03-707, juillet 2000).

5 g de l'échantillon (P_e) sont pesés dans une nacelle (P_v) puis placés à l'étuve à 105°C pendant 24 h. Au bout des 24 h les nacelles sont retirées de l'étuve, refroidies dans un dessiccateur pendant 30 minutes, puis pesées et le poids final (P_f) noté. Le pourcentage en masse d'eau est obtenu à l'aide de la formule suivante :

$$\%H = \left[\frac{P_e - (P_f - P_v)}{P_e} \right] \times 100$$

$\%H$: teneur en eau

P_e : prise d'essai

P_v : poids à vide des nacelles

P_f : poids final

II.2.3.3-Détermination du taux des cendres

La détermination des cendres a été faite selon la norme française « NF V03-760, décembre 1981 » utilisé par le laboratoire de physicochimie du DTA.

5 g de l'échantillon broyé (P_e) sont pesés dans un creuset de poids vide (P_v) puis placés dans un four à 550°C pendant une nuit. Les échantillons calcinés sont retirés du four et placés dans un dessiccateur pour refroidissement puis pesés et le poids final (P_f) noté.

Le taux de cendres est calculé suivant la relation ci-après :

$$\%C = \frac{P_f - P_v}{P_e} \times 100$$

%C : taux des cendres

P_e : prise d'essai

P_f : poids final (creuset + échantillon calciné)

P_v : poids à vide des creusets

Le taux des cendres par rapport à la matière sèche est exprimé par l'expression suivante :

$$\%C/MS = \left[(P_f - P_v) \times \frac{100}{P_e} \right] \times \frac{100}{100 - \%H}$$

MS : matière sèche

%H = Pourcentage en masse d'eau déterminée selon la norme NF V03-707, juillet 2000.

II.2.3.4-Détermination du taux des protéines

La teneur en protéines des échantillons a été déterminée selon la norme française V03-050, Septembre 1970 (norme utilisée en laboratoire physicochimique du DTA), par la méthode de Kjeldahl. L'azote organique de l'échantillon est transformé en azote minéral sous forme ammoniacale (NH₄)₂SO₄ par l'action oxydante de l'acide sulfurique (H₂SO₄) concentré bouillant en présence d'un catalyseur. Après déplacement par la soude, l'ammoniac est distillé puis titré par l'acide sulfurique en présence d'un indicateur coloré (acide borique) par acidimétrie. La teneur en protéines totales est calculée en utilisant le facteur de conversion (6,25) soit 16% d'azote dans les protéines.

Mode opératoire : 0,5 g d'échantillon broyé (P_e) est mis dans un tube de minéralisation (matras Kjeldahl) où on ajoute une pastille de catalyseur Kjeltabs ck [3,5 g de sulfate de potassium (K₂SO₄) et 0,4 g de sulfate de cuivre (CuSO₄)], puis 10 ml d'H₂SO₄ concentré (0,1N). Les échantillons préparés sont minéralisés sur un bloc chauffant à température progressive (90, 120 ... 400°C) pendant trois (3) heures (décoloration totale de la solution). Le minéralisât obtenu est ensuite dilué avec 50 ml d'eau distillée environ. On effectue ensuite une distillation avec de la soude concentrée (10 N). Le distillat (150 ml) est recueilli dans un bécher contenant 5 ml d'indicateur coloré composé de vert de bromocrésol, de rouge de méthyle et d'acide borique. L'ensemble est titré avec 0,1 N d'H₂SO₄ jusqu'à virage de

l'indicateur du vert au rose. La teneur en protéines par rapport à la matière sèche est déterminée en utilisant la formule suivante:

$$\% \text{Protéines/MS} = \left[6,25 \times 0,014 \times 0,1 \times (V_e - V_b) \times \frac{100}{P_e} \right] \times \frac{100}{100 - \%H}$$

MS = Matière sèche

V_b = Chute de la burette pour le blanc

V_e = Chute de la burette pour le distillat

P_e = Prise d'essai

0,1 = Titre acide sulfurique

0,014 = Poids molaire de l'azote $\times 10^{-3}$

%H = Pourcentage en masse d'eau selon la norme NF V03-707, juillet 2000.

II.2.3.5-Détermination du taux des lipides

Le taux de matières grasses des échantillons a été déterminé par extraction au Soxhlet selon la norme internationale « ISO-659, 1998 ». L'extraction est faite à chaud (à ébullition) par trempage suivi de rinçage de l'échantillon à l'hexane. La teneur en lipides est déterminée par pesée après évaporation de l'hexane par distillation.

Mode opératoire : 5 g de chaque échantillon broyé (P_e) sont mis dans une cartouche puis placé dans un Soxhlet. 200 ml environ d'hexane sont mis dans un ballon de poids (P_v) connu et le tout adapté au soxhlet. L'extraction est réalisée à chaud (ébullition sur plaque chauffante) pendant 4 h. Le solvant est ensuite évaporé par distillation à l'évaporateur rotatif. Le distillat est ensuite séché à l'étuve pendant 1 h. Le ballon contenant les matières grasses est refroidi au dessiccateur puis pesé de nouveau et le poids final (P_f) noté.

Le pourcentage des lipides par rapport à la matière sèche a été calculé à l'aide de la formule ci-après :

$$\% \text{Lipides/MS} = \left[(P_f - P_v) \times \frac{100}{P_e} \right] \times \frac{100}{100 - \%H}$$

MS = Matière sèche

P_f = Poids final (ballon + matière grasse)

P_v = Poids à vide du ballon

P_e = Prise d'essai

%H = Pourcentage en masse d'eau préalablement déterminé.

II.2.3.6-Détermination des glucides totaux

La teneur en glucides totaux par rapport à la matière sèche a été déterminée par méthode différentielle (méthode employée au laboratoire physicochimique du DTA). Le calcul est fait avec les valeurs déterminées des taux de protéines, de lipides, des cendres et d'humidité. La formule utilisée est la suivante :

$$\% \text{Glucides totaux/MS} = 100 - [\% \text{C/MS} + \% \text{P/MS} + \% \text{L/MS}]$$

%C/MS : taux des cendres par rapport à la matière sèche

%P/MS : taux des protéines par rapport à la matière sèche

%L/MS : taux des lipides par rapport à la matière sèche

II.2.3.7-Calcul de la valeur énergétique (Kcal / 100g)

Les valeurs de l'énergie métabolisable des échantillons de biscuits ont été calculées en multipliant le taux de protéines par 4 (Kcal/g), celui des lipides par 9 (Kcal/g) et celui des glucides totaux par 4 Kcal/g.

II.2.3-Méthodes d'analyses microbiologiques

II.2.3.1-Préparation des milieux de culture et diluant

Les analyses microbiologiques ont concerné six (06) échantillons dont trois matières premières (farine de PDCO, poudre de moringa et spiruline) et trois produits finis (biscuits de PDCO, biscuits de PDCO enrichis au moringa et biscuits de PDCO enrichis à la spiruline). Les paramètres microbiologiques mis en évidence sont la flore totale, les coliformes totaux et fécaux, et les levures et moisissures.

II.2.3.1.1- Les milieux de culture

- Le milieu de culture Plate Count Agar (PCA) a été préparé selon la norme ISO-4833, mai 2003 : 23,5 g de PCA sont dilués dans 1l d'eau distillée puis portés à ébullition. Le pH de la solution obtenue est ajusté (à pH=7±2) puis la solution stérilisée à l'autoclave (121°C) pendant 15mn. Après autoclavage la solution est refroidie dans un bain- marie (45±5°C).
- Le milieu de culture gélose Lactosée Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre (VRBL), a été préparé suivant la norme ISO-4832, juillet 1992 : 39,5 g de VRB-agar sont dilués dans 1l d'eau distillée stérile. La solution est homogénéisée et portée à

ébullition, puis le pH ajusté à $7,4 \pm 0,2$. Le milieu préparé est gardé dans un bain- marie ($45 \pm 5^\circ\text{C}$).

- Le milieu Sabouraud (Sab) a été préparé suivant la norme ISO-7954, août 1988 : 11,25 g de sabouraud ont été introduits dans un flacon contenant 250 ml d'eau distillée puis chauffés au bain marie bouillant jusqu'à dissolution complète. Dès lors, le pH est ajusté à $5,5 \pm 0,2$ et le mélange stérilisé à 121°C pendant 15 minutes. Un antibiotique (gentamicine 160 mg par litre de solution) est ajouté à la solution puis maintenu liquide à 45°C dans un bain- marie.

II.2.3.1.2- Les diluants

Les diluants sont préparés, en diluant 9,5 g de la poudre (eau peptonée tamponnée) dans 1l d'eau distillée. La solution est homogénéisée et le pH ajusté à $7 \pm 0,2$. Ensuite 9 ml de la solution est répartie dans des tubes. 100 ml de solution sont répartis dans les flacons servant à la répartition des solutions mères. Les tubes et les flacons sont stérilisés à l'autoclave (121°C) pendant 15mn. Les tubes et les flacons sont retirés et refroidis avant utilisation.

II.2.3.2- Numération ou dénombrement des germes

Le dénombrement des microorganismes a été fait uniquement sur milieu solide. Il a été fait suivant les étapes ci-après.

II.2.3.2.1- Préparation des solutions mères et dilutions décimales

La suspension mère a été préparée en pesant 10 g d'échantillon dans un sachet stomacher stérile dans lequel on ajoute 90 ml d'eau peptonée stérile. L'ensemble est passé au stomacher pendant 2 minutes. A partir de cette suspension mère une série de dilutions décimales successives est réalisée : 1 ml de solution est prélevé à l'aide d'une micropipette et introduit dans un tube contenant 9 ml de diluant (eau peptonée stérile) à la température ambiante. 1 ml de ce mélange est de nouveau prélevé de cette dernière solution et introduit dans le tube suivant contenant la même quantité d'eau peptonée. La dilution est ainsi faite jusqu'à la plus forte dilution désirée.

II.2.3.2.2- Les ensemencements

L'ensemencement a été fait suivant la méthode de l'inoculation en masse. 1 ml de chaque dilution est introduit dans une boîte de pétri stérile dans laquelle on ajoute le milieu de culture maintenu liquide à la température du bain- marie ($45 \pm 5^\circ\text{C}$). Les boîtes de pétri sont

ensuite homogénéisées. Les boîtes sont laissées à solidifier sur la paille avant l'incubation à l'étuve. Toute la manipulation a été effectuée autour d'une flamme et sur une paille préalablement bien nettoyée à l'alcool 65% afin d'éviter toute contamination.

II.2.3.2.3- Incubation, lecture et expression des résultats

L'incubation, la lecture ainsi que le calcul du nombre de germes ont été faits suivant les normes en vigueur pour chaque type de microorganisme.

II.2.3.2.3.1- La flore totale

La numération de la flore totale (Flore aérobie mésophile) a été effectuée selon la norme internationale ISO 4833, Mai 2003. L'ensemencement a été fait sur le milieu «gélose Plate Count Agar (PCA)» et les boîtes ont été incubées à l'étuve réglée à 30°C pendant 72 h ± 3 h.

Les colonies ont été comptées après chaque 24h et le total calculé au bout de la période d'incubation.

Les boîtes de pétri contenant moins de 300 colonies ont été retenues pour le calcul du nombre "N" de micro-organismes présents dans l'échantillon. Le calcul a été fait en utilisant les colonies de deux dilutions successives à l'aide de la formule ci-dessous :

$$N = \frac{\Sigma C}{(n_1 + 0,1n_2) \times d}$$

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

ΣC: Somme des colonies comptées sur les boîtes retenues des deux dilutions successives

n₁: Nombre de boîtes retenues à la première dilution

n₂: Nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution

d: facteur de dilution correspondant à la faible dilution (la 1^{ère})

II.2.3.2.3.2- Les coliformes totaux et fécaux

Les coliformes ont été dénombrés selon la norme internationale ISO-4832, Février 2006 pour les totaux et la norme française V08-060, Avril 2009 pour les fécaux. L'ensemencement a été fait sur le milieu «gélose Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre (agar VRBL). Les boîtes ont été incubées respectivement à 37 °C et à 44°C à l'étuve pour les coliformes totaux et fécaux pendant 24 h ± 2 h. Les colonies caractéristiques, de chaque indice microbiologique, ont été comptées après la période d'incubation.

Pour le calcul du nombre “N” de microorganismes par gramme d'échantillon, la même formule que pour la flore aérobie a été utilisée.

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

N = moins de 10 Coliformes /g d'échantillon.

IV.2.3.2.3.3- Les levures et moisissures

La norme internationale ISO-7954, Août 1988 a été utilisée pour le dénombrement des levures et moisissures. L'ensemencement a été réalisé sur le milieu Gélose de Sabouraud (la gélose glucosée à l'extrait de levure et au chloramphénicol). 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.

Le nombre N de microorganismes par gramme d'échantillon a été déterminé en utilisant l'expression précédente.

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 = moins de 10 levures et moisissures/ g d'échantillon

II.3- TRAITEMENTS DES DONNEES

Les résultats biochimiques (taux d'humidité, taux des cendres, des lipides et des protéines) ont été exprimés en valeurs moyennes pour deux mesures± l'écart type.

L'analyse des données des tests de dégustation a été faite à l'aide des tests statistiques fréquentiels suivant chaque épreuve. Les données du test de préférence par comparaison par paires ont été analysées par le test statistique unilatéral. L'analyse des résultats du test hédonique a été faite avec le test statistique ANNOVA (analyse de la variance). Les descripteurs ont été convertis en notation numérique. Les chiffres 1, 2, 3, 4, et 5 correspondent respectivement à très désagréable, désagréable, ni agréable-ni désagréable, agréable et très agréable. Pour le profil sensoriel, les résultats ont été interprétés en l'état qualitativement.



TROISIEME PARTIE :
RESULTATS ET DISCUSSION

I- TECHNOLOGIE DE TRANSFORMATION DE LA PDCO

I.1-Les cossettes et la farine de patate douce à chair orange

Les cossettes et la farine de patate douce à chair orange, ont été produites suivant les étapes ci-après (figure 4). Le rendement moyen est de 24,81% (tableau VI).

❖ *La réception de la matière première (tubercules)*

Les tubercules de patate sont réceptionnés et stockés de manière à limiter les contaminations tant chimiques que microbiennes. Le stockage s'est fait à la température ambiante. Dans la plupart du temps la transformation des tubercules se fait immédiatement dès la réception.

❖ *Nettoyage et Désinfection*

Les tubercules sont lavés à l'eau javellisée (0,2%). Les saletés et impuretés sont ainsi éliminés. Ils sont ensuite rincés deux fois à l'eau puis égouttés pendant quelques minutes. Pendant le nettoyage, les tubercules défectueux sont écartés. Le rinçage permet l'élimination des résidus de javel.

❖ *Epluchage*

Les tubercules de patate, nettoyés et désinfectés, sont épluchés. L'épluchage est manuel. Elle s'effectue à l'aide de couteaux (en inox). Les queues, les yeux et les parties défectueuses sont éliminées lors de l'épluchage. Les tubercules épluchés sont ensuite découpés en tranches qui sont immédiatement trempées dans de l'eau pour éviter le brunissement (décoloration de la chair). La taille des tranches de tubercule dépend de la performance du séchoir. Le temps de séchage est réduit si les tranches sont minces.

❖ *Séchage*

Les tranches sont retirées de l'eau puis égouttées. Elles sont ensuite placées dans le séchoir sur les claies en suivant le mode d'utilisation du séchoir. C'est un séchoir à gaz de type ATTESTA (annexe 4). La température est maintenue à moins de 70°C. Le séchage prend fin dès que les tranches sont sèches. Les cossettes sont ensuite conditionnées dans des emballages plastiques puis stockés dans une salle où elles seront par la suite utilisées pour la production de la farine.

Les étapes de production de la farine sont les suivantes :

❖ *Le concassage*

Le concassage consiste à broyer grossièrement les cossettes. Il est effectué à l'aide d'un broyeur à marteaux. Le concassage permet de rentabiliser l'opération de mouture.

❖ *La mouture*

Comme les céréales, la farine de patate douce est obtenue par mouture (figure 4) des cossettes concassées. Le concassage ainsi que la mouture sont effectués dans une entreprise de la place (CTRAPA).

❖ *Le tamisage*

Le tamisage de la farine est soigneusement effectué à l'aide de tamis de laboratoire en inox avec le respect des bonnes pratiques d'hygiène (port de blouse, de masque bucco-nasale, nettoyage et désinfection du matériel). Les tamis utilisés ont des mailles de 200 µm de diamètre et donnent une farine très fine ; la granulométrie des biscuits en dépend. Après tamisage, la farine est conditionnée dans des fûts et stockée dans une salle pour des fins technologiques (production de biscuits).

Tableau VI: Résultats technologiques de la transformation des tubercules de PDCO

Transformation de la PDCO	Poids tubercules frais	Poids après N/D	Poids des tranches	Poids des cossettes	Rendement en cossettes	Moyenne
1 ^{er} lot (Léo, 23/07/2011)	42,50 kg	41,50 kg	33 kg	10,60 kg	24,94%	24,81%
2 ^{ème} lot (Léo, 23/07/2011)	40,90 kg	39,70 kg	31,50 kg	10,10 kg	24,69%	

N/D : Nettoyage et Désinfection

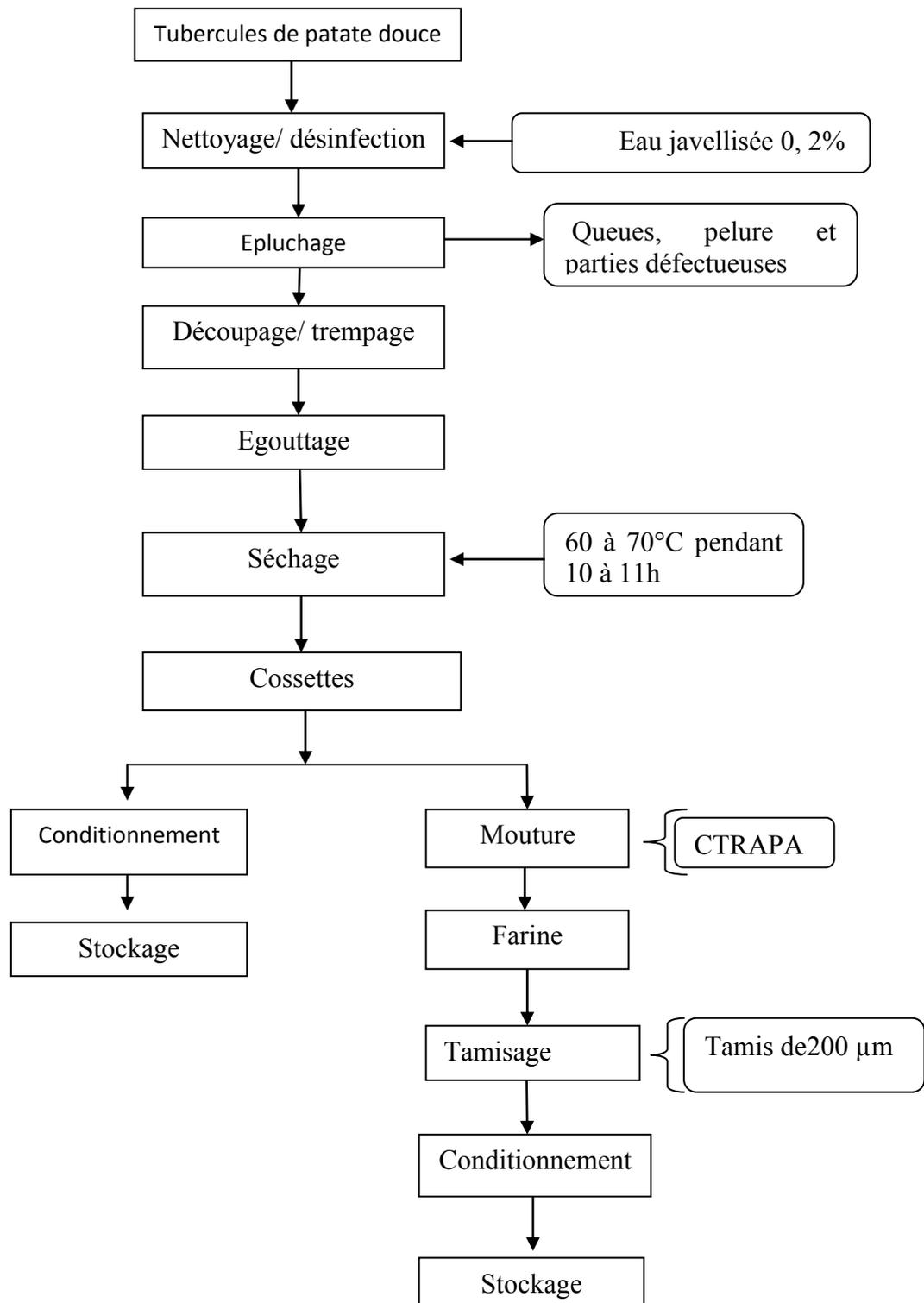


Figure 4 : Diagramme de production des cossettes et de la farine de PDCO

I.2- Les formulations des biscuits

Les essais de production ont porté d'abord sur trois formulations : 30% (60g pour 200g de farine) de matières grasses (annexe 6). Elles font suite à nos travaux préliminaires sur la PDCO (Kaboré, 2010). De ces formulations six formulations (annexes 7) ont été élaborées après des essais de production. Elles diffèrent des trois premières par la teneur en matières grasses et les quantités d'eau utilisées. A l'issue des tests de dégustation (test de préférence par comparaison par paires) les trois meilleurs formulations parmi les six ont été retenues : Formulations à 80g (40%) de matières grasses (annexe 7).

I.3- Les biscuits : procédé de production et diagramme

Les biscuits ont été produits en suivant un protocole établi au DTA. L'adaptation du procédé à la matière première (farine de PDCO), la prise en compte de paramètres supplémentaires furent des points essentiels dans la réalisation des productions de biscuits. Les figures 5 et 6 montrent les principales étapes de la technologie de production des biscuits. Ce sont la préparation de la pâte à biscuit, la mise en forme, la cuisson.

Les étapes intervenant dans la fabrication du biscuit sont les suivantes :

- ***Elaboration de la farine préparée***

La farine de patate est mélangée à des ingrédients. Ce sont le lait en poudre, la poudre levante (levure chimique), le moringa et la spiruline. Le mélange est effectué dans un saladier et rendu homogène. L'homogénéité des biscuits dépend de l'efficacité de la présente opération. En effet, pour aboutir à des biscuits d'aspect homogène, nous avons effectué un mélange des ingrédients pendant 2 à 3 minutes.

On ajoute à la farine le lait en poudre en pluie. On mélange soigneusement puis l'on ajoute la levure chimique. On mélange de nouveau puis on ajoute la poudre de moringa ou la spiruline. Le mélange est effectué pendant 2 à 3 minutes. C'est une étape importante. En effet, la poudre de moringa, sous l'effet de l'humidité ambiante peut prendre de l'humidité et former des grumeaux. Les grumeaux lorsqu'ils ne sont pas bien écrasés lors du mélange affectent l'homogénéité des biscuits.

- ***Préparation de la pâte à biscuit***

La matière grasse (margarine) est fondue dans une casserole et refroidie puis transvasée dans le bol du pétrin. Le pétrin est mis en marche (vitesse minimale). On y ajoute

successivement l'œuf, l'arôme (1ml), le sucre en poudre, le sucre vanillée et le sel tout en continuant le mélange. Les ingrédients ont des proportions différentes (annexe 7). Lorsque le mélange sera bien fait (sucre dissout, mélange homogène), la farine préparée est ajoutée en pluie et le tout est pétri pendant 5 à 8 minutes. La pâte est malaxée dans le but d'obtenir des biscuits non farineux. En effet, l'aspect farineux ou non des biscuits dépend de l'efficacité de cette opération.

Le mixage permet la formation d'un réseau de particules déterminant la consistance de la pâte (Lamia, 2006). Lorsque la pâte est moins pétrie, les biscuits formés donnent un aspect farineux.

- ***La mise en forme***

Après pétrissage, la pâte est retirée du pétrin et étalée sur la planche à découper à l'aide du rouleau à pâtisserie. Pour une bonne cuisson, l'épaisseur de la pâte étalée est rendue inférieure 0,5 cm. Cependant, il est difficile de donner une épaisseur fixe. Les pâtons de biscuits sont façonnés à l'aide d'un emporte-pièce de forme étoilée. Afin d'éviter toute influence sur les analyses sensorielles, la seule forme a été employée.

- ***La cuisson des pâtons de biscuit***

Le four est préchauffé à 160-170°C. Les pâtons de biscuit sont placés sur la plaque à cuisson (figure 6) puis enfournés à une température comprise entre 140 et 150°C. La température est réglée manuellement. Une température élevée donne des biscuits brûlés et non cuits. Une cuisson à basse température donne des biscuits non cuits et très secs. Cette opération nous a permis d'optimiser les biscuits par le réglage de la température de cuisson. En effet, plusieurs essais de cuisson à température variable ont été réalisés. Il est ressorti que plus la température atteint un certain seuil (température supérieure à 150°C), plus il ya beaucoup de biscuits brûlés. Ces essais de cuisson ont permis de déterminer la température optimale de cuisson (pour laquelle on obtient des biscuits bien cuits, dorés). La cuisson est faite pendant 15 à 20 minutes. Lorsque les biscuits sont bien dorés, les plateaux sont retirés du four et refroidis. Le refroidissement est réalisé sous climatisation (température avoisinant 25°C). Après refroidissement, les biscuits sont conditionnés dans des bocaux en plastiques.

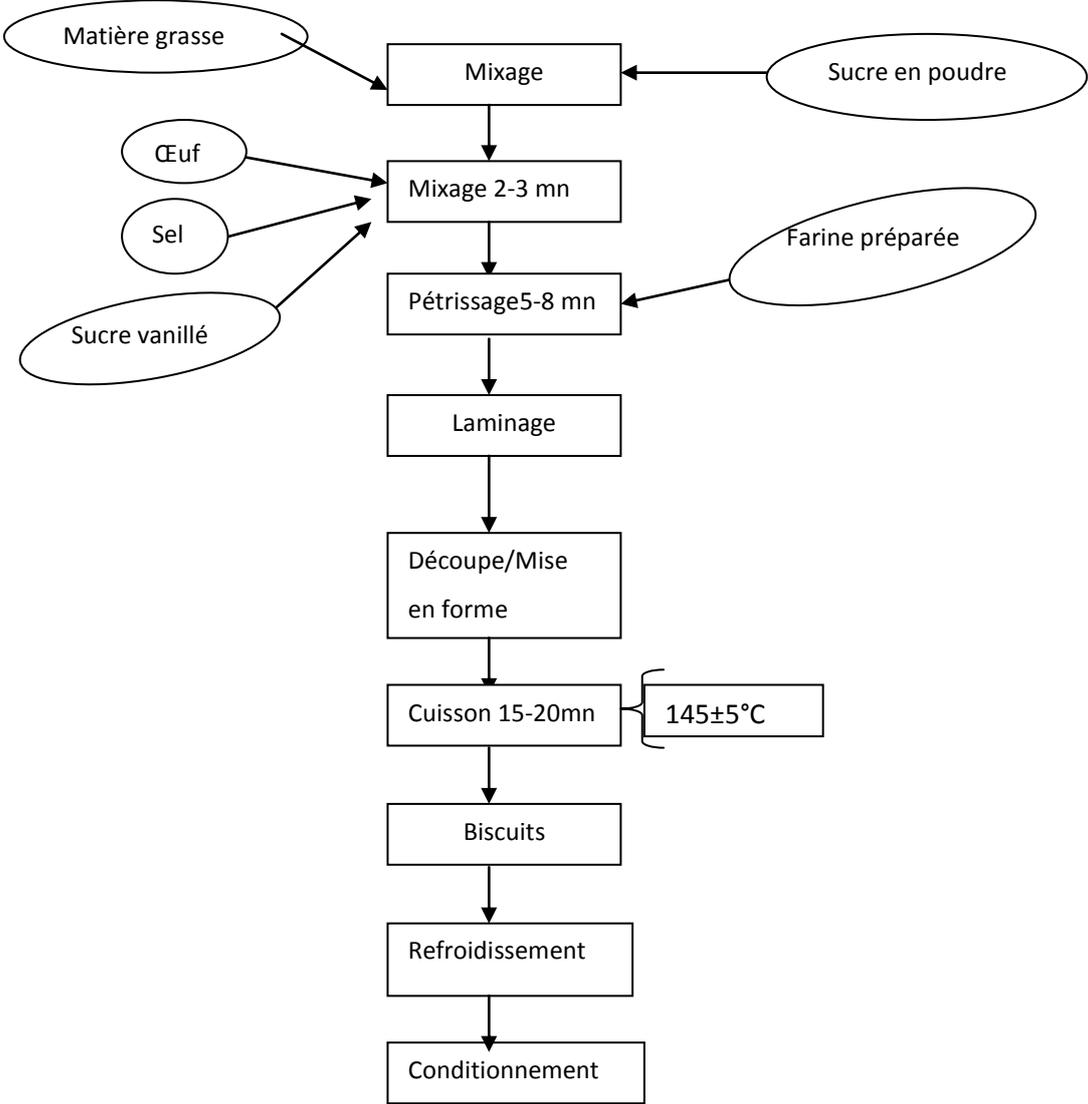


Figure 5 : Diagramme de production des biscuits de PDCO



Photo 4 : élaboration de la farine préparée



Photo 5 : Fonte de la matière grasse



Photo 6 : Pétrissage



Photo 7 : Laminage et mise en forme



Photo 8 : Cuisson des pâtons de biscuit



Photo 9 : Biscuits après cuisson

Figure 6: schémas de production des biscuits (source : photos KABORE 08/09/2011)

II-CARACTERISTIQUES ORGANOLEPTIQUES DES BISCUITS

II.1- La préférence par comparaison par paires

Les résultats du test de préférence sont consignés dans le tableau VII.

Tableau VII : préférence des biscuits

Echantillons	Préférence	Probabilité ($p=0,05$)	Taux de préférence (en pourcentage)	Echantillon le plus préféré
849	30/40	0,002	75%	849
446	10/40		25%	
216	22/40	0,638	55%	216
538	18/40		45%	
489	24/40	0,208	60%	489
653	16/40		40%	

L'analyse statistique montre une probabilité de 0,002. Cette valeur est inférieure à la probabilité zéro (0,05) que nous nous sommes fixés : valeur en dessous de laquelle il existe une différence statistique significative entre les échantillons. Ce qui signifie qu'il existe une différence statistique significative entre les deux échantillons de biscuit. L'échantillon 849 est préféré de façon significative à l'échantillon 446. En effet, 75% des dégustateurs ont apprécié le biscuit 849, contre 25% pour le biscuit 446. Les biscuits 446 et 849 sont respectivement les biscuits de PDCO (B_0) à 35% et 40% de matières grasses.

En ce qui concerne l'échantillon 216 et 538, l'analyse des résultats ne révèle pas une différence statistique significative. En effet, l'analyse statistique donne une probabilité de 0,638 (supérieure à 0,05). Ce qui signifie que l'échantillon 216 n'a pas été préféré de façon significative à l'échantillon 538. En effet, l'échantillon 216 a été apprécié par 55% des dégustateurs contre 45% pour l'échantillon 538. Les échantillons 216 et 538 correspondent respectivement aux biscuits de PDCO enrichis à la spiruline à 40% et 35% de matières grasses.

Pour les échantillons 489 et 653, l'analyse n'a révélé aucune différence statistique significative. Avec une probabilité de 0,208 (supérieure à 0,05), statistiquement il n'existe pas une différence significative entre les échantillons. Cependant, les taux de préférences permettent de faire un choix entre les deux échantillons. L'échantillon 489 a été préféré par 60% des dégustateurs contre 40% pour l'échantillon 653. L'échantillon 489 correspond au

biscuit de PDCO enrichis au moringa à 40% de matières grasses et l'échantillon 653 celui à 35% de matières grasses.

Il ressort de ces analyses que les biscuits dont la formule comporte 40% de matières grasses ont été les mieux préférés quelque soit le type de biscuit. De ce constat, nous pouvons dire que l'augmentation de la teneur en matière grasse des recettes a contribué certainement à l'optimisation du goût des biscuits.

II.2- L'épreuve hédonique

Le caractère agréable ou désagréable des biscuits a été mesuré à travers l'épreuve hédonique. Les données ont été traitées par l'analyse de la variance (ANNOVA). Les résultats sont représentés par la figure 7.

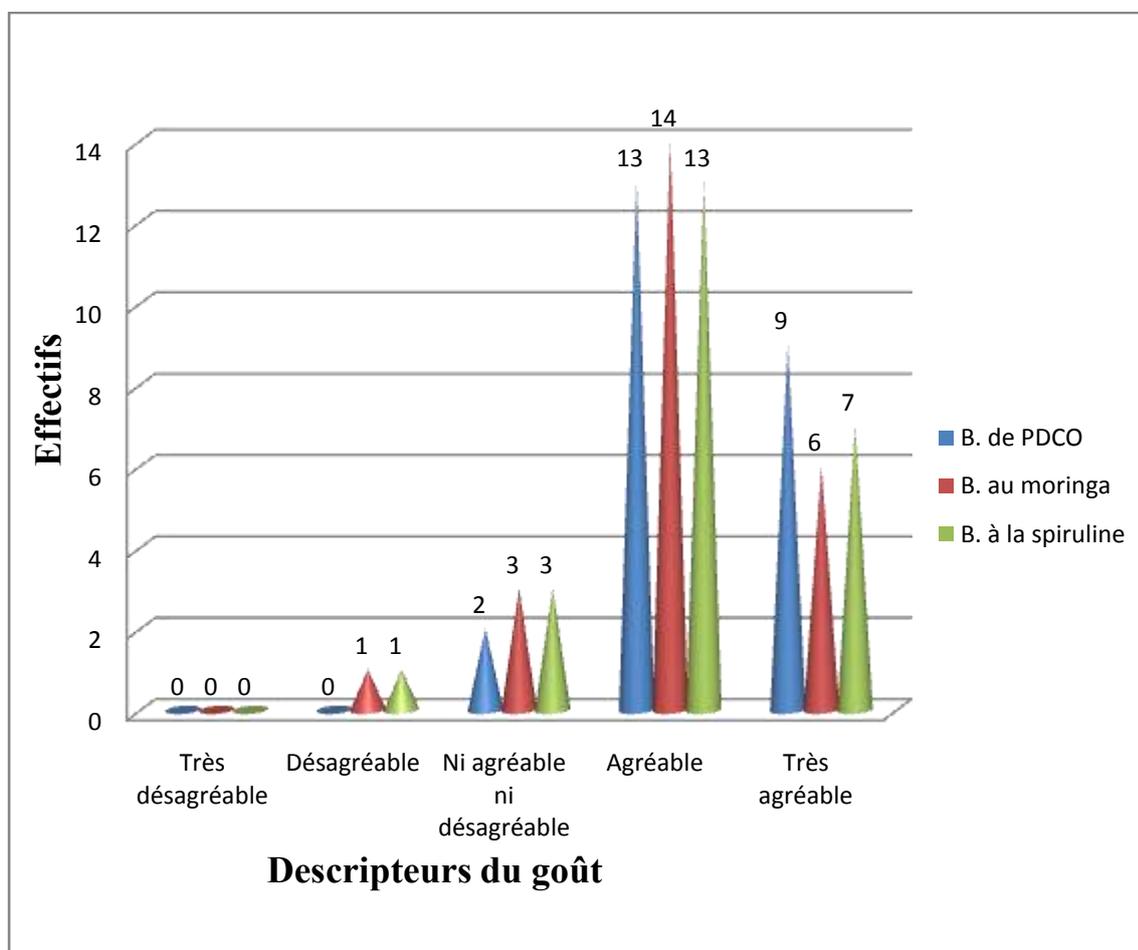


Figure 7 : caractéristiques hédoniques des biscuits de PDCO

Les résultats du test statistique montrent l'inexistence de différence significative dans le goût des échantillons. En effet, l'analyse de variance révèle un rapport de variance F calculé de 1,83 entre les échantillons. Cette valeur est inférieure à la valeur théorique donnée par la table statistique (3,23), valeur au-delà de laquelle il y a une différence statistique significative entre les échantillons. Les biscuits ont été tous trouvés agréables correspondant au niveau 4 de l'échelle d'appréciation. Les biscuits au moringa, de PDCO et à la spiruline ont été trouvés agréables.

L'analyse statistique des données a montré également qu'il n'existe pas de différence significative entre les dégustateurs. La valeur F calculée est de 1,32 une valeur inférieure à la valeur théorique (1,79) donnée par la table statistique. Ces résultats montrent que les biscuits ont été appréciés de la même façon.

Les travaux réalisés par Siédogo en 2009 ont montré que les biscuits de patate ont été trouvés passables (ni agréables ni désagréables) par 59,37% des dégustateurs. Aucun dégustateur n'avait trouvé les biscuits excellents (très agréables). Seul 31,25% les ont appréciés agréables.

En somme tous les biscuits ont été bien appréciés. Ils présentent de bonnes caractéristiques gustatives. Les résultats de l'analyse font bien ressortir que l'augmentation du taux de matières grasses dans les recettes a contribué à augmenter la qualité gustative des biscuits. Des essais avec des taux de 70 et 80 g soit 35% et 40% de matières grasses ont été réalisés avec un taux optimal de 80g (40%).

II.3-Le profil sensoriel

▪ La texture des biscuits de PDCO

Les caractéristiques homogènes ou hétérogènes des biscuits sont représentées par la figure 8.

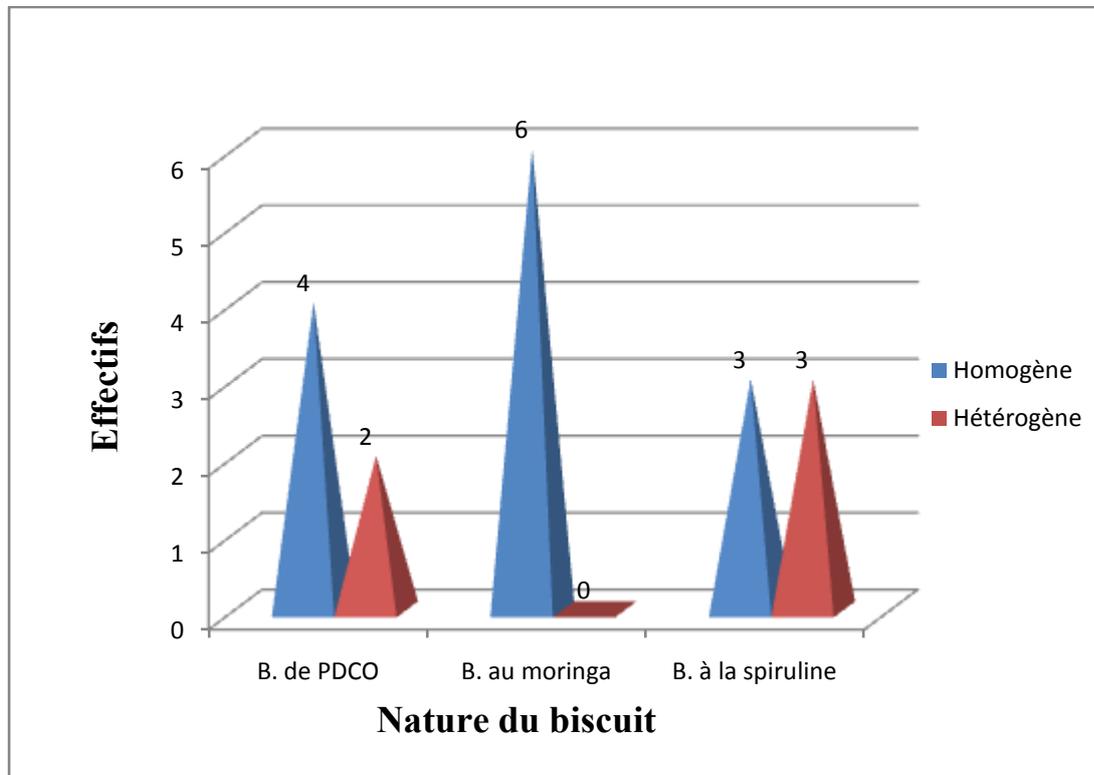


Figure 8 : Profil sensoriel des biscuits de PDCO : aspect homogène ou hétérogène

L'analyse des résultats laisse voir que seul le biscuit B_m présente un aspect tout à fait homogène. En effet, le biscuit a été trouvé homogène à 100% (tous les 6 dégustateurs). Aucun signe d'hétérogénéité n'a été signalé par les dégustateurs. L'uniformité dans la présentation du biscuit est certainement due à l'effet de la couleur du moringa. Elle est surtout liée à la maîtrise de l'opération (élaboration de la farine préparée). En effet, lorsque la poudre de moringa est mélangée avec les autres ingrédients, la couleur verdâtre du moringa se répand dans toute la pâte. Également la poudre de moringa étant très fine, on aboutit à des biscuits dont la répartition des particules visibles est uniforme (biscuits d'aspect homogène).

Le biscuit de PDCO (B_0) a été trouvé homogène à 66% (4 dégustateurs sur les 6), et hétérogène à 33% (2 dégustateurs sur 4). Le faible degré d'homogénéité du biscuit de PDCO est certainement dû à l'aspect de la farine, à sa couleur. Cependant le tamisage donne une farine très fine (granulométrie inférieure à 200 μm), ce qui explique en partie l'obtention de ce résultat.

Quant aux biscuits de PDCO enrichis à la spiruline, ils ont été appréciés ni homogènes (50%) ni hétérogènes (50%). Cette distribution des particules du biscuit est liée à l'aspect granulométrique de la spiruline (grosses particules).

▪ La texture des biscuits de PDCO

La figure 9 montre l'évolution des paramètres descriptifs de la texture des biscuits.

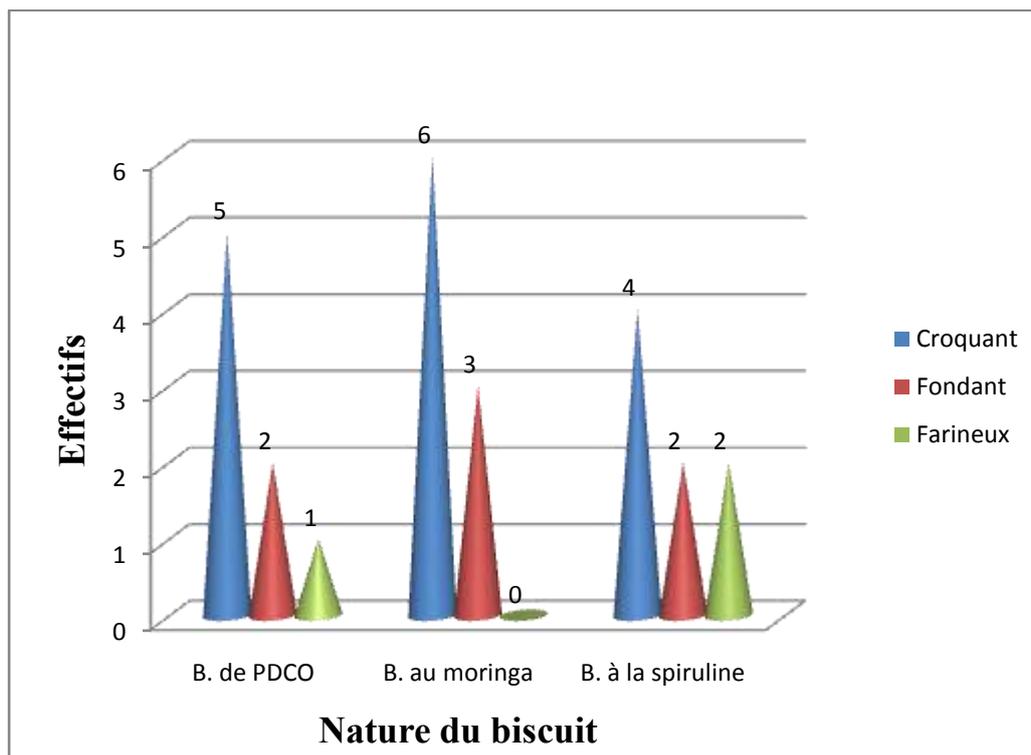


Figure 9 : profil sensoriel des biscuits de PDCO : aspects croquant, fondant et farineux

Les biscuits B_O (biscuits sans enrichissant) présentent les caractéristiques suivantes : ils ont été appréciés croquant par 83% des dégustateurs (5 dégustateurs sur 6), fondant par 33% des dégustateurs (2 dégustateurs sur 6) et farineux par 16% des dégustateurs (1 personne sur 6).

L'aspect croquant du biscuit B_m (biscuits enrichis au moringa) a été décelé par 100% des dégustateurs. Les biscuits ont été trouvés fondant par 50% des participants. L'analyse n'a pas décelé d'aspect farineux en ce biscuit. Les biscuits enrichis au moringa présentent donc l'aspect croquant, fondant et non farineux.

Les biscuits de PDCO enrichis à la spiruline présentent des caractéristiques physiques proches de celui enrichi au moringa : aspect croquant (66%), fondant (33%) et farineux (33%). 66% et 33% correspondant à 4 dégustateurs sur 6 et 2 dégustateurs sur 6 respectivement.

L'aspect croquant observé au niveau des biscuits est lié à la diminution (voire l'élimination dans certains cas) de la quantité d'eau utilisée dans la recette. C'est un descriptif positif pour des biscuits ; il en est de même pour le descriptif fondant.

Nous avons abouti à une amélioration des caractéristiques sensorielles des biscuits.

Les travaux de Siédogo (2009) ont montré que les biscuits de patate présentaient un aspect dur (31,25% des dégustateurs), très dure (15,62% des dégustateurs). Seul 21,88% des dégustateurs avaient apprécié les biscuits tendres et 15,62% les avaient trouvés très tendre. Selon les dites études, il est ressorti que les biscuits étaient collants et mous. Ces taux sont très faibles par rapport à ceux présentés par la figure 8. Dans cette même lancée, les travaux réalisés en 2010 montraient que les biscuits présentaient également des aspects un peu collants et difficiles à mâcher (Kaboré, 2010).

La diminution de la quantité d'eau a contribué à améliorer la texture des biscuits. Quant à l'aspect farineux, il a été réduit par l'augmentation de la durée de pétrissage.

Selon Lamia (2006), l'opération de pétrissage et l'eau utilisée dans les recettes ont des influences sur les caractéristiques physiques des biscuits.

III-CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

Dans le tableau VIII sont consignés les résultats de la composition chimique des matières premières et des produits finis.

Tableau VIII : Composition chimique des matières premières et des biscuits (pour 100g/MS)

Constituants (en g/100g)	Matières premières			Produits finis		
	R _f	R _{pm}	R _{ps}	B _O	B _m	B _s
<i>Teneur en eau</i>	9,55±0,32	9,28±0,71	9,55±0,57	4,27±0,47	4,82±0,13	4,07±0,03
<i>Cendres</i>	2,19±0,02	8,81 ±0,00	8,45±0,02	3,07± 0,01	3,08± 0,01	3,04± 0,02
<i>Lipides</i>	2,42±0,09	7,8±0,75	2,94±0,21	19,94±0,38	20,2±0,69	20,12±0,39
<i>Protéines</i>	4,84±0,10	23,96±0,48	69,26±2,48	5,77±0,37	6,09±0,25	6,21±0,23
<i>Glucides totaux</i>	90,55	59,43	19,35	71,22	70,63	70,63
<i>Energies (kcal/100g)</i>	403,34	403,76	380,9	487,42	488,68	488,44

R_f: farine de PDCO

R_{pm}: poudre de moringa

R_{ps}: Spiruline

B_O: biscuits de PDCO sans enrichissement

B_m: biscuits de PDCO enrichis au moringa

B_s: biscuits de PDCO enrichis à la Spiruline

III.1-La teneur en eau

La farine de patate douce, la poudre de moringa et la spiruline ont des teneurs en eau respectivement de 9,55%; 9,28% et 9,55%.

La teneur en eau de la farine de patate est un peu supérieure à celle rapportée par Siédogo en 2009 (7,37%). Le taux d'humidité obtenu pour la farine de patate est également supérieur à celui présenté par Banhero en 2011 (6,64%). La valeur présentée est par contre inférieure à celle trouvée lors des travaux de 2010. En effet, la farine de patate produite en 2010 avait une

teneur en eau de l'ordre de 10,52% (Kaboré, 2010). Les valeurs obtenues au niveau de la poudre de moringa et de la spiruline sont proches de celle de la farine de patate.

La teneur en eau de ces produits est inférieure à la valeur limite (11.7%) recommandée par la norme du codex Stan 176 (FAO, 1970).

Les teneurs en eau des biscuits vont de 4,07 à 4,27%. Ces valeurs trouvées sont légèrement faibles par rapport à celles présentées par Siédogo en 2009. Les données présentées par cet auteur vont de 4,50 à 7,08% pour les biscuits. Ces valeurs sont nettement inférieures à celles présentées par les travaux de Kaboré (2010). En effet, lors de ces travaux les teneurs en eau des biscuits variaient de 7,84 à 9,43%.

Cependant les teneurs en eau des biscuits sont élevées par rapport aux valeurs rapportées par le groupe de travail PNNS en 2007 sur les biscuits secs à base de blé (2%).

En somme, cette faible teneur en eau favorise une bonne conservation des produits. En effet une faible teneur en eau représente un facteur inhibiteur de développement des microorganismes. Le développement des microorganismes est ainsi limité.

III.2-Le taux des cendres

La teneur en cendres de la farine de patate est de 2,19% ; celle de la poudre de moringa est de 8,81% et celle de la spiruline est de 8,44%.

Le taux de cendres obtenu au niveau de la farine de PDCO est inférieur aux résultats obtenus par Siédogo en 2009. Les résultats de cet auteur étaient de l'ordre de 3,33%. Ces résultats sont également inférieurs à ceux rapportés par Banhoro en 2010 (3,4%). Cette différence pourrait provenir de la variété de PDCO utilisée. Les variétés n'ont pas les mêmes teneurs en sels minéraux (IITA, 1982). Elle peut être également liée aux conditions agricoles de productions de la patate (type de sol et nature des fertilisants).

Cependant cette valeur est dans le même ordre que celle récoltée lors des travaux de Kaboré (2010), au cours desquels un taux des cendres de l'ordre de 2,21% avait été enregistré. En outre Badila et *al.*, (2009) ont présenté des résultats du même ordre (2,13%).

La teneur en minéraux totaux de la poudre de moringa est en dessous des valeurs rapportées par les données relatives à la composition nutritionnelle de la dite matière. En effet, les données présentées par l'association Moringanews en 2012 (Broin, 2012) sont de l'ordre de 12%. Par contre, la fraction minérale de la spiruline est similaire à celle rapportée dans le tableau récapitulatif (TRCNS, 2012) de la composition nutritionnelle de la spiruline (7 à 12%).

Les taux de cendres obtenus au niveau des produits finis sont respectivement de 3,07% ; 3,08% et 3,04% pour les biscuits B_O, B_m et B_s. Les valeurs obtenues sont supérieures à celles présentées par Siédogo en 2009 qui sont de l'ordre de 2,67%. Cette différence dans les valeurs trouvées est certainement due d'une part à la composition de la recette des biscuits (quantités de lait et de margarine : riches en sels minéraux) et d'autre part à l'enrichissement faite (moringa et spiruline très riches en minéraux). En effet, le moringa et la spiruline sont très riches en minéraux (annexe 9). Cette teneur en minéraux confère aux biscuits un pouvoir nutritionnel intéressant.

III.3-Le taux de protéines

La farine de PDCO a une teneur en protéines de 4,84%. La teneur en protéines obtenue pour la farine de PDCO est dans le même ordre que celui présenté par Kaboré en 2009. En effet, les résultats présentés étaient de 5,02% de protéines. Cependant les valeurs obtenues sont faibles par rapport à celles présentées par Badila en 2009 (6,31%). Cela pourrait être lié à la variété de PDCO utilisée et surtout à la transformation subie par les tubercules. En effet, selon les données de l'IITA (1982), la transformation influence la composition nutritionnelle des produits (pertes de matières protéiques dans la peau des tubercules). Selon ces dites données, la pelure des tubercules contient beaucoup d'acides aminés (de nature protéique).

La poudre de moringa a une teneur en protéines de l'ordre de 23,96%. Ces résultats sont proches de ceux rapportés par Broin (2012) dans les données de l'association Moringanews (25%).

La poudre de spiruline a présenté une teneur en protéines de l'ordre de 69,25%. La valeur trouvée est du même ordre que celle présentée par Loïc en 2008 (60 à 70%). Elle est également dans la même fourchette que celle rapportée par Falquet (50 à 70%). Notons que la teneur en protéines de la spiruline est assez variable. Loïc en 2008 a expliqué cela par le fait que la variation est due aux éléments dont la spiruline dispose dans le milieu. Il a également ajouté que seule la culture en milieu contrôlé permet de maîtriser la qualité (teneur en protéines stable).

Les biscuits quant à eux ont des teneurs en protéines respectivement de 5,77% (B_O), 6,09% (B_m) et 6,21% (B_s). Les biscuits présentent des teneurs en protéines élevées par rapport aux valeurs rapportées par Siédogo en 2009 (2,99%). Les valeurs obtenues sont également plus élevées que celles obtenues pour les biscuits à bases d'autres racines et tubercules (manioc).

En effet, des teneurs en protéines allant de 2,29% à 5,57% ont été présentées par Siédogo en 2009. Dans le même ordre d'idée, Banhero en 2011 a présenté des taux de protéines de l'ordre de 2,05% à 5,27%. Cette différence est certainement due aux recettes et à l'ajout du moringa et la spiruline (très riches en protéines).

Les formulations et l'ajout du moringa ou de la spiruline contribuent à augmenter la valeur nutritionnelle des biscuits.

III.4-Le taux de matières grasses

La farine de PDCO contient 2,42% de matières grasses. La poudre de moringa en contient 7,8%, tandis que la spiruline en contient 2,94%.

Le taux de lipides obtenu pour la farine de PDCO est légèrement supérieur à celui obtenu par Siédogo en 2009 (1,54%). Badila et *al.*, (2009) ont rapportés une teneur en lipides de la farine de patate douce de l'ordre de 0,90%. Notons que la différence est sans doute liée à la variété et aux conditions de productions des patates. La teneur en lipides de la farine de patate est fonction des cultivars (Badila, et *al.*, 2009).

La teneur en matières grasses obtenue pour le moringa (7,8%) est dans le même ordre que celle présentée par Broin (8%/MS) dans les publications de l'association Moringanews (2012).

Le taux de matières grasses obtenu pour la spiruline est de 2,94%, une valeur inférieure à celle présentée par Loïc et *al.* en 2008 (6 à 8%). Par contre, les résultats sont proches de ceux rapportés dans le tableau récapitulatif de la composition nutritionnelle de la spiruline : 4 à 7% (TRCNS, 2012). Selon Falquet des systèmes d'extraction performants permettent d'aboutir à des taux de l'ordre de 11% (Falquet, 2012).

Les biscuits ont des teneurs en lipides respectivement de 19,94%, 20,2% et 20,12% pour les biscuits B_O, B_m et B_s. Les valeurs obtenues sont dans le même ordre que celles présentées par Siédogo en 2009 (21,43%). Cependant, elles sont nettement supérieures à celles présentées par le groupe PNNS en 2007 (12,0%) pour les biscuits secs à base de Blé. Cet écart est dû à la recette du biscuit. En effet, le pourcentage de matières grasses employé dans les recettes est de l'ordre de 40% (annexe 8) contre 12% selon le rapport du groupe PNNS (2007). Cette forte teneur en matières grasses confère aux biscuits un fort potentiel calorifique. L'augmentation du taux de matières grasses contribue à améliorer la composition nutritionnelle des biscuits.

III.5-La teneur en glucides totaux et valeur énergétique des biscuits

La farine de PDCO contient 90,55% de matières glucidiques. Ces résultats sont proches de ceux rapportés par Salunkhé en 1986 (96%/MS) pour les tubercules de patate. En outre, elle constitue une excellente source d'énergie (403,34 kcals pour 100g de farine).

La poudre de moringa renferme 59,43% de substances d'origine glucidique. Elle est source d'énergie (403,76 kcals pour 100 g de moringa). Ces valeurs sont supérieures à celles rapportées par Broin (2012) dans les rapports de l'association Moringanews où des teneurs en glucides de 40% et en énergies de 300 kcals sont mentionnées.

Pour la spiruline, une teneur en glucides de 19,35% a été trouvée. Sa valeur énergétique a été estimée à 380,9 kcals pour 100 g de matière. Une des caractéristiques les plus importantes de la spiruline est sa forte teneur en minéraux. Ce qui se justifie par une faible teneur en matières glucidiques. Selon Falquet (2012), la spiruline renferme une teneur en glucides de 15 à 25%.

Les biscuits ont des teneurs en glucides de l'ordre de 70%. Il n'y a pas de variation sensible dans les teneurs en glucides des trois types de biscuits (B_O , B_m et B_s). Ainsi, les biscuits sont susceptibles d'apporter environ 480 kcals pour 100g quelque soit le type de biscuits. Ils renferment des teneurs en glucides similaires à celles rapportées par Siédogo en 2009 (64,79 à 70,44%). Les valeurs énergétiques des biscuits sont également du même ordre que celles présentées par Siédogo en 2009 (473,71 à 491,44 kcals pour 100g de biscuits). Les densités énergétiques obtenues au niveau des biscuits sont par contre plus élevées que celles des biscuits de blé rapportées par le groupe PNNS en 2004 (435 kcals).

Les valeurs calorifiques obtenues confèrent aux biscuits un pouvoir nutritionnel très intéressant. Retenons que les biscuits optimisés (hautes valeurs énergétiques) pourront servir de compléments alimentaires en cas de carences protéino-énergétiques.

Il ressort de l'analyse des résultats du tableau VIII que les biscuits élaborés en plus de leurs richesses en substances minérales, sont d'excellentes sources d'énergies. Bien que les teneurs en vitamines et d'autres oligoéléments n'aient pu être mis en évidence, il est de constater que les biscuits renferment sans doute de nombreux micronutriments indispensables au bon fonctionnement de l'organisme (Mathieu-Daudé et *al.*, 2001). La nature de la PDCO (richesse en β -carotènes et autres micronutriments), et l'enrichissement avec la poudre de moringa et de la spiruline confirment ces idées.

IV-CARACTERISTIQUES MICROBIOLOGIQUES

Les résultats du dénombrement des microorganismes des échantillons sont consignés dans le tableau IX.

Tableaux IX: caractéristiques microbiologiques des matières premières et des biscuits

Echantillons	Flore totale (UFC/g)	Coliformes totaux (UFC/g)	Coliformes fécaux (UFC/g)	Levures et moisissures (UFC/g)
R _f	4,2 10 ⁵	1,7 10 ⁴	6,4 10 ³	4,1 10 ⁴
R _{pm}	1,0 10 ⁶	1,9 10 ⁴	1,8 10 ⁴	3,8 10 ³
R _{ps}	6,4 10 ²	<10	<10	8,2 10 ¹
B _O	2,1 10 ⁴	<10	<10	<10
B _m	1,5 10 ⁵	<10	<10	<10
B _s	8,5 10 ⁴	<10	<10	<10

R_f: farine de PDCO

R_{pm}: poudre de Moringa

R_{ps}: spiruline

B_O: biscuits de PDCO sans enrichissement

B_m: biscuits de PDCO enrichis au Moringa

B_s: biscuits de PDCO enrichis à la Spiruline

< = moins de

IV.1-La flore totale

La charge microbienne est de 4,2 10⁵ UFC/g pour la farine de PDCO, 1,0 10⁶ UFC/g pour la poudre de moringa et de 6,2 10¹ UFC/g pour la spiruline.

La charge microbienne de la farine de patate obtenue (4,2 10⁵ UFC/g) est légèrement inférieure à celle présentée par Siédogo en 2009 (9,3 10⁵ UFC/g). Une charge microbienne plus élevée a été rapportée par Kaboré en 2009 (2 10⁷). Cette différence (faible charge microbienne) est certainement due en partie aux méthodes de bonnes pratiques de fabrication appliquées au cours du processus de transformation et à la désinfection des tubercules frais.

Cependant des meilleurs résultats pouvaient être obtenus (moindre contamination) si l'opération de mouture était contrôlée. En effet, la mouture se fait dans une entreprise (CTRAPA), ce qui pourrait expliquer en partie cette charge microbienne un peu élevée.

La flore mésophile dénombrée au niveau de la spiruline respecte la valeur limite présentée par Falquet (2012) « pas plus de 10^3 à 10^6 micro-organismes par gramme ».

Sur le plan microbien, la charge d'un produit est fonction des transformations technologiques qu'il a subies. Il en est de même pour la poudre de moringa dont la charge microbienne est de l'ordre de $1,0 \cdot 10^6$ UFC/g.

La flore mésophile des biscuits est de $2,1 \cdot 10^4$ UFC/g pour le biscuit B_o, $1,5 \cdot 10^5$ pour le biscuit B_m et $8,5 \cdot 10^4$ UFC/g pour le biscuit B_s. Les biscuits sont moins chargés en micro-organismes mésophiles que les matières premières. Ces valeurs trouvées sont dans le même ordre que celles présentées par Siédogo ($1,2 \cdot 10^4$ UFC/g) en 2009. Par contre elles sont plus élevées que celles rapportées par Banhero en 2010 ($8,8 \cdot 10^2$ à $1,9 \cdot 10^3$ UFC/g) et par Kaboré en 2009 ($1,2 \cdot 10^2$ à $5,18 \cdot 10^2$). Ces valeurs sont au dessus de la norme (10^3 UFC/g) recommandée par le Règlement (CE) n° 2073/2005 de la commission du 15 novembre 2005 concernant les critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires.

IV.2-Les coliformes totaux et fécaux

La charge microbienne en coliformes de la farine de patate est de l'ordre de $6,4 \cdot 10^3$ à $1,7 \cdot 10^4$ UFC/g. Des taux de coliformes supérieurs à ces valeurs sont rapportés par Kaboré en 2009 ($2,8 \cdot 10^6$ à $7,9 \cdot 10^6$). La poudre de moringa quant à elle a une charge de $1,8 \cdot 10^4$ à $1,9 \cdot 10^4$ UFC/g. Par contre la spiruline a une charge microbienne en coliformes très réduite (moins 10 UFC/g). Cela est dû aux traitements que la spiruline a subis.

Contrairement aux matières premières les biscuits présentent une charge microbienne en coliformes très réduite (moins de 10 UFC/g). Le traitement thermique appliqué explique cette baisse considérable de la charge microbienne en coliformes. Ce faible taux de micro-organismes confère aux biscuits une bonne qualité sanitaire et favorise ainsi une conservation à long terme.

IV.3-Les levures et moisissures

La farine de patate présente une charge en levures et moisissures de l'ordre de $4,1 \cdot 10^4$ UFC/g. Celle de la poudre de moringa est de l'ordre de $3,8 \cdot 10^3$ UFC/g. la farine présente un taux de levures et moisissure supérieur à celui présenté par Siédogo en 2009 ($3 \cdot 10^1$ UFC/g) et Kaboré en 2009 ($3,4 \cdot 10^3$ UFC/g). Une contamination externe est certainement à la base de cette charge microbienne de la farine. En effet, la mouture de la farine a lieu dans une

entreprise de mouture (CTRAPA). Seule la spiruline présente une charge en levures et moisissures très réduite ($8,2 \cdot 10^1$ UFC/g).

Les biscuits quant à eux présentent une charge en levures et moisissures très réduite (moins de 10 UFC/g). Ces valeurs sont du même ordre que celles présentées par Siédogo en 2009 et Kaboré en 2009 (moins de 10 UFC/g). En effet, les résultats présentés montraient une charge inférieure à 10 UFC/g de biscuits. Banhoré (2010) a rapporté également une charge microbienne de moins de 10 UFC/g pour les biscuits. La réduction de la charge microbienne (levures et moisissures) des biscuits est due au traitement thermique appliqué et au respect des techniques de bonnes pratiques de fabrication. Les valeurs obtenues respectent la norme (10^2 UFC/g) fixée par le Règlement (CE) n° 2073/2005 de la commission du 15 novembre 2005 concernant les critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires.

Les résultats obtenus constituent un facteur d'innocuité pour les biscuits. La conservation des produits alimentaires est favorisée par une charge microbienne réduite.



CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

L'étude du procédé de transformation de la patate douce montre qu'elle revêt un intérêt technologique très intéressant. La transformation des tubercules en farine constitue en partie une solution au problème de conservation auquel les acteurs de la filière racines et tubercules sont confrontés. La technologie du séchage (température inférieure à 70°C), associée aux bonnes pratiques d'hygiène permettent la conservation de la qualité nutritionnelle du produit dont les vertus intéressent aussi bien les acteurs de l'Agro-alimentaire que ceux du domaine de la diététique et de la médecine.

Cependant il s'avère nécessaire d'étudier de façon plus poussée les propriétés technologiques de la farine de patate douce afin de favoriser son intégration dans le domaine de la panification et de la pâtisserie.

L'analyse sensorielle réalisée a montré que les biscuits ont des caractéristiques organoleptiques satisfaisantes. En effet, les biscuits obtenus sont appréciés agréables, avec un aspect croustillant, un peu fondant et homogène à des degrés variant suivant le type de biscuit.

La détermination de la composition chimique montre que la farine de PDCO est riche en sels minéraux (2,19%), et en glucides totaux (90,55%). Elle contient des protéines en quantité acceptable (4,84%). Les biscuits ont une teneur faible en eau (4,27 à 4,82%), des taux de glucides de l'ordre de 70,63 à 71,21%. Les biscuits présentent une bonne teneur en protéines (5,77 à 6,21%). Cette faible teneur en eau fait des biscuits des produits à fortes valeurs énergétiques. En effet, les biscuits peuvent apporter 487 à 488 kcal pour 100 g. Ils sont aussi riches en sels minéraux (3,04 à 3,08). Cette forte teneur en minéraux des biscuits est due à l'optimisation faite par l'enrichissement au moringa ou à la spiruline. Par conséquent les biscuits peuvent servir de complément alimentaire chez les personnes souffrant de déséquilibre nutritionnel ou de carences en micronutriments.

L'analyse microbiologique montre que les biscuits sont exempts de coliformes, de levures et moisissures. Ils renferment un taux faible de microorganismes mésophiles. Seule la farine de PDCO et la poudre de moringa renferment des coliformes. Mais des levures et moisissures ont été détectées dans les matières premières à des taux faibles ; ce qui constitue un facteur de qualité des produits. Les biscuits pourront donc se conserver pendant longtemps.

Au regard des résultats obtenus nous formulons les recommandations suivantes :

- Etudier l'effet de la cuisson sur les micronutriments (vitamines) que renferment les biscuits ;
- Etudier l'impact des cultivars de la variété à chair orange sur l'aptitude technologique du tubercule ;

- Elargir la gamme de recettes à base de la PDCO par l'élaboration d'autres produits dérivés (gâteaux et pains) ;
- Etudier la durée de conservation des produits à base de PDCO (cossettes, farine et biscuits) et les autres produits dérivés ;
- Acquérir du matériel de mouture : broyeur et moulin afin de limiter la contamination des farines de tubercules.



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

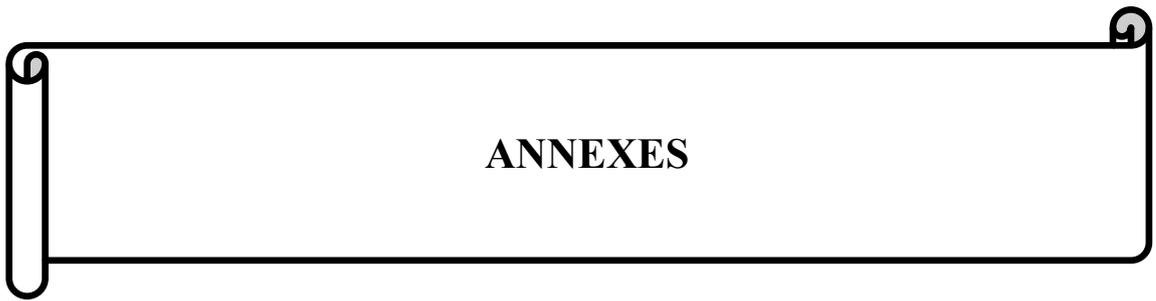
- **ADAM L K. (2005)** : La production biologique de la patate douce : cultures horticoles, Jed NCAT, 19 p.
- **BADILA C, DIATEWA M, ELLALY G.G et NGUYEN D. (2009)** : Mise au point d'un procédé de fabrication des farines de banane plantain et de tubercules de patate douce : Elaboration des caractéristiques chimiques des farines. Université Marien Ngouabi. Brazzaville, 63 p
- **BANHORO O. (2011)** : Valorisation des produits locaux : Formulation et production de biscuit à base de pulpe de baobab (*Adansonia digitata*), Mémoire de Licence. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 58 p
- **BELL A, Mû O, et Schuler B. (2000)** : Les richesses du sol : les plantes à Racines et Tubercules en Afrique. Une contribution au développement des technologies de récolte et d'après récolte. DES/GTZ, Allemagne, 17 p
- **CHARPY L, LANGLADE M J, ALLIOD R. (2008)** : La spiruline peut-elle être un atout pour la santé et le développement en Afrique ? IRD/Cyroco, Marseille, 49 p
- **GURA S (1991)**: Sweet Potato-No Longer To Be Neglected. Entwicklung Ländlicher Raum, 91 p
- **IITA (1982)**: Tuber and Root Crops Production Manual: Series n°9. 244 p
- **INERA (2003)** : Relecture du plan stratégique de la recherche sur les cultures maraîchères et fruitières et plantes à tubercules au Burkina Faso. Rapport de l'Institut National de l'Environnement et de Recherches Agricoles (IN.E.R.A)
- **KABORE N. (2010)** : Transformation de la patate douce : caractérisation nutritionnelle et organoleptique des produits, Rapport de Stage. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 39 p
- **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, 45 p
- **KONKOBO Y C, KARIMOU A R, KABORE S, DIASSO K. (2002)** : Les pratiques alimentaires à Ouagadougou, Burkina Faso. Céréales, Légumineuses, Tubercules et Légumes. Cirad, 148 p
- **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, 207 p

- **MATHIEU-DAUDE C, BARROT L, CHEVALLIER P. (2001)** : Produits végétaux riches en carotènes : fiches descriptives et pratiques à l'usage des pays sahéliens. IRD/OMS, 27 p
- **Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche** : Rapport du groupe PNNS sur les glucides. (2007). République française, 134p
- **NORME FRANÇAISE V 03-760 (Décembre 1981)** : Céréales, légumineuses et produits dérivés. Détermination des cendres. Méthode par incinération à 550°C, 6 p
- **NORME FRANÇAISE ISO 7954 (2003)** : Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures, techniques par comptage des colonies à 25°C, 4 p
- **NORME INTERNATIONALE ISO 659 (1998)** : Graines oléagineuses. Détermination de la teneur en huile (Méthode de référence), 13 p
- **NORME INTERNATIONALE ISO 665/ (Novembre 2000)** : Graines oléagineuses. Détermination de la teneur en eau et en matières volatiles, 8 p
- **NORME INTERNATIONALE ISO 4833 (2003)** : Microbiologie des aliments. Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes; technique de comptage des colonies à 30°C, 9 p
- **NORME INTERNATIONALE ISO 4832 (2006)** : Microbiologie des aliments- Méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes- Méthode par comptage des colonies, 6 p
- **NORME FRANÇAISE V 03-050 (Septembre 1970)** : Directives générales pour le dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode de Kjeldahl. 8 p
- **OWORI C, BERGA L, MWANGA R.O.M, NAMUTEBI A ET KAPINGA R. (2007)**: SWEET POTATO RECIPE BOOK: Sweet potato processed Products from Eastern and Central Africa. Kampala-Uganda, 93 p
- **PROJET VALIMA (2004)** : RAPPORT D'ACTIVITES 2004: Lancement de la commercialisation de la farine et des cossettes d'Ignome au Burkina Faso.
- **RANDRIANARISOA M T. (2005)** : Formation sur la patate douce. FAO/UE, 09 p
- **REGLEMENT (CE) n° 2073/2005** de la commission du 15 novembre 2005 concernant les critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires.
- **ROULLIER C. (2010)** : Histoire de la diffusion de la patate douce en Océanie et dynamique évolutive de la diversité. Projet de thèse, 5 p

- **SIEDOGO M. (2009)** : Essai de formulation et de production de biscuits à base de tubercules : manioc et patate douce à chair orange, Mémoire de Licence. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 64 p
- **Salunkhé (1986)**: Roots crops and the African food crisis. NIGERIA
- **TRAORE A (2008)** : Test d'aptitude Technologique de 05 variétés de manioc en attiéké, 26 p

Sites web :

- [http// : www.moringanews.org](http://www.moringanews.org). **BROIN M, PROPAGE** : Composition nutritionnelle des feuilles de *Moringa oléifera*, visité le 24/01/2012
- [http// :www.cipotato.org/CIP](http://www.cipotato.org/CIP). **Centre International de la Pomme de Terre**. Lima, Pérou, visité le 08/08/2011
- [http// : www.scribd.com](http://www.scribd.com). **Exposé de Biscuits**, visité le 27/10/2011.
- [http// : www.antenna.ch](http://www.antenna.ch). **FALQUET J**. The Nutritional Aspects Of Spirulina, visité le 24/01/2012
- [http//: www.hki.org](http://www.hki.org). **Project VitA**: Improving Vitamin A intakes of women and children trough production and consumption of orange sweet potatoes in Burkina Faso, visité le 24/06/2011
- [http//: www.passeportsanté.net](http://www.passeportsanté.net). **Profil santé de la patate douce**, visité le 08/08/2011
- [http// : www.fao.org](http://www.fao.org). **Table de Composition des aliments**, visité le 10/08/2011
- [http// : www.valorima.com](http://www.valorima.com). **Tableau Récapitulatif** : Composition Nutritionnelle de la Spiruline, visité le 24/01/2012
- [http// : www.bimtt.mg](http://www.bimtt.mg). Patate douce, visité le 25/01/2012



ANNEXES

Annexe 1 :

**FICHE D'EVALUATION POUR DETERMINER
LA PREFERENCE PAR COMPARAISON PAR PAIRES**

PRODUIT : biscuits

Date :.....

Nom et prénoms :.....

Sexe : Féminin Masculin

Goûtez les deux biscuits dans l'ordre suivant :

.....

Quel biscuit préférez-vous ? Vous devez choisir :

Observations sur les biscuits :

.....
.....
.....

Annexe 2 :

FICHE D'EVALUATION : EPREUVE HEDONIQUE

PRODUIT : Biscuits de patate

Date :

Nom / Prénoms :

Sexe : Féminin Masculin

Age : 15 -30 30 à 40 ans Plus de 40 ans

Adresse/ Contact :

Instructions :

Veillez goûter les échantillons codés dans l'ordre indiqué

Utilisez l'échelle ci-dessous pour donner votre opinion sur chacun des échantillons

Cochez en face de l'expression qui vous paraît la plus appropriée pour apprécier le caractère agréable à désagréable de chaque échantillon

ECHELLE

ECHNANTILLONS

Très agréable.....	.....	.....	.....
Agréable.....	.....	.....	.....
Ni agréable- ni désagréable .....	.....	.....	.....
Désagréable.....	.....	.....	.....
Très désagréable.....	.....	.....	.....

Annexe 3 :

FICHE D'EVALUATION : PROFIL SENSORIEL

Produit : Biscuits de patate

Date :

Nom/Prénom(s) : **Sexe** : Féminin Masculin

Age : 15-30 ans 30-40 ans plus de 40 ans

Adresse/Contact :

Instructions :

Utilisez les descripteurs ci-dessous pour indiquer votre opinion sur chacun des échantillons codés. Cochez en face du descripteur qui vous paraît le plus rapproché.

DESCRIPTIFS

ECHANTILLONS

Homogène.....

Hétérogène.....

Croquant.....

Fondant.....

Farineux.....

Annexe 4 :

PHOTO 10 : SECHOIRATTESTA



Source : photos KABORE (09/02/2012)

Annexe 5 :

PHOTO 11 : COSSETTES DE PATATE DOUCE A CHAIR ORANGE



Source : photos KABORE, 09/02/2012

Annexe 6 :

FORMULATIONS PRELIMINAIRES

Ingrédients	Formulations		
Farine de PDCO	200 g	200 g	200 g
Sucre en poudre	80 g	80 g	80 g
Margarine	60 g	60 g	60 g
Lait en poudre	20 g	20 g	20 g
Sucre vanillé	8 g	8 g	8 g
Levure chimique	10 g	10 g	10 g
Œuf	1	1	1
Sel	0,25 g	0,25 g	0,25 g
Poudre de Moringa	-	02 g	-
Spiruline	-	-	02 g
Arôme vanille	1 ml	1 ml	1 ml
Eau distillée	Adéquate	Adéquate	Adéquate

Annexe 7 :

FORMULATIONS DES BISCUITS ELABORES

Codes	245	522	298	458	665	635
Ingrédients						
<i>Farine de PDCO</i>	200g	200g	200g	200g	200g	200g
<i>Sucre en poudre</i>	80g	80g	80g	80g	80g	80g
<i>Margarine</i>	70g	70g	70g	80g	80g	80g
<i>Lait en poudre</i>	20g	20g	20g	20g	20g	20g
<i>Sucre vanillé</i>	8g	8g	8g	8g	8g	8g
<i>Levure chimique</i>	10g	10g	10g	10g	10g	10g
<i>Œuf</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Sel</i>	0,25g	0,25g	0,25g	0,25g	0,25g	0,25g
<i>Poudre de Moringa</i>	-	02g	-	-	02g	-
<i>Spiruline</i>	-	-	02g	-	-	02g
<i>Arôme vanille</i>	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml	1ml
<i>Eau distillée</i>	30 ml	10 ml	20 ml	-	-	-

Annexe 8 :

POURCENTAGES DES INGREDIENTS MAJEURS PAR RAPPORT A LA FARINE

Codes Ingrédients	245	522	298	458	665	635
<i>Farine de PDCO</i>	54%	54%	54%	55%	55%	55%
<i>Sucre en poudre</i>	40%	40%	40%	40%	40%	40%
<i>Margarine</i>	35%	35%	35%	40%	40%	40%
<i>Lait en poudre</i>	10%	10%	10%	10%	10%	10%
<i>Poudre de Moringa</i>	-	1%	-	-	1%	-
<i>Spiruline</i>	-	-	1%	-	-	1%

Annexe 9 :

COMPOSITION DU MORINGA ET DE LA SPIRULINE (100 g de matière)

Composition globale	Feuilles de Moringa (Broin, 2012)	Spiruline (Loïc et al, 2008)
<i>Calorie (kcal)</i>	300	-
<i>Protéines (g)</i>	25	60-70
<i>Minéraux (g)</i>	12	7-13
<i>Glucides (g)</i>	40	13,5-25
<i>Lipides (g)</i>	8	6-8
<i>Fibres (g)</i>	15	2-8
<i>Teneur en eau</i>	75%	-