

BURKINA FASO
UNITE - PROGRES – JUSTICE



MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS
SECONDAIRE ET SUPERIEUR
(MESS)

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE
BOBO-DIOULASSO
(UPB)

UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE
EN SCIENCES ET TECHNIQUES
(U.F.R./S.T.)



MINISTRE DU COMMERCE DE
L'INDUSTRIE ET DE L'ARTISANAT

SECRETARIAT GENERAL

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

Pour l'obtention de la
LICENCE PROFESSIONNELLE EN AGROALIMENTAIRE

Filière : Génie Biologique

Option : Agroalimentaire

ÉVALUATION DU PROCESSUS DE TRANSFORMATION ET DU CONTRÔLE QUALITÉ DE LA MANGUE BIOLOGIQUE SÉCHÉE DANS LA SOCIÉTÉ GEBANA AFRIQUE À BOBO-DIOULASSO

Présenté et soutenu le 14/06/2014 par Rakissé KABRE

Directeur de mémoire:

Docteur Bilassé ZONGO



Maître de stage:

M. Alpha DAO



Année académique 2012-2013

DEDICACE

Je dédie ce mémoire à :

- ✓ *Mes parents, mes frères et sœurs*
- ✓ *Mes oncles et tantes*
- ✓ *Mes cousins et cousines*

*Qu'ils trouvent ici le témoignage de ma reconnaissance
et mon plus grand attachement*

REMERCIEMENTS

Nous exprimons notre profonde gratitude à tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce mémoire. Nous avons été accueilli dans la société GEBANA AFRIQUE pour la réalisation des travaux de ce mémoire. Nous saisissons cette opportunité pour remercier :

- ✓ Monsieur David HEUBL, Directeur général de GEBANA AFRIQUE BOBO et Monsieur M. Laly BAMBA, le coordinateur pour leurs conseils, assistance et soutiens multiples ;
- ✓ Monsieur Alpha DAO, notre Maître de stage, pour ses soutiens nobles et inoubliables ;
- ✓ Mademoiselle Assèta SAKO, Assistante de direction pour sa compréhension et ses multiples soutiens.
- ✓ L'ensemble du personnel de la société GEBANA AFRIQUE Bobo pour leur franche collaboration.

Nos remerciements vont également à l'endroit :

- ✓ Du Docteur Bilassé ZONGO, notre Directeur de mémoire pour sa rigueur, sa patience, sa compréhension dans le suivi du travail et ses soutiens nobles ;
- ✓ Du Docteur Lassina OUATTARA, responsable de la filière Génie Biologique pour son soutien et ses conseils pour la réalisation des travaux de ce mémoire ;
- ✓ De la directrice de l'IRSAT pour nous avoir permis de réaliser nos analyses physico-chimiques et microbiologiques dans son laboratoire.

Nous remercions très sincèrement les premiers responsables de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Techniques (UFR/ST) :

- ✓ Docteur Sado TRAORE, Directeur de l'UFR pour son attachement sans faille à la qualité des enseignements (dans son UFR) ;
- ✓ Docteur Paulin OUOBA, Directeur Adjoint de l'UFR pour la qualité de la formation reçue.

Nos remerciements s'adressent également au programme de réforme de la capacité agricole stratégique africaine pour influencer le développement ainsi que le Réseau Africain pour l'Education, l'Agriculture, l'Agroforesterie et la Gestion des Ressources Naturelles (ANAFE-SASACID) pour son soutien à la réalisation des travaux de ce mémoire.

Nous remercions également;

- ✓ Les étudiants de la filière Génie Biologique ;
- ✓ Mes camarades stagiaires pour leurs sympathie et soutiens multiples.

RÉSUMÉ

La présente étude porte sur la mangue biologique séchée. L'objectif visé est l'amélioration du système de séchage et la qualité de la mangue séchée. L'étude a été conduite dans la société Gebana Afrique à Bobo-Dioulasso du 10 juin au 10 décembre 2013. Les analyses sensorielles, microbiologiques et physico-chimiques ont été faites selon les procédés standards. Les analyses sensorielles ont énuméré la couleur, le goût, la texture et la forme des tranches de mangue séchées. Les résultats d'analyses ont été comparés aux normes existantes pour la mangue séchée. Le procédé utilisé pour la transformation de la mangue séchée est le traitement thermique à l'aide des séchoirs ATESTA. Les valeurs moyennes du dénombrement des coliformes fécaux, de la flore totale, des levures et moisissures sont respectivement $<1.10^1$ (cfu/g), $<9,9.10^2$ (cfu/g) et $<2,83.10^1$ (cfu/g).

Quant à l'humidité et le pH, leurs valeurs moyennes sont respectivement 13,98% et 4,03.

La qualité hygiénique de la mangue séchée est appréciée par le dénombrement des coliformes fécaux et la flore totale. Le dénombrement des levures et moisissures est un bon indicateur des phénomènes de dégradations microbiennes et enzymatiques de la mangue séchée. Quant à la détermination de l'humidité et le pH, elle permet d'apprécier la qualité du séchage et la stabilité du produit. Les résultats obtenus se conforment aux normes nationales et internationales, sauf la valeur du pH 4,67 d'un échantillon des analyses physico-chimiques qui présente une valeur élevée. Malgré la conformité des résultats, l'évaluation des bonnes pratiques d'hygiène et du processus de production a permis d'identifier les points critiques dans la chaîne de transformation, les performances du séchage par la technologie des séchoirs ATESTA et les mesures correctives à mettre en place.

Des études approfondies permettront de mieux juger l'aspect nutritionnel de la mangue séchée.

Mots clés : analyses, GEBANA AFRIQUE, mangue biologique, qualité, séchage, transformation.

SUMMARY

The present study is about the dried biologic mango. The objective aims at the improvement of the drying system and the quality of the dried mango. The study has been led in the company Gebana Afrique in Bobo-Dioulasso from June 10th to December 10th 2013.

The sensory, microbiological, and physico-chemical analyses have been made according to the standard processes. The sensory analyses enumerated the color, the taste, the texture and the shape of the slices of dried mangoes. The results of analyses have been compared to the existing norms for the dried mango. The process used for the transformation of the dried mango is the thermal treatment with the help of the ATESTA driers. The mean values of the numbering of the fecal coliforms, the total flora, the yeasts and mildews are respectively $<1,10^1$ (cfu/g), $<9,9,10^2$ (cfu/g) and $<2,83,10^1$ (cfu/g).

Concerning humidity and pH, their mean values are respectively 13.98% and 4.03.

Hygienic quality it's appreciated by the numbering of the fecal coliforms and the total flora. The numbering of the yeasts and mildews are a good indicator of the phenomena of microbial and enzymatic deteriorations of dried mango. As for the determination of the humidity and the pH it permits to appreciate the quality of the drying and the stability of the product.

These results are in concordance with the national and international norms, except the value of the pH 4.67 presents high value. In spite of the conformity of the results, the evaluation of the good practices of hygiene and the process of production permitted to identify the critical & points in the chain of transformation, the performances of drying by ATESTA driers and the corrective measures to apply.

More studies will allow better judging the nutritional aspect of dried mango.

Key words: analyses, biologic mango, drying, GEBANA AFRIQUE, quality, transformation.

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Pied de <i>Mangifera indica</i>	4
Photo 2 : Coupe transversale d'une mangue mure	6
Photo 3 : Mangues épluchées.....	26
Photo 4 : Découpage des pulpes de mangue.....	26
Photo 5 : Séchoirs ATESTA	27
Photo 6 : Élimination des parties abimées	28
Photo 7 : Photo d'un «bio » digesteur	29

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition de la production de la mangue de 2009 à 2013	8
Tableau 2 : Valeurs limites des contaminants microbiologiques	9
Tableau 3 : Valeurs limites des contaminants chimiques	9
Tableau 4 : Composition nutritionnelle de la mangue fraîche et de la mangue séchée.....	11
Tableau 5 : Composition du milieu GS pour un litre de solution	17
Tableau 6 : Composition de milieu de culture (PCA).....	17
Tableau 7 : Composition du milieu VRBL pour un litre de solution.....	18
Tableau 8 : Résultats de la quantité de mangue séchée.....	28
Tableau 9 : Les paramètres organoleptiques des échantillons A, B et C de mangue séchée.	32
Tableau 10 : Résultats des paramètres microbiologiques.....	33
Tableau 11 : Résultats paramètres physico-chimiques.....	35

Table des matières

DEDICACE	II
REMERCIEMENTS	III
RÉSUMÉ	IV
SUMMARY	V
LISTE DES PHOTOS	VI
LISTE DES TABLEAUX.....	VI
SIGLES ET ABRÉVIATIONS	IIX
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
CHAPITRE I : GENERALITES	3
1. Description du manguier	4
2. Description de la mangue	5
II. LES ZONES DE PRODUCTUONS DE LA MANGUE AU BURKINA FASO .	6
III. RÉPARTITION PAR CAMPAGNE DE LA PRODUCTION DE LA.M FILIÈRE MANGUE AU BURKINA FASO	7
IV. NOTION DE LA QUALITÉ DE LA MANGUE SÉCHÉE	9
V. COMPOSITION BIOCHIMIQUE DE LA MANGUE FRAICHE ET LA VALEUR NUTRITIVE DE LA MANGUE SÉCHÉE.....	10
CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES	12
I. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL	13
1. Historique.....	13
2. Activités de GEBANA AFRIQUE.....	13
3. Organisation administrative de GEBANA Bobo	14
4. Relation avec les services partenaires	15
II. MÉTHODE DU SUIVI DE LA PRODUCTION DE LA MANGUE SÉCHÉE ..	15
III. MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE SENSORIELLE.....	16
IV. MÉTHODE D'ANALYSE MICROBIOLOGIQUE	16
1. Préparation du milieu de culture « Gélose Sabouraud » (GS).....	17
2. Préparation de milieu de culture« Plat Acount Agar » (PCA)	17
4. Dénombrement des levures et moisissures.....	18
5. Dénombrement de la flore totale	20
6. Dénombrement des coliformes fécaux	21
V. MÉTHODOLOGIE DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES	22

1.	Détermination de la teneur en eau.....	22
2.	Détermination du pH.....	23
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....		24
I.	PROCESSUS DE PRODUCTION DE LA MANGUE SÉCHÉE.....	25
1.	Réception et mûrissement.....	25
2.	Tri.....	25
3.	Lavage de la mangue.....	25
4.	Épluchage-parage.....	25
5.	Découpe.....	26
6.	Mise en claie.....	26
7.	Conduite du séchage.....	27
8.	Déclayage.....	27
9.	Conditionnement.....	28
10.	Quantité de mangue séchée produite.....	28
11.	Stockage.....	29
II.	VARIABLES SENSORIELLES.....	32
III.	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES.....	33
1.	Coliformes fécaux.....	33
2.	Flore totale.....	34
3.	Levures et moisissures.....	34
IV.	PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES.....	35
1.	pH.....	35
2.	Humidité.....	35
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....		36
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....		38
ANNEXES.....		i

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

AFNOR : Association Française de Normalisation

Bio : Biologique

Cfu : Unité Formant Colonie par gramme de produit analysé

CNSS : Caisse Nationale de la Sécurité Sociale

GEBANA est constitué de **GE** : Groupement Economique, **BANA** : Diminutif de Banane

GS : Gélose Sabourand

Inox : Inoxydable

ISO : Organisation Internationale de Standardisation

IRSAT : Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies

LMR: Limite Maximale en Résidus

MSA: Mangues Séchée Acceptées

MSB : Mangues Séchées Brutes

MSD: Mangues Séchées Déclassées

NF : Norme Française

ONG : Organisme Non Gouvernemental

PCA: Plat Acount Agar

PE : Prise d'Essai

VBRL : Lactose Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le climat tropical du Burkina Faso lui octroie certains avantages quant à la production des fruits tropicaux tels que la mangue. Le Burkina Faso est couvert par un verger de manguiers à l'ouest et sud-ouest du pays dont le potentiel de production en mangue est de 160000 à 200000 tonnes par an [1].

La mangue séchée est souvent mélangée avec des noisettes dans des produits de pâtisseries, comme ingrédients pour les céréales et dans les barres chocolatées à la céréale [2]. Pendant longtemps la mangue a été exportée à l'état frais sans subir de transformation au début des années 1980 avec des pertes post-récoltes énormes [3].

Pour une grande valeur ajoutée, l'on devait penser à une transformation telle que le séchage. La teneur en glucides et en vitamines de la mangue séchée fait d'elle un aliment conseillé aux consommateurs dits vulnérables (enfants, femmes enceintes, personnes âgées). Chaque année, près de 600 à 700 tonnes de mangues séchées sont exportées pour une valeur de près de 2,5 milliards de FCFA de recettes; ce qui constitue une source appréciable de création de revenus et d'emplois durables [4].

La société GEBANA AFRIQUE, œuvrant dans le domaine du séchage, du contrôle qualité et des exportations de la mangue séchée doit garantir ses produits pour être en règle vis-à-vis du marché international et de répondre aux exigences de la consommation locale.

Dans le souci d'accroître ses exportations, GEBANA reste confronté à une nécessité de former un personnel sur la conduite des opérations de séchage. La qualité d'un produit agroalimentaire passe nécessairement par les bonnes pratiques d'hygiène, de fabrication et de sa production.

C'est dans l'optique de répondre à cette problématique que notre étude porte sur le thème :

« Evaluation du processus de transformation et du contrôle qualité de la mangue biologique séchée dans la société GEBANA AFRIQUE A BOBO-DIOULASSO ».

Les analyses sensorielles, microbiologiques et physico-chimiques ont été réalisées dans le but de déterminer la valeur qualitative et organoleptique de la mangue biologique séchée. Quant à l'évaluation du processus de production, cela vise à déterminer les performances de la technologie du séchage par les séchoirs du type ATESTA afin de répondre aux objectifs de l'étude.

L'objectif global de cette étude vise à contribuer et améliorer la qualité de la mangue séchée (produite par la société GEBANA à Bobo-Dioulasso) et de façon spécifique par :

- ✓ maîtriser et améliorer le système du séchage de la mangue ;
- ✓ sensibiliser, former et suivre le personnel de la société afin d'assurer une bonne hygiène dans l'unité de séchage ;
- ✓ maîtriser les techniques des analyses microbiologiques et physico-chimiques de la mangue séchée.

Après une généralité, notre étude portera d'abord sur les matériels et méthodes, ensuite sur les résultats et discussions et enfin sur la conclusion et les recommandations.

CHAPITRE 1 : GENERALITES

I. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Description du manguiers

Le manguiers appartient au genre *Mangifera* L regroupant soixante arborescences ; l'une d'elle *Mangifera indica* L. comprendrait 1000 variétés et plus de 70 cultivars (greffage) présents sur divers continents et une quarantaine de variétés au Burkina [5].

Le manguiers a été introduit pour la première fois au Burkina dans les années 1930 par un père blanc des missionnaires d'Afrique du nom de Monseigneur Joanny Thevenoud. Il fut le premier archevêque de l'Archidie diocèse de Ouagadougou [1].



Photo 1 : Un pied de *Mangifera indica* [6].

La forme de son fruit est la base du motif de la variété et du milieu de culture. Son nom provient du portugais manga.

Toutefois c'est la province de Kénédogougou dans l'ouest du Burkina que la culture du manguiers a réellement commencé de manière significative. C'est l'un des arbres fruitiers les 9^o plus cultivés au Burkina Faso. Il s'étend sur une superficie de près 33701 hectares de verger que compte le pays, avec un rendement moyen de 5 à 10 tonnes/ha, 50 à 500 kg/arbre suivant l'âge et la variété. La production nationale est de 160000 à 200000 tonnes/ans avec 15000 producteurs [1]. Il pousse sur des sols sablo-limoneux, bien drainé et ayant un pH compris entre 5,5 et 6,5, il préfère les sols profonds assez légers ou de structure moyenne pour assurer une pénétration satisfaisante des racines, une bonne aération et un bon drainage [5].

La multiplication des manguiers s'effectue essentiellement par greffage, ce qui permet la conservation des caractères variétaux. Pour la plantation, il est préconisé un espacement au carré 10 m x 10 m en moyenne, soit une densité de 100 pieds/ha. Les inflorescences du

manguier sont composées de grappes érigées portant des milliers (8 000 à 10 000) de petites fleurs rouge ou jaune. Généralement, la floraison de *Mangifera indica* est induite par la saison sèche. Il existe néanmoins quelques variétés qui fructifient différemment, quelquefois plusieurs fois par an. C'est de ces inflorescences que naîtra la mangue. La productivité du manguier est rentable durant une bonne vingtaine d'années mais l'arbre peut vivre plus de 100 ans [5].

2. Description de la mangue

La mangue est un fruit tropical sous forme de drupe. Le fruit est de taille et de forme variables, plus ou moins aplati latéralement et de poids très différent suivant la variété (de 100 à 2400 g/fruit). Il est dissymétrique et l'apex se termine en général par un bec. La mangue comprend trois parties principales : la peau (exocarpe), la pulpe (mésocarpe) et le noyau (endocarpe) [5].

La peau est la partie externe qui recouvre le fruit. Elle est assez mince, généralement inférieure à 1 mm. A maturité elle peut avoir différentes couleurs selon les variétés, allant de diverses nuances du vert au rouge en passant par le jaune. La pulpe est la partie comestible du fruit.

Les variétés améliorées comportent peu de fibres dans la pulpe et sont facilement acceptées par le consommateur de fruit frais. Elle est de couleur jaune orangée, elle peut être fondante ou un peu ferme. C'est cette pulpe qui est utilisée par les unités de séchage.

Le stade climatique s'allonge du 77^e au 88^e jour, après la formation des fruits. Durant ce stade la respiration des cellules de la mangue augmentent au maximum et les réserves s'accumulent sous forme d'amidons et les apports nutritifs de l'arbre aux fruits ralentissent notablement.

C'est à la fin de ce stade que le fruit est mature et que la récolte peut se faire sans inconvénient sur la qualité des mangues et sur la qualité de la mangue séchée.

Un fruit récolté avant ce stade ne mûrit pas et donne au séchage un produit blanchâtre ne répondant plus aux exigences du marché. La mangue destinée au séchage ne devra pas atteindre le stade d'apparition de la couleur du mûrissement sous peine d'obtenir une transformation de l'amidon en sucre, la diminution de l'acidité et un produit brun au cours du séchage ou durant le stockage [5].



Photo 2 : Coupe transversale d'une mangue mure [6].

II. LES ZONES DE PRODUCTUONS DE LA MANGUE AU BURKINA FASO

Le Burkina Faso est couvert par des vergers de manguiers. Mais l'Ouest du Burkina Faso est la zone potentielle de production de mangue. Cette partie du pays correspond à la zone où la pluviométrie est la plus importante (1200 mm/an contre 300 mm au Nord du pays). Selon [7] L'offre de la mangue burkinabè à l'exportation se présente comme suit :

- ✓ Dès la fin février débutent les productions au niveau des vergers de Koudougou et Réo (provinces du Boulkiemdé et du Sanguié)
- ✓ A partir du mois de mars, c'est le tour des mangues de Banfora et Toussiana (province de la Comoé et le sud de la province du Houet) [7]. Les variétés de mangues les plus connues au Burkina Faso sont : Kent, Lippens, Springfield et Valencia, Glaiser, Brooks, Palmer, Keit. Elles se subdivisent en trois parties :
- ✓ Les variétés précoces : Elles sont représentées par des variétés telles qu'Amélie, Zill et leur période de maturité se situe entre mars et avril.
- ✓ Les variétés de saison : Ce groupe est constitué des variétés qui mûrissent en pleine saison de mangue entre avril et début juin (Keit).
- ✓ Les variétés tardives : Ce sont des variétés qui mûrissent en fin de campagne de la mangue entre juin et septembre (Brooks), c'est une période favorable au développement de nombreux ravageurs et maladies, on peut citer la variété Brooks [1].

La transformation constitue actuellement un maillon très dynamique de la filière mangue. Ce secteur de transformation est dominé à plus de 80% par le séchage.

Les variétés les plus séchées sont : Amélie, Brooks, et lippens. Près de 75% de la mangue séchée sont destinés à l'exportation. Ce sont les 25% constitués par les écarts de tri qui sont localement vendus [1].

III. RÉPARTITION PAR CAMPAGNE DE LA PRODUCTION DE LA.M FILIÈRE MANGUE AU BURKINA FASO

Le tableau 1 donne les différentes répartitions de la production de la mangue au Burkina Faso. C'est un tableau qui montre les quantités de mangues produites au Burkina Faso chaque année, les quantités de mangues séchées ainsi que leur destination commerciale.

Tableau 1 : Répartition de la production de la mangue de 2009 à 2013

Campagne Année	Production Nationale (t)	Commercialisation			Transformation		Destination Commerciale
		Nationale (t)	Sous- Régionale (t)	Inter- Nationale (t)	Séchée (t)	Produits Dérivés (t)	
2009	160000 à 200000	17393,3	5502,5	2326,766	203		
2010	160000 à 200000	9178,68	11330	4045,076	300	161,460 Jus/pulpe 1,2 Vinaigre	Union-européenne, Moyen Orient, Maghreb, Ghana
2011	160000 à 200000	10170	12560	4530	426,6		
2012	160000 à 200000	12375,5	14439,2	5209	350		
2013	160000 à 200000	18000	9000	4204	600		
Total		67117,48	52831,7	20314,842	1879,6	161,460	

Source : APROMAB, 2013.

IV. NOTION DE LA QUALITÉ DE LA MANGUE SÉCHÉE

La qualité est l'ensemble de toutes les caractéristiques relatives à la nature, à l'état, à la composition aux aspects nutritionnels, à l'emballage et à l'étiquetage d'un produit qui lui confèrent l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites (Norme ISO 8402) des consommateurs ou des utilisateurs.

Tableau 2 : Valeurs limites des contaminants microbiologiques

Contaminants	Limites admissibles	Nature des toxines
<i>Escherichia coli</i> (serotype O157 :H7)	Absence dans 20 g	Toxines pathogènes
<i>Salmonella</i> spp.	Absence dans 20 g	
Flore mésophile aérobie (à 30°C)	10 ⁴ ucf/g	Toxines non pathogènes
Coliformes totaux	10 ³ cfu/g	
Moisissures	10 ⁴ cfu/g	
Levures	10 ⁴ cfu/g	

Source : Référence [8].

Tableau 3 : Valeurs limites des contaminants chimiques

Contaminant	Limites admissibles
Résidus de pesticides	Pour la comparaison de la valeur mesurée avec la LMR, il est tenu compte d'une incertitude de mesure de 50%. Dans ce cas, un échantillon n'est pas conforme quand : valeur mesurée/2 > LMR
Nitrate	Concentration > 2500 mg/kg
Cd(cadmium)	Concentration > 0,005 mg/kg
Pb(Plomb)	Concentration > 0,1 mg/kg
Mycotoxine :	
Aflatoxine B1	Concentration > 1 µg/kg
Somme des aflatoxines	Concentration > 4 µg/kg

Source : Référence [8].

Il existe des limites d'action établies par les normes en ce qui concerne les contaminants microbiologiques et chimiques de la mangue séchée. Pour avoir une bonne qualité de la mangue séchée, il est important de connaître les limites d'action des contaminants microbiologiques et chimiques donnés par le tableau 2 et le tableau 3.

V. COMPOSITION BIOCHIMIQUE DE LA MANGUE FRAICHE ET LA VALEUR NUTRITIVE DE LA MANGUE SÉCHÉE.

La composition biochimique de la mangue fraîche et la valeur nutritive de la mangue séchée sont données par le tableau. Le tableau 4 donne les valeurs nutritionnelles recherchées par les consommateurs qui sont contenues dans la mangue fraîche ainsi que dans la mangue séchée.

Tableau 4 : Composition nutritionnelle de la mangue fraîche et de la mangue séchée

Composition	Constituants	Quantité pour 100 g
Macro-éléments	Eau	82 à 83,5%
	Protéines	0,5 à 0,6 g
	Glucides	13,4 à 17 g
	Fibres	1 à 2,3 g
Sels minéraux & Oligo-éléments	Potassium	145 à 150 mg
	Phosphore	22 à 25 mg
	Calcium	20 à 22 mg
	Magnésium	8 à 9 mg
	Manganèse	160 µg
	Fer	1 à 1,2 mg
	Zinc	100 µg
Vitamines	Cuivre	100 µg
	Vitamine C	22 à 100 mg
	Vitamine B1	100 à 120 µg (mangue fraîche) 100 à 320 µg (mangue séchée)
	Vitamine B2	100 à 400 µg
	Vitamine B3	400 à 500 µg
	Vitamine B5	130 µg
	Vitamine B6	50 µg
	Vitamine B9	40 à 51 µg
	β-Carotène	3000 à 4130 µg
Vitamine E	1800 µg	

Source : Référence [9].

CHAPITRE II: MATERIELS ET METHODES

I. PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

1. Historique

GEBANA est constituée du Groupement Economique (GE) et BANA qui est une apocope de banane. GEBANA est une ONG créée à Zurich en Suisse dans les années 1960 par un groupe de femmes suisses qui essayaient de développer une sorte de commerce équitable. En 1998, une partie de cette ONG décide de créer une entreprise avec trois directives éthiques: produits justes, agriculture biologique et durabilité économique.

GEBANA est formée par différentes entreprises sur divers continents :

- ✓ GEBANA SUISSE, chargée de la vente directe par internet ;
- ✓ GEBANA HOLLANDE, chargée de la vente en gros de mangues séchées ;
- ✓ GEBANA MAGREB produit des dattes ;
- ✓ GEBANA BRESIL produit du soja biologique et des bananes séchées biologiques et équitables ;
- ✓ GEBANA AFRIQUE travaille dans la production des mangues séchées, des ananas séchés et dans la transformation des noix de cajous. Depuis 1999, GEBANA AFRIQUE s'est installée au Burkina Faso dans le but d'être plus proche de ses partenaires.

2. Activités de GEBANA AFRIQUE

GEBANA AFRIQUE est une société semi-artisanale dont l'activité est basée sur la transformation et l'exportation des produits agricoles notamment les fruits (mangue, anacarde), les fleurs d'ibiscus (bissap) disposant d'une unité de transformation d'anacarde, d'une unité de séchage des mangues et le suivi d'autres unités de séchage des mangues ainsi que les producteurs de mangue.

À Bobo-Dioulasso, l'activité consiste à la transformation des anacardes par pyrolyse et le séchage des mangues. Ces produits sont destinés en grande partie à l'exportation et le reste est utilisé dans la fabrication de sous-produits à Ouagadougou, tels le caramel, les amandes grillées à l'ail, au poivre, au persil qui sont des produits à base des amandes de cajou. Et aussi du jus de mangue à base des mangues séchées. La force de GEBANA repose sur le contact direct entre les petits producteurs et les clients finaux. Elle permet d'augmenter la valeur ajoutée dans le pays de production. De plus, GEBANA accroît son efficacité dans la logistique grâce à ses entrepôts de stockage dans les lieux de production en Europe.

3. Organisation administrative de GEBANA Bobo

GEBANA Bobo est une succursale de GEBANA AFRIQUE. Elle est divisée en différentes sections qui occupent chacune une fonction bien déterminée avec une direction générale qui se trouve à Ouagadougou et qui est chargée du suivi des dossiers.

La coordination : Elle est dirigée par un coordinateur qui est placé sous l'autorité du Directeur Général. Il l'assiste dans ses tâches de prise de décision et d'orientation des activités de la société. Il entretient les relations de partenariat existant et aide le directeur général à rechercher les nouveaux partenaires. Il gère les fournisseurs sur le plan administratif et financier. Il veille au respect de la discipline du personnel et des journaliers. Il est chargé de la tenue des documents administratifs et financiers et participe avec le directeur général à l'élaboration du budget annuel de la société.

La comptabilité : Elle s'occupe de l'enregistrement des pièces comptables et la production des états financiers. Elle traite les salaires du personnel de GEBANA, les dossiers fiscaux de l'affiliation à la CNSS. Cette section permet de comprendre la situation économique de l'entreprise et est également chargée de faire le bilan.

Le secrétariat : Il est dirigé par une secrétaire qui est chargée de l'accueil des visiteurs et de la réception téléphonique. Il est également chargé du traitement des courriers entrants et sortants et du pointage des travailleurs journaliers contrôlant la qualité de la mangue. Il s'occupe de l'organisation des réunions et formations ainsi que la rédaction des procès-verbaux.

La direction technique : La direction technique est chargée du suivi des fournisseurs de la mangue séchée ainsi que le contrôle et le conditionnement de leur livraison. Elle est aussi chargée du suivi des audits pour la certification « bio » des vergers des producteurs partenaires ainsi que l'approvisionnement des matières premières qui sont généralement les mangues fraîches et les noix de cajous.

Elle répond efficacement à la demande des clients, elle coordonne l'ensemble des activités techniques de l'entreprise depuis la production à l'exportation.

Elle s'occupe des encadrements techniques du personnel sur la qualité des produits.

L'assistance technique : Elle vient en appui au directeur technique et est chargée du suivi de la traçabilité des produits et de la gestion des stocks de produits finis, elle assure la vérification de la qualité par échantillonnage des produits avant l'exportation, elle prépare,

coordonne et établit la liste de colisage pour les exportations suivant les exigences de qualité.

Le chef de production : L'usine d'anacarde est gérée par le chef de production. Il est chargé de la gérance du personnel dans l'unité et de la coordination des activités de la transformation. Il organise et planifie le travail des différentes sections. Il est aussi chargé du suivi du rendement de la production et du traitement des salaires des journaliers avant de les transmettre au coordonnateur pour le paiement. Il est également chargé de faire un contrôle visuel des produits finis avant l'exportation.

Les fournisseurs : La direction technique coordonne les activités des fournisseurs. Une liste des différents fournisseurs appartenant à GEBANA est déposée dans cette direction afin de contrôler la traçabilité de la matière première

L'unité de séchage : Elle est sous le contrôle de la direction technique et son assistance. Elles veillent à la tenue des activités et contrôlent la qualité des produits finis de chaque production.

4. Relation avec les services partenaires

GEBANA signe des contrats de partenariat avec d'autres unités de production (USD, AFAD, OBILIS...) pour qu'il leur livre des produits finis (amandes de cajou et les mangues séchées). Ces produits sont contrôlés avant d'être emballés pour garantir la crédibilité des produits exportés. Aussi la production et l'exportation de GEBANA AFRIQUE sont basées sur des produits essentiellement « bio ». Les produits « bio » sont des produits qui n'ont pas été traités avec un produit chimique quelconque (engrais chimiques, pesticides et bien d'autres) de la production au champ ou dans les vergers jusqu'au produit fini. Pour cela, des suivis et des formations sont organisés pour les fournisseurs de la matière première et des produits finis dans les vergers et les unités de transformation de leurs partenaires pour veiller au respect du règlement de la production biologique.

II. MÉTHODE DU SUIVI DE LA PRODUCTION DE LA MANGUE SÉCHÉE

Le séchage a été réalisé à partir des séchoirs ATESTA et la variété de mangue séchée est la variété Brooks.

Les activités du séchage de la mangue se sont déroulées du 2 juillet au 31 août 2013. Au cours de cette période, le suivi des activités à consister d'abord à la réception de la matière première par le remplissage des bordereaux de réception.

Ensuite nous avons passé à la manipulation de la mangue fraîche suivant toutes les étapes de production. A savoir, le mûrissement, le triage, le lavage, l'épluchage, le dénoyautage, le découpage et la mise en claie.

Après le conditionnement nous avons prélevé de façon aléatoire trois échantillons de mangues séchées dans trois productions différentes que nous avons nommé échantillons A, B et C. Ces sont destinés pour les analyses sensorielles, microbiologiques et physico-chimiques.

Enfin, nous avons permuté les claies et régulé la température dans les séchoirs et terminé par le déclayage et le conditionnement de la mangue séchée.

Nous avons organisé deux formations le 16 et 17 juillet 2013 à l'endroit du personnel. Les modules abordés étaient les suivants :

- ✓ L'importance de l'hygiène dans la fabrication et la consommation des produits agroalimentaires.
- ✓ Les bonnes pratiques d'hygiène et la gestion des déchets dans les différentes étapes de la production de mangue séchée.

III. MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE SENSORIELLE

Les paramètres organoleptiques ont une importance pour la plupart des consommateurs. Ces facteurs concernent l'odeur et le goût qu'on peut percevoir par sapidité (saveur), la couleur, l'aspect, la forme, la texture (fibreuse, molle, craquante). Leur reconnaissance y est plus ou moins développée d'une manière très variable chez les individus dont certains font de leur sensibilité olfactive, gustative de profession bien rétribuée.

Les tranches de mangues séchées des échantillons A, B et C ont été soumises à l'appréciation d'une équipe avec une expérience requise de la mangue. La couleur est appréciée par rapport à la couleur originale de la mangue fraîche (appréciation visuelle de l'état de brunissement). Le goût a été caractérisé par un test de dégustation mettant ainsi en œuvre le caractère acidulé et sucré de la variété Brooks et l'odeur par test de sensation olfactive pour caractériser la présence d'arômes de mangue Brooks et autres odeurs étrangères [10].

IV. MÉTHODE D'ANALYSE MICROBIOLOGIQUE

L'analyse microbiologique est effectuée sur des échantillons A, B et C de la mangue séchée prélevés au cours de la production. L'analyse porte essentiellement sur le dénombrement des coliformes fécaux, des levures et moisissures et de la flore totale.

Les tranches de mangue sont découpées et à l'aide de sachets stériles, on pèse 10 g de mangue séchée dans chaque sachet, puis 100 ml de diluant (l'eau peptonnée) est introduit dans chacun d'eux. Les sachets sont homogénéisés par une batteuse. Les milieux de cultures des micro-organismes sont préparés à l'avance.

1. Préparation du milieu de culture « Gélose Sabouraud » (GS).

Le milieu de culture Gélose Sabouraud est utilisé pour dénombrer les levures et moisissures. Peser 65,5 g de GS dans 1 litre d'eau distillée et chauffer jusqu'à la dissolution totale. Le pH de la solution est ajusté à 5.6 ± 0.2 et porté à l'autoclave à 118°C pendant 15 minutes. Le tableau 5 donne la composition pour un litre de cette solution.

Tableau 5 : Composition du milieu GS pour un litre de solution

Composition	Proportion
Peptomycal	10 g
Glucose	40 g
Chloramphénicol	0,5 g
Agar	15 g
pH	5.6 ± 0.2

Source : Référence [11].

2. Préparation de milieu de culture « Plat Acount Agar » (PCA)

Le milieu de culture (PCA) est un milieu qui permet de dénombrer la flore aérobie totale. Ce milieu est préparé à partir de sa composition. On pèse 24 g de PCA et on introduit dans un 1 litre d'eau distillé et maintenir ce mélange en surfusion entre 45°C à 47°C .

Tableau 6 : Composition de milieu de culture (PCA)

Composition	Proportion
Peptone	6 g
Extrait de levure	3 g
Gélose	15 g
Eau distillée	1000 ml

Source : Référence [12].

3. Préparation de milieu de culture (VRBL)

Le milieu de culture (VRBL) est utilisé pour le dénombrement des coliformes fécaux. On porte 1 litre d'eau à ébullition pendant 10 minutes et on le ramène à la température ambiante; on ajoute lentement 37,5 g du mélange (VRBL) puis on attend 5 minutes. Ensuite on fait chauffer lentement en agitant jusqu'à ébullition. Ajuster le pH à 7.4 ± 0.2 . On refroidit au bain marie à 45°C. Ne pas autoclaver. Le milieu doit être utilisé rapidement après sa préparation.

Tableau 7 : Composition du milieu VRBL pour un litre de solution

Composition	Proportion
Peptone pancréatique de caséine	7 g
Lactose	10 g
Chlorure de Sodium	5 g
Extrait de levures	3 g
Désoxycholate de sodium	1,44 g
Cristal Violet	2 mg
Rouge neutre	30 mg
Gélose	11 g
pH	7.4±0.2
Eau distillée	1000 ml

Source : Référence [13].

4. Dénombrement des levures et moisissures.

On appelle levures, des champignons microscopiques de types unicellulaires. Certaines levures jouent un rôle important dans les industries alimentaires ; par contre d'autres jouent un rôle négatif en contaminant ou en dégradant les aliments.

Les moisissures sont des champignons filamenteux hétérotrophes utiles en industrie agroalimentaire. Les moisissures saprophytes contaminent les aliments en les dégradant du point de vue qualitatif.

La référence d'analyse utilisée est la norme NF EN ISO 7954 [11].

Principe

Le milieu de culture Gélose Sabouraud est utilisé pour dénombrer les levures et moisissures. La gélose à l'extrait de levure et ou glucose favorise la croissance des levures et des moisissures. La présence de chloramphénicol, antibiotique thermostable, permet d'inhiber la croissance des bactéries.

➤ Mode opératoire

On nettoie à l'eau de javel 8° et ou à l'alcool 65-70° la paillasse et tout le matériel devant servir à la manipulation des échantillons durant l'analyse. On prépare la suspension mère (dilution primaire) et on réalise les dilutions décimales en référant à l'instruction pour la préparation de l'échantillon test. Le travail doit se faire le plus près possible de bec du Benson allumé. En indiquant sur le couvercle de chaque boîte de pétri :

- ✓ La date d'ensemencement
- ✓ Le milieu de culture
- ✓ Le numéro de lot ou de référence de l'échantillon
- ✓ La dilution ensemencée

La méthode de désinfection et de traçabilité décrite précédemment au cours des analyses est la même dans les modes opératoires pour le dénombrement des coliformes fécaux et la flore totale :

- transférer au centre d'une boîte de pétri (à l'aide d'une pipette stérile) 1 ml de la suspension mère (ou 1 ml de l'échantillon pour essai si le produit est liquide) ou 1 ml de dilution décimale nécessaire ;
- recommencer cette opération avec les dilutions décimales en prenant le soin de changer le cône pour chaque dilution décimale ;
- couler dans chaque boîte de pétrie environ 12 à 15 ml de gélose à l'extrait de levure ou dextrose et ou chloramphénicol entre 44°C à 47°C ;
- mélanger soigneusement l'inoculum faisant tourner les boîtes de pétri puis laisser le mélange se solidifier sur une surface horizontale ;
- préparer également une boîte témoin du milieu avec environ 15 ml de milieu de culture et une boîte témoin du diluant avec 1 ml du diluant plus 15 ml de milieu pour contrôler sa stérilité.

Incuber les boîtes dans l'étuve préalablement nettoyée avec de l'alcool 65% et réglée à 25±1°C pendant 3 à 5 jours. Il est recommandé d'incuber les boîtes en position non retournée. Après la période d'incubation, compter les colonies de chaque boîte (de chaque dilution).

➤ Expressions générales des résultats

Les résultats sont exprimés à partir des boîtes contenant 04 à 150 colonies ou de niveau de 2 dilutions successives par ml ou par gramme de produit en tant que moyenne pondérée à l'aide de la formule suivante :

$$N = \frac{\sum C}{1,1 \times V \times d}$$

N : nombre de levure et moisissure par ml ou par gramme du produit.

$\sum C$: Somme des colonies comptées sur les 2 boîtes retenues de 2 dilutions successives et dont au moins une contient au moins 04 colonies.

V:Volume de l'inoculum (en ml) appliqué à chaque boîte

d : Dilution correspondant à la première dilution retenue (d=1 si le produit liquide ensemencé directement est retenu).

5. Dénombrement de la flore totale

La flore totale représente le nombre de germes totaux présents dans un produit.

La référence d'analyse utilisée est la norme NF EN ISO 4833 [12].

Principe

Le plat Count Agar (PCA) est un milieu de culture gélosé pour la croissance de germes ne présentant pas d'exigences particulières, ce milieu gélosé permet le dénombrement et l'isolement de la flore aérobie totale.

➤ Mode opératoire

Après avoir utilisé la méthode de désinfection et de traçabilité décrite dans le mode opératoire de dénombrement des levures et moisissures, transférer au centre d'une boîte de pétri (à l'aide d'une pipette stérile) 1 ml de la suspension mère (ou 1 ml de l'échantillon pour essai si le produit est liquide) ou 1 ml de dilution décimale nécessaire.

Recommencer cette opération avec les dilutions décimales en prenant le soin de changer le cône pour chaque dilution décimale.

Couler dans chaque boîte de pétrie environ 12 à 15 ml de gélose à l'extrait de levure ou dextrose et ou chloramphénicol entre 44 à 47°C.

Mélanger soigneusement l'inoculum en faisant tourner les boîtes de pétries puis laisser le mélange se solidifier sur une surface horizontale.

Préparer également une boîte témoin du milieu avec environ 15 ml de milieu de culture et une boîte témoin du diluant avec 1 ml du diluant plus 15 ml de milieu pour contrôler sa stérilité.

Incuber les boîtes dans l'étuve préalablement nettoyées avec de l'alcool 65% et réglée à 30°C±1 pendant 72 heures ± 2.

Après la période d'incubation, compter les colonies de chaque boîte (de chaque dilution).

➤ Expressions générales des résultats

Les résultats sont exprimés à partir des boîtes contenant 04 à 300 colonies ou de niveau de 2 dilutions successives : calculer le nombre N de microorganismes par ml ou par gramme de produit en tant que moyenne pondérée à l'aide de la formule suivante :

$$N = \frac{\sum C}{1,1 \times V \times d}$$

N : nombre de levure et moisissure par ml ou par gramme du produit.

$\sum C$: Somme des colonies comptées sur les 2 boîtes retenues de 2 dilutions successives et dont au moins une contient au moins 04 colonies.

V: Volume de l'inoculum (en ml) appliqué à chaque boîte.

d : Dilution correspondant à la première dilution retenue (d=1 si le produit liquide ensemencé directement est retenu).

6. Dénombrement des coliformes fécaux

Les coliformes sont des entérobactéries. Les coliformes fécaux sont des micro-organismes d'origine intestinale qui fermentent le lactose avec production de gaz à 44°C.

Les références d'analyse utilisées sont : norme NF EN ISO 4832 et ISO 6887 [13].

Principe.

La gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VBRL) est un milieu de culture utilisé pour le dénombrement des coliformes fécaux et totaux.

➤ Mode opératoire

Après avoir utilisé la méthode de désinfection et de traçabilité décrite dans le mode opératoire de dénombrement des levures et moisissures, 1 ml de produit et de ses dilutions sont introduits dans une boîte de pétrie dans laquelle on ajoute alors et en mélangeant 13 ml de milieu à 45°C.

Après refroidissement, 5 à 8 ml de ce même milieu stérile et à 45°C sont coulés à la surface et, après solidification, la boîte est incubée retournée 24 heures à 30°C.

Les bactéries n'appartenant pas à la famille des entérobactéries sont inhibées par le cristal violet et le sel biliaire. Les colonies à considérer sont violettes à rose-rouges, d'un diamètre de 0,5 à 1 mm et entourées d'un halo rougeâtre.

➤ **Expressions générales des résultats**

$$N = \frac{\sum C}{1,1 \times V \times d}$$

N : nombre de levure α moisissure par ml ou par gramme du produit.

$\sum C$: Somme des colonies comptées sur les 2 boîtes retenues de 2 dilutions successives et dont au moins une contient au moins 04 colonies.

V: Volume de l'inoculum (en ml) appliqué à chaque boîte.

d : Dilution correspondant à la première dilution retenue (d=1 si le produit est liquide).

V. MÉTHODOLOGIE DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

1. Détermination de la teneur en eau.

L'humidité est le taux résiduel en eau après séchage de la mangue. Sa mesure consiste à sécher à nouveau les tranches de mangues avec une étuve pour faire partir l'eau résiduelle. La méthode d'analyse utilisée est la norme NF EN ISO 665 [14].

➤ **Principe et mode opératoire**

Le principe consiste à peser 5 g de mangue dans des nacelles et l'ensemble est ensuite introduit dans l'étuve dont la température est réglée graduellement d'abord à 80°C pendant 1 heure ensuite à 90°C pendant 1 heure et enfin stabiliser à 103-105°C durant 20 heures.

Après cette étape, les nacelles sont refroidies au dessiccateur puis pesées. Les nacelles sont replacées à l'étuve pendant 1 heure et refroidies à l'étuve puis pesées et le processus reprend jusqu'à ce que la différence entre deux pesées ne dépasse pas 0,02 g. Le résultat s'exprime par la formule suivante :

➤ **Expression de résultats :**

$$\%H = \frac{PE - (Pf - Po)}{PE} \times 100$$

%H : Pourcentage d'humidité

PE : Prise d'Essai

Po : Poids vide des nacelles

Pf : Poids final (nacelles prise d'essai)

2. Détermination du pH

La mesure du pH s'est effectuée à l'aide d'un pH-mètre et il permet de connaître le degré de maturité du produit traité. Le pH standard de la mangue séchée est de 4 à la température de 32 à 35°C. A l'aide de sachets stériles, on pèse 10 g de mangue dans chacun d'eux. Ensuite, on introduit 100 ml de diluant (l'eau peptonée) dans chaque sachet et la solution est homogénéisée par stomacher (batteuse). Enfin la prise du pH se fait à l'aide du pH-mètre.

La méthode utilisée est la méthode laboratoire d'IRSAT (Bobo).

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

I. PROCESSUS DE PRODUCTION DE LA MANGUE SÉCHÉE.

1. Réception et mûrissement

Le travail de séchage commence par cette étape. La mangue est réceptionnée au sol avant le stockage pour le mûrissement. Le transport est effectué par des camions pour rejoindre l'unité de séchage.

En effet la mangue est livrée à l'établissement par des producteurs de Orodara reconnus par l'entreprise. Les vergers dans lesquelles les mangues sont cueillies ont une certification biologique (certifié par ECOCERT et CERTISYS).

Dès que la mangue arrive à l'entreprise un contrôle visuel est effectué pour identifier sa qualité. Après le contrôle, le personnel procède à un tri pour les mangues de mauvaise qualité. Puis on pèse à l'aide des cagettes pour avoir le tonnage réel à l'arrivage. Cette mangue fraîche est entreposée dans des bacs et recouverte de plastique pour le mûrissement. La période de mûrissement dure trois à quatre jours avant d'être ouvert pour le tri.

2. Tri

Le tri est une activité capitale pour le succès du séchage de la mangue. Il consiste à séparer la mangue en trois catégories par le touché : mangues à bonne maturité, mangues immatures et mangue pourries. Le personnel transporte les mangues à bonne maturité pour le lavage, les mangues immatures sont reconduites aux bacs de mûrissements et les mangues pourries sont jetées dans des trous d'au moins deux mètres de profondeur. Le transport se fait par le personnel à partir des cagettes.

3. Lavage de la mangue

La mangue mûre précédemment triée est envoyée dans la salle de lavage pour nettoyer. En effet, la mangue fraîche subit deux lavages à l'eau de robinet avec des brosses ; ensuite la mangue est rincée toujours à l'eau du robinet et passée dans la salle d'épluchage.

4. Épluchage-parage

La peau du fruit est enlevée manuellement au moyen des couteaux sur des tables en carreaux. La mangue épluchée est transportée dans des plats et des seaux en plastiques pour la découpe. Cette étape est importante car le séchage de mangue n'intéresse que la chaire du fruit.



Photo 3 : Mangues épluchées

5. Découpe

C'est elle qui détermine la forme du produit fini. Elle se fait également à l'aide des couteaux. La découpe est faite en fonction de la commande du client. Quatre formes sont possibles : La forme galette ou demi-galette, la forme fruitée ou demi-fruitée. L'expérience des opérateurs aide à optimiser la découpe de la mangue afin de limiter les pertes. La découpe est importante pour la réussite du séchage.



Photo 4 : Découpage des pulpes de mangue

6. Mise en claie

Elle est très importante dans le processus du séchage de mangue car elle a des conséquences sur la qualité sanitaire du produit, la quantité de mangue qui sera séchée en un cycle et l'homogénéité du séchage. Elle consiste à peser 5 kg de mangue découpées et placer sur chaque claie précédemment recouverte de filet. Le classement se fait de façon alignée et parallèle.

7. Conduite du séchage

C'est l'étape la plus longue et elle constitue l'essentiel de la transformation. En effet, les claies précédemment chargées sont classées dans les séchoirs de type ATESTA. Le séchage se fait alors par un courant d'air suffisamment chaud et sec.

La source de chaleur est une combustion de gaz butane. Pendant 22 à 24 heures environ, c'est le temps que dure la mangue en séchoir, les conducteurs de séchage interviennent à chaque 1 heure pour permuter les claies entre le haut et le bas et pour les retourner (avant-arrière) afin que le séchage soit le plus homogène possible.

Pour le séchoir pompe à chaleur la source d'énergie est le courant électrique et la durée de séchage est de 18 heures. L'avantage de ce séchoir est qu'il ne demande pas de permutation avec une courte durée de séchage.



Photo 5 : Séchoirs ATESTA

8. Déclayage

Après le séchage, les filets sont enlevés des claies et envoyés dans la salle de conditionnement. Dans cette salle auront lieu dans un premier temps le déclayage et la sélection. Le déclayage consiste à enlever les tranches de la mangue colmatée sur les filets de séchage. Il se fait en même temps qu'une première sélection. Trois lots sont ainsi constitués lors du déclayage à savoir: les tranches bien séchées, les tranches dont la déshydratation n'est pas poussée aux extrêmes et les tranches grillées. Le lot de mangue humide est envoyé en séchoir pour terminer la déshydratation, les tranches grillées sont simplement déclassées et le lot de bonnes mangues est soumis à une seconde sélection.

9. Conditionnement

La deuxième sélection après le déclayage consiste à trier soigneusement la mangue séchée afin de la répartir en 1^{er} et 2^e choix. Ainsi chaque pièce est bien inspectée par les opérateurs pour être empiétée de ses parties abîmées par ciseaux et pour ajuster sa taille (environ 4 à 6 cm de long sur 2 à 3 cm de large). Les pièces de très bonne couleur constituent le 1^{er} choix et les autres de couleur un peu sombre et tailles trop réduites sont regroupées dans le deuxième choix. Les tranches de 1^{er} et 2^e choix sont conditionnées dans des sachets en polyéthylène de 1 kg et fermés hermétiquement à l'aide des thermo-soudeuses. Ces sachets sont classés et emballés dans des cartons de 32 kg pour être envoyés dans le magasin de stockage. La qualité dépend de la taille des tranches (selon les spécifications demandées par les clients, de la couleur (orange à jaune pour la première qualité) et de la consistance (3^e choix fruits racornis, trop secs ou ayant subi un séchage trop poussé).



Photo 6 : Élimination des parties abîmées

10. Quantité de mangue séchée produite

Dans l'unité de séchage GEBANA AFRIQUE, pour 18 kg de mangues mures, on exige 1 kg de mangues séchées brutes. Nous avons traité au total 71530 kg de mangues mures qui doit donner 3973,88 kg de mangues séchées brutes. Le tableau 8 donne les résultats après la production.

Tableau 8 : Résultats de la quantité de mangue séchée

Mangues séchées	Quantité (kg)
Mangues séchées brutes (MSB)	3873
Mangues séchées acceptées (MSA)	2929
Mangues séchées déclassées (MSD)	944

$$\%MSB = \frac{3873 \times 100}{3973,88} = 99,97$$

$$\%MSA = \frac{2929 \times 100}{3873} = 75,62$$

$$\%MSD = \%MSB - \%MSA$$

$$\%MSD = 99,97 - 75,62 = 24,35$$

Ce calcul a été fait pour monter à l'entreprise les quantités de mangues séchées qu'on a pu obtenir après la transformation au cours de notre stage.

11. Stockage

Le produit fini est stocké dans des contenaires en palettisation pour attendre la livraison.

Après la production, les déchets tels que les noyaux sont enfoncés dans des trous pour les transformer en compost. Ces trous sont à 20 mètres de l'unité de séchage et sont réservés uniquement pour la gestion des déchets.

Les épiluchures de mangues qui constituent une matière organique sont broyées dans un « bio » digesteur afin de les transformer en une source d'énergie réutilisable dans la chaîne de production et d'autres pratiques culinaires.



Photo 7 : Photo d'un « bio » digesteur

Les étapes de la transformation se résument dans le diagramme suivant.

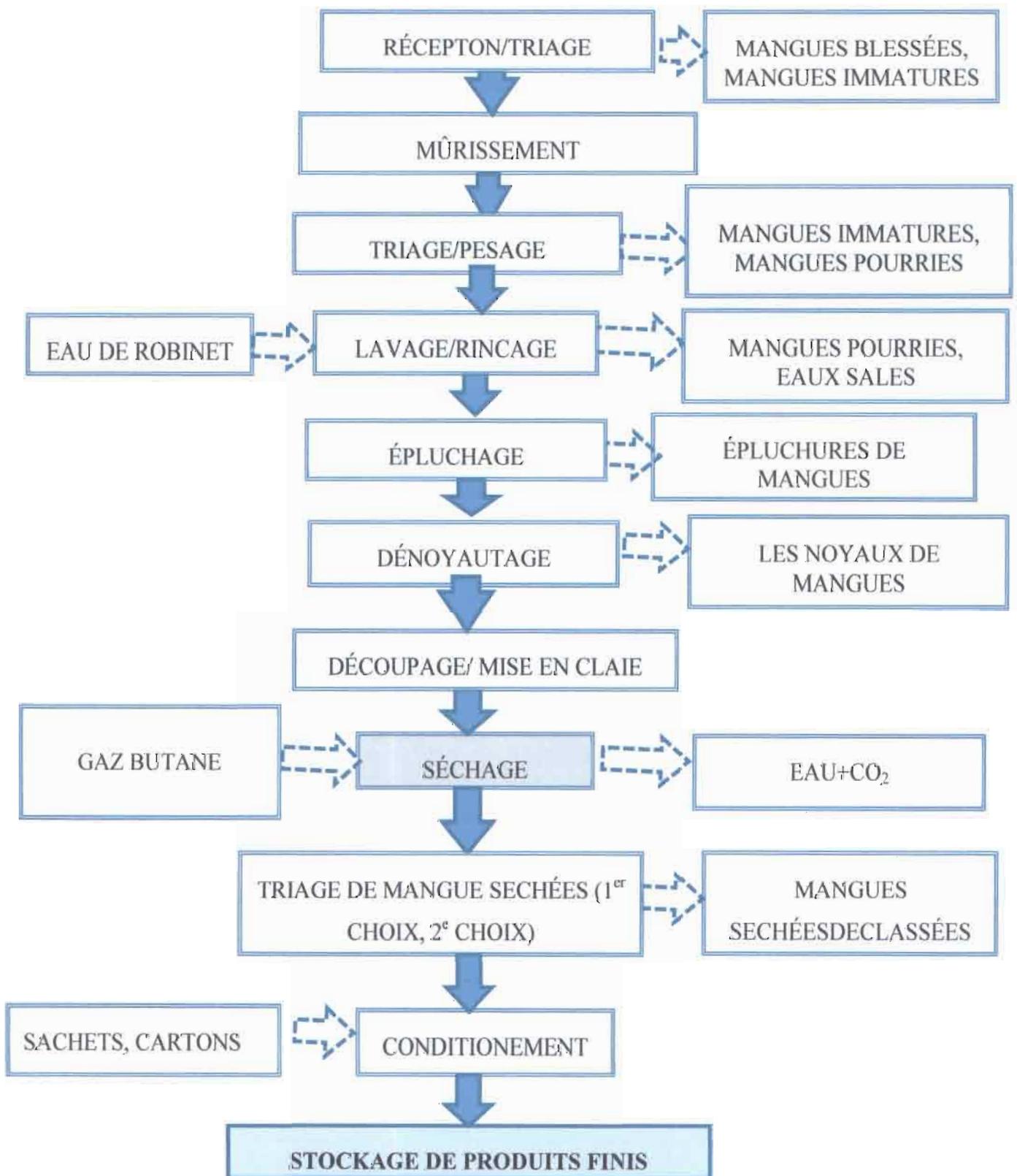


Figure 1 : Diagramme de production

Les résultats de l'évaluation du processus de production nous permettent de relater les points suivants :

- ✓ Mauvaises conditions de transport et de réception de la matière première. La mangue est transportée en vrac et reçue au sol. Cela pourrait augmenter l'altération biologique et physique de la mangue pendant le mûrissement.
- ✓ On note une absence de désinfection de la mangue avant l'épluchage et une manipulation élevée des tranches de mangue dans la chaîne de transformation. Cela pourrait être une source potentielle de contamination microbienne.
- ✓ La majorité du personnel ne porte pas de tenue de travail et parle assez pendant les activités de transformation. De plus le matériel utilisé n'est pas en inox. Cela s'explique par une insuffisance d'investissement, de la formation et de la sensibilisation du personnel sur les bonnes pratiques d'hygiène.
- ✓ Le couple temps/température et la permutation des claies ne sont pas standardisés au cours du séchage et on ne maîtrise pas la température et la ventilation à l'intérieur des séchoirs. Cela s'explique par le fait que les séchoirs sont construits de façon artisanale. La non-maîtrise de ces paramètres de séchage pourrait être à l'origine de la dégradation des valeurs organoleptiques et nutritionnelles de la mangue séchée.
- ✓ On note un excellent rendement de la production en mangue séchée brute et une bonne gestion des déchets. Cela témoigne de la qualité de formation, du suivi et de la sensibilisation du personnel sur les opérations d'épluchage, de dénoyautage et de la découpe d'une part et on pourrait penser à la bonne qualité de la matière première d'autre part. Les 24,35% de mangues séchées déclassées se justifient soit par des faiblesses au niveau du conduit du séchage, soit par des mauvais traitements du produit après le séchage.

La technologie du séchage avec les séchoirs ATESTA pratiquée dans l'unité de séchage de GEBANA AFRIQUE peut être comparée avec d'autres unités de séchage :

- On a Nourane séchage à Banfora qui utilise la ventilation forcée combinée avec la rotation des claies pour obtenir une température homogène à 70°C à l'intérieur du séchoir et éviter la permutation des claies. Avec cette technologie pour 200 kg de tranches de mangues fraîches, on obtient 20 kg de mangues séchées en 16 heures par séchoir. Tandis qu'un séchoir ATESTA donne 20 kg de mangues séchées à partir de 200 kg de tranches de mangues fraîches pour un temps de 20 à 22 heures. Ces types de séchoirs économisent plus d'énergie que les séchoirs ATESTA.

- On a aussi le séchage à Tunnel électrique en Afrique du Sud. Le séchoir à Tunnel a une capacité de production de 20 tonnes de mangues séchées pour une saison de 120 jours avec 22% du taux d'humidité de produit fini. Tandis que le séchoir ATESTA a une capacité de production de 1,5 tonne par an avec un taux d'humidité du produit fini se situant entre 12 à 18%. Le séchoir Tunnel produit 13 fois plus de mangues séchées que le séchoir ATESTA avec moins de temps. De plus il conserve plus les valeurs nutritionnelles de mangues séchées au regard du taux d'humidité du produit fini [2].

II. VARIABLES SENSORIELLES

Les variables sensorielles analysées sont : l'odeur, le goût et la couleur. Les résultats des analyses de ces paramètres organoleptiques sont donnés dans le tableau 9.

Tableau 9 : Les paramètres organoleptiques des échantillons A, B et C de mangue séchée.

Code échantillon	Odeur	Goût	Couleur
A	Caractéristique du produit (présence d'arôme de mangue, exempté d'odeur étrangère)	Sucré-acidulé	Jaune-brun
B	Caractéristique du produit (présence d'arôme de mangue, exempté d'odeur étrangère)	Sucré-acidulé, doux	Jaune-brun
C	Caractéristique du produit (présence d'arôme de mangue, exempté d'odeur étrangère)	Peu sucré, acide persistante	Jaune

Jaune-brun : Signifie que dans l'emballage, il y a plus de couleur jaune que brune.

Sucré –acidulé : on perçoit plus le goût sucré que le goût acide.

Les tranches de mangue séchées sont caractérisées par le goût sucré et acide.

L'analyse générale des échantillons A, B et C donne un goût plus sucré qu'acide, ce résultat

est confirmé par la valeur moyenne des pH 4,1. Plus le pH est élevé plus la mangue a goût sucré et moins le pH est faible, la mangue a goût acide.

Ces résultats pourraient être justifiés par le fait que la variété Brooks a un goût légèrement sucré. L'acidité persistante dans certaines tranches pourrait être justifiée par le fait que certaines mangues sont cueillies avant la maturité optimale. En effet la coexistence de la couleur jaune-brun et jaune se justifie par l'effet des conditions de séchage (couple /température). En ce qui concerne l'odeur, les tranches de mangue sont exemptées d'odeur étrangère, l'odeur est caractéristique de la mangue de variété Brooks.

III. PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

Les paramètres microbiologiques analysés sont coliformes fécaux, la flore totale et les levures et moisissures. Le tableau 10 donne les résultats des différents échantillons analysés.

Tableau 10 : Résultats des paramètres microbiologiques.

Code échantillons	A	B	C	Moyenne	Norme
Coliformes fécaux (cfu/g)	$<1.10^1$	$<1.10^1$	$<1.10^1$	$<1.10^1$	$<1.10^3$
Flore totale (cfu/g)	$<8,6.10^2$	$< 3.10^1$	$<1,1.10^2$	$<9,9.10^2$	$<1.10^4$
Levures et moisissure (cfu/g)	$<4.10^1$	$< 1.10^1$	$<3,5.10^1$	$<2,83.10^1$	$<1.10^4$

Chaque paramètre est commenté et discuté dans les parties suivantes.

1. Coliformes fécaux

Les résultats des analyses sur les coliformes fécaux sont donnés dans le tableau 10.

On remarque une absence totale de germes pathogènes d'origine fécale dans tous les échantillons analysés. Les valeurs des résultats d'analyse des échantillons A, B et C sont en conformité avec la norme burkinabè NBF 01. 003 : 2006 qui préconise $<1.10^3$ cfu/g [15]. Les échantillons répondent donc aux normes.

Ces résultats confirment la bonne qualité hygiénique des échantillons analysés qui pourrait être justifiée par une bonne pratique d'hygiène dans la chaîne de transformation. De plus, on pourrait penser à un bon traitement thermique du produit qui pourrait tuer ou empêcher le développement de ces germes pathogènes. Ces résultats permettent à la société d'avoir des certifications sur la qualité hygiénique de ses produits et aussi de préserver la santé des consommateurs.

2. Flore totale

Les résultats des analyses de la flore totale sont présentés dans le tableau 10.

Les résultats d'analyse des échantillons A et C donnent des valeurs supérieures à celui de l'échantillon B qui est extrêmement inférieur à la norme.

La valeur moyenne des résultats de l'ensemble des échantillons reste inférieure à la norme burkinabè NBF 01. 003 : 2006 et NF EN ISO 4833/2003 qui préconisent $<1.10^4$ cfu/g. Les résultats de l'analyse des échantillons répondent aux normes existantes pour la mangue séchée.

Ces résultats pourraient nous amener à constater une très faible présence des micro-organismes pathogènes et leurs toxines sur les produits finis. Ce qui nous fait penser au respect des bonnes opérations de productions, de transport et d'entreposage des produits dans la chaîne de transformation et de conditionnement.

3. Levures et moisissures

Les résultats sur le dénombrement des levures et moisissures sont donnés dans le tableau 10.

Les résultats de l'analyse donnent une absence totale de levures et moisissures au niveau de l'échantillon B. On note la présence de quelques levures et moisissures dans les échantillons A et C.

La valeur moyenne des résultats de l'ensemble des échantillons reste inférieure à la norme burkinabè NBF 01. 003 : 2006 et NF EN ISO 7954/1988 qui préconisent $<1.10^4$ cfu/g.

Les échantillons analysés donnent des résultats qui sont conformes avec les normes nationales et internationales.

Ces résultats pourraient être justifiés par une humidité des tranches acceptable qui empêcherait le développement des levures et moisissures. Cette remarque nous permet de dire que les tranches de mangue séchées ont reçu des bonnes conditions de séchage et de stockage. Les tranches de mangues séchées seront donc moins exposées aux phénomènes de protéolyse et des réactions d'origines fongiques.

IV. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Les paramètres physico-chimiques déterminés sont le pH et l'humidité. Le tableau 11 donne les résultats des échantillons A, B et C analysés.

Tableau 11 : Résultats paramètres physico-chimiques

Code échantillon	A	B	C	Moyenne	Norme
pH	4,67	3,45	3,38	4,03	3,4-3,75
%H (Humidité)	12,73	13,9	15,35	13,98	12-18

Ces résultats sont commentés et discutés dans les parties suivantes.

1. pH

Les résultats du pH sont donnés dans le tableau 11. Le pH de l'échantillon A est très élevé tandis que les pH des échantillons B et C restent conformes aux normes.

Le pH des échantillons B et C limite les contaminations et le développement de nombreux micro-organismes. Néanmoins ces milieux seraient favorables aux micro-organismes acidophiles. La valeur moyenne des résultats reste légèrement supérieure à la norme nationale qui se situe entre 3,4 et 3,75. Cette différence est due à la valeur de l'échantillon A qui est largement supérieure à la norme. Ce qui pourrait se justifier par une maturité poussée de la mangue fraîche. De plus on pourrait aussi remarquer que les analyses portent sur la variété Brooks qui donnerait un goût légèrement sucré.

2. Humidité

Les valeurs des humidités sont données dans le tableau 11.

Le taux d'humidité de l'ensemble des échantillons varie en moyenne de 12,73 et 15,35. Le seuil fixé par la norme nationale est 12 à 18%. Les résultats sont en conformité avec ceux de la norme nationale. Ces valeurs de l'humidité témoignent d'excellentes conditions de séchage. En effet le séchage implique des conditions naturelles (la température ambiante du local et l'humidité de l'air). Ces conditions varient énormément en fonction des localités et difficile à maîtriser. De ce résultat on pourrait admettre que les produits ont une bonne stabilité et que leurs qualités nutritionnelles et organoleptiques ont été conservées lors du séchage. Ils sont aussi moins exposés aux réactions de dégradations enzymatiques et microbiennes.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La présente étude qui porte sur la transformation et le contrôle qualité de la mangue séchée a permis d'identifier les dangers biologiques, chimiques et physiques liés au processus de transformation ainsi que les limites d'action des contaminants de la mangue séchée.

De plus, la mangue séchée présente un intérêt qualitatif pour l'alimentation humaine au regard de ses valeurs nutritionnelles. La maîtrise de la technologie du séchage en tant que traitement thermique est indispensable pour la conservation de certains éléments nutritifs tels que les vitamines et la stabilité des produits finis. Les bonnes pratiques d'hygiène sont primordiales pour garantir un produit de bonne qualité qui trouvera sa place sur le marché européen et sous-régional. Cependant on a pu constater que le respect des exigences liées à l'hygiène est difficile sur le plan pratique (financier et technique) et se heurte souvent à une insuffisance d'implication et de connaissances. C'est ici qu'intervient le but de notre travail. Dans le cadre du stage, les analyses sensorielles, microbiologiques et physico-chimiques ont permis d'évaluer la qualité de la mangue séchée. Par ailleurs, à l'issue des résultats de l'évaluation du processus de la production on a pu mentionner les faiblesses liées à la technologie du séchage par les séchoirs ATESTA et comparer sa performance avec d'autres technologies.

Les recommandations que nous pouvons faire dans le but de contribuer à l'amélioration du système de production et la qualité de la mangue biologique séchée dans la société GEBANA Afrique sont les suivantes :

- ✓ Mettre en pratique, les mesures correctives préconisées dans la fiche technique d'évaluation des bonnes pratiques d'hygiène (voir annexe).
- ✓ Accentuer la formation et la sensibilisation du personnel depuis la production de la mangue dans les vergers jusqu'aux produits finis sur les conditions de cultures biologiques et les bonnes pratiques d'hygiène et de fabrications.
- ✓ Envisager une réfection de l'unité de séchage GEBANA AFRIQUE à Bobo.
- ✓ Mettre en place un système d'aération dans les séchoirs.
- ✓ Les séchoirs utilisés ne sont pas bien adaptés pour la maîtrise de l'humidité, du fait que les claies sont superposées et la température est plus élevée en bas du séchoir qu'en haut. Il serait souhaitable de mettre en place des séchoirs à Tunnel, des séchoirs à ventilation forcée combinée avec la rotation des claies, des séchoirs de type pompe à chaleurs en exploitant l'énergie solaire comme source d'énergie pour le séchage.
- ✓ Chercher à optimiser les paramètres de séchage tels que la désinfection de la matière première, la découpe, le couple temps/température selon les procédés standards.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] PAFASP et APROMAB, 2011. Cartographie pilote des vergers au Burkina Faso, rapport d'atelier, 198 p.
- [2] Michel A, 2009. L'amélioration des performances de la filière des produits transformés de la mangue au Burkina Faso et au Mali, 45 p.
- [3] Michel R, 2005. Amélioration des outils et technique de production de la mangue séchée au Burkina Faso, rapport d'atelier, 8-11 novembre, 22 p.
- [4] SNV, 2010. Contribution au développement de la filière mangue au Burkina Faso : Expériences et leçons apprises, 37 p.
- [5] Michell A et Christophe R, 2005. Guide de l'entreprise de séchage de mangue au Burkina Faso. Chambre de Commerce, d'Industrie et d'Artisanat du Burkina Faso, 167 p.
- [6] fr.wikipedia.org/wiki/mangue,/Buursine International- agro-business.htm (22/01/14)
- [7] APROMAB, 2009. Guide de système d'autocontrôle pour la production de la mangue, Burkina Faso, 207 p.
- [8] CODEX STAN 193-1995 Commission du codex Alimentarius-Norme générale Codex pour les contaminants et les toxines dans les denrées alimentaires, (Rév.1-1997), 20 p.
- [9] [http://www.africapresse.com/wp-content/uploads/2012/04/manguejp\(02/01/14\)](http://www.africapresse.com/wp-content/uploads/2012/04/manguejp(02/01/14))
- [10] Millogo. D , 2012. Mémoire soutenu pour l'obtention de la licence à l'UFR/ST de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso sur le thème : « caractérisation physico-chimique de la mangue séchée Biologique (variété Amélie) », 40 p.
- [11] Directeur Général d'AFNOR, 1988. Norme française NF ISO 7954 : Microbiologie-Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures-Techniques par comptage des colonies à 25°C, 4 p.
- [12] Directeur Général d'AFNOR, 2003. NF ISO 4833 : Microbiologie des aliments – Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes-Technique par comptage des colonies à 30°C, 9 p.
- [13] Comité technique ISO/TC 34, 2006. NF ISO 4832 : Microbiologie des aliments – Méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes-Méthode par comptage des colonies 7 p.
- [14] Directeur Général d'AFNOR, 2000. Détermination de la teneur en eau et en matières volatiles, 8 p.

[15] IRSAT, 2013. Cahier du participant. Renforcement des capacités des unités de transformation de mangue : Formation des formateurs. Rapport d'atelier, 81 p.

ANNEXES

ANNEXE 1 : FICHE TECHNIQUE D'ÉVALUATION DES BONNES PRATIQUES D'HYGIÈNES ET DE FABRICATION

Dangers identifiés	Moyens de maîtrise préconisés	Système de contrôle proposés
Matière première	Voies impraticables pour la livraison Transport de la manguette en vrac Réception de la manguette au sol	Preuve de livraison Bordereau d'achat références du véhicule et des livreurs
Milieu	Toilettes proches des bacs de mûrissement Absence de plan de nettoyage et désinfection Pénétration de l'eau de pluie	Affichage de programme de nettoyage désinfection Affichage de pictogramme pour la conduite à tenir sur le site de production
Matériel	Matériel est à majorité en plastique Présence de termites dans les séchoirs Les couteaux et les ciseaux ne sont pas en inox Insuffisance de bouteille de gaz	Inventaire du matériel de production Archivage des documents
Main d'œuvre	Entrée et sortie non contrôlées du personnel Absence de tenues de travail pour certaines personnes Heures de travail non définies Assez de bavardage pendant les activités	Dresser des listes de présence journalières Dresser des listes de présence pour les formations

ANNEXE 3 : RÉSULTATS DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES DES ÉCHANTILLONS A, B ET C DE LA MANGUE SÉCHÉE.

Code échantillon	A	B	C	Norme	Date d'analyse
Levures et moisissures (cfu/g)	<4.10 ¹	< 1.10 ¹	<3,5.10 ¹	NF EN ISO 7954/1988	31 octobre au 14 novembre 2013
Flore totale (cfu/g)	<8,6.10 ²	< 3.10 ¹	<1 ,1.10 ²	NF EN ISO 4833/2003	
Coliformes fécaux (cfu/g)	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	NF EN ISO 4832/2006	
Humidité %H	12,73	13,9	15,35	NF EN ISO 665/2000	
pH	4,67	3,45	3,38	Méthode laboratoire de IRSAT Bobo	

**ANNEXE 3 : RÉSULTATS DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES ET PHYSICO-
CHIMIQUES DES ÉCHANTILLONS A, B ET C DE LA MANGUE SÉCHÉE.**

Code échantillon	A	B	C	Norme	Date d'analyse
Levures et moisissures (cfu/g)	<4.10 ¹	< 1.10 ¹	<3,5.10 ¹	NF EN ISO 7954/1988	31 octobre au 14 novembre 2013
Flore totale (cfu/g)	<8,6.10 ²	< 3.10 ¹	<1 ,1.10 ²	NF EN ISO 4833/2003	
Coliformes fécaux (cfu/g)	<1.10 ¹	<1.10 ¹	<1.10 ¹	NF EN ISO 4832/2006	
Humidité %H	12,73	13,9	15,35	NF EN ISO 665/2000	
pH	4,67	3,45	3,38	Méthode laboratoire de IRSAT Bobo	

ANNEXE 3 : RÉSULTATS DES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES DES ÉCHANTILLONS A, B ET C DE LA MANGUE SÉCHÉE.

Code échantillon	A	B	C	Norme	Date d'analyse
Levures et moisissures (cfu/g)	$<4.10^1$	$< 1.10^1$	$<3,5.10^1$	NF EN ISO 7954/1988	31 octobre au 14 novembre 2013
Flore totale (cfu/g)	$<8,6.10^2$	$< 3.10^1$	$<1 ,1.10^2$	NF EN ISO 4833/2003	
Coliformes fécaux (cfu/g)	$<1.10^1$	$<1.10^1$	$<1.10^1$	NF EN ISO 4832/2006	
Humidité %H	12,73	13,9	15,35	NF EN ISO 665/2000	
pH	4,67	3,45	3,38	Méthode laboratoire de IRSAT Bobo	

ANNEXE 2 : MANGUE FRAICHE ET SÉCHÉE VARIÉTÉ BROOKS



Photo 1 : mangue fraîche variété Brooks



Photo 2 : 100 g de mangue séchée 1^{er} choix



Photo 3 : 2 Kg de mangue séchée 2^e choix