

BURKINA FASO

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

Unité-Progrès-Justice

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

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



Centre National de la Recherche
Scientifique et Technologique
(C.N.R.S.T)



Unité de Formation et de Recherche
en Sciences et Techniques (U.F.R/ST)

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

Génie Biologique

Département Technologie Alimentaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Pour l'obtention de la
LICENCE PROFESSIONNELLE EN GENIE BIOLOGIQUE
Option : AGROALIMENTAIRE
THEME :

**Stabilisation et conservation de la pulpe de mangue
en vue de la production de vinaigre de fermentation**

Présenté et soutenu par : TRAORE Souleymane

Maître de stage :

Dr. Hagrétou
SAWADOGO/LINGANI

Directeur de mémoire :

Dr. Jean Baptiste Marie
Hubert ILBOUDO

TABLE DES MATIERES

AVANT PROPOS.....	iv
DEDICACE	v
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	vii
RESUME	viii
INTRODUCTION	1
OBJECTIF DE L'ETUDE	3
PREMIERE PARTIE : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
I.PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	5
I.1. Présentation du Département Technologie Alimentaire	5
I.2. Organisation et missions du Département Technologie Alimentaire	5
I.2.1. Organisation du Département.....	5
I.2.2. Les missions du Département.....	5
II.SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA MANGUE ET SES PRODUITS DERIVE.....	7
II.1. Généralité sur le manguier	7
II.1.1. Description botanique	8
II.1.2. Production et marché	10
II.1.3. Composition biochimique et valeur nutritive.....	11
II.2. Conservation et Transformation de la mangue	11
II.2.1. Conservation de la mangue.....	11
II.2.2. Principaux produits transformés de la mangue.....	13
II.3. Le vinaigre de mangue.....	15
II.3.1 Procédé biologique de la double fermentation pour la production du vinaigre de mangue .	15
DEUXIEME PARTIE: MATERIELS ET METHODES.....	17
I. Matériel.....	18
I.1. Matière première	18
I.2. Matériel d'atelier de production	18
I.3. Matériel de laboratoire	18
I.3.1. Matériel du laboratoire d'analyse microbiologique.....	18
I.3.2. Matériel du laboratoire d'analyses physico-chimique.....	18
II. Méthode de stabilisation et de conservation de la pulpe de mangue.....	19
II.1. Procédé de fabrication de la pulpe de mangue.....	19
II.2. Conservation et stockage de la pulpe stabilisée	21
III .Méthodes d'analyse.....	21

III.1. Prélèvement des échantillons et paramètre analysés	21
III.2. Méthode d'analyses physico-chimiques	22
III.2.1. Détermination du taux d'humidité.....	22
III.2.2. Détermination des teneurs en protéines	22
III.2.3. Détermination des teneurs en cendres	23
III.2.4. Détermination des teneurs en sucres totaux	23
III.2.5. Détermination du pH et de l'acidité titrable	23
III.2.6. Détermination de la matière sèche soluble (degré Brix)	24
III.2.7. Détermination de la teneur en matière grasse	24
III.3. Méthode d'analyse des éléments minéraux	25
Les éléments minéraux ont été déterminés aux laboratoires d'analyses des eaux, sols et plantes du BUNASOL selon les principes et modes sont :	25
III.3.1. Dosage de phosphore, potassium, calcium, magnésium.	25
III.3.2. Dosage des oligoéléments.....	26
III.4. Méthodes d'analyses microbiologiques.....	26
III.4.1. Préparation de la suspension mère, dilution décimale et ensemencement.....	26
III.4.2. Méthode de dénombrement des différents groupes de germes recherchés.....	27
TROISIEME PARTIE: RESULTATS ET DISCUSSION	29
I. Résultats des analyses physico-chimiques	30
I.1. Résultats des caractéristiques physico-chimiques de la pulpe de mangue	30
I.1.1. Pulpe de mangue fraîche	30
I.1.2. La pulpe de mangue nature pasteurisée.....	31
I.1.3. La pulpe de mangue pasteurisée avec de l'acide citrique.....	32
II. Résultats d'analyses des éléments minéraux	35
II.1. La pulpe fraîche	35
II.1.2. La pulpe pasteurisée.....	36
III. Résultats des analyses microbiologiques	36
III.1. Résultat microbiologique de la pulpe de mangue fraîche.....	36
III.2. Résultats microbiologique de la pulpe de mangue pasteurisée	37
III.2.1. Résultat microbiologique de la pulpe de mangue nature pasteurisée	37
III.2.2. Résultat microbiologique de la pulpe de mangue pasteurisée avec de l'acide citrique	38
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	40
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	42
ANNEXE	45

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Période de maturation des mangues (DIDIER, 1988).....	7
Tableau 2: Proportion en éléments constitutifs de quelques variétés de mangue (Bafodé, 1988).....	9
Tableau 3: Composition chimique et valeur nutritive de la variété SPRIND FIELD (LAROUSSILHE, 1980),.....	11
Tableau 4: les différents échantillons prélevés et les paramètres à analyser.	21
Tableau 5: les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons de la pulpe de mangue fraîche pour chaque type de pulpe de mangue pasteurisée.....	30
Tableau 6: les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons de la pulpe de mangue nature pasteurisée et l'évolution de ses paramètres durant le stockage.	31
Tableau 7: les résultats des analyses physico-chimiques de l'échantillon de la pulpe de mangue pasteurisée avec 0,382 % de l'acide citrique et l'évolution de ses paramètres durant le stockage.	32
Tableau 8: les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons de la pulpe de mangue pasteurisée avec 0,39% de l'acide citrique et l'évolution de ses paramètres durant le stockage.	33
Tableau 9: les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons de la pulpe de mangue pasteurisée avec 0,31% de l'acide citrique et l'évolution de ses paramètres durant le stockage.....	34
Tableau 10: La teneur en éléments minéraux des pulpes fraîches en mg/100g matière sèche(MS).....	35
Tableau 11: La teneur en éléments minéraux des pulpes pasteurisées en mg/100g matière sèche(MS).....	36
Tableau 12: Résultat des analyses microbiologiques sur la pulpe fraîche avant la pasteurisation.....	37
Tableau 13: les résultats microbiologiques de la pulpe de mangue nature pasteurisée.	37
Tableau 14: les résultats microbiologiques de la pulpe de mangue pasteurisée avec de l'acide citrique.....	38

LISTE DES FIGURES

Figure 1: les variétés de mangue rencontrées au Burkina (source : TRAORE, 2013).....	8
Figure 2: Diagramme de production de la pulpe de mangue stabilisée.....	20
Figure 3: Pulpe de mangue pasteurisée dans les bocaux et fûts (TRAORE, 2013)	21

AVANT PROPOS

L'enseignement supérieur au Burkina Faso est de nos jours confronté à d'énormes difficultés vue l'augmentation de l'effectif des étudiants et ce, à chaque année académique. Ceux-ci sont le résultat de l'amélioration continue des succès à l'éducation de base et à l'enseignement secondaire. Un tel contexte met en relief l'augmentation des jeunes diplômés et la faible employabilité de cette dernière. L'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (U.P.B) est une solution judicieusement pensée pour relever le défi de l'élargissement, la diversification, la professionnalisation et la personnalisation de l'offre de formation. D'abord connue sous le nom de Centre Universitaire Polytechnique de Bobo-Dioulasso (C.U.P.B) entre septembre 1995 et mai 1997, sa désignation sous l'appellation d'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (U.P.B) date du 16 mai 1997. Depuis le 29 juillet 2002 L'U.P.B a été classée dans la catégorie d'établissement public de l'Etat à caractère scientifique, culturel et technique (EPSC) chargé d'enseignement supérieur et de recherche scientifique. Elle assure la formation supérieure publique dans le processus du LMD (Licence, Master et Doctorat) dans ses établissements d'enseignement et de recherche que sont : l'Institut du Développement Rural (IDR) ; l'Institut Universitaire de Technologie (IUT) ; l'Institut Supérieur des Sciences de la Santé (INSSA) ; l'Ecole Supérieure d'Informatique (ESI), l'Unité de Formation et de Recherches en Sciences et Techniques (UFR/ST) et l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences Juridiques, Politiques, Economiques et de Gestion (UFR/SJPEG). La Génie Biologique, filière qui relève de l'UFR/ST, est un cycle professionnalisant mettant à la disposition des employeurs, des diplômés de trois domaines de qualification. Il s'agit notamment de la diététique/nutrition, l'analyse biologique et l'Agroalimentaire.

Dans le cursus des stages académiques de six (06) mois contribuent à consolider les connaissances théoriques acquises durant le cycle de formation de Licence Professionnelle en Génie

Biologique. Ainsi, l'étudiant doit réaliser un stage pratique sur un thème afin de rédiger un mémoire de fin de cycle. C'est dans ce contexte que s'inscrit le présent travail dont les travaux ont été menés au Département Technologie Alimentaire (D.T.A) de l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (I.R.S.A.T), relevant du Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (C.N.R.S.T).

DEDICACE

Je dédie ce travail à :

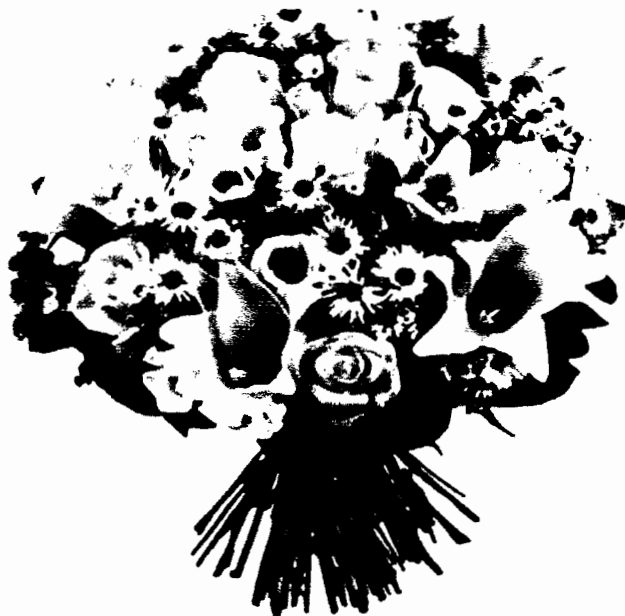
Ma mère, TRAORE Tenin

Mon père, TRAORE Bakary

Mes frères, Fousseny, Adama,

moumouni, oumarou,

Ma sœur Brakissa.



REMERCIEMENTS

Nous tenons à témoigner notre reconnaissance à toutes les personnes physique et morale dont les engagements et les contributions n'ont eu de cesse à propulser nos travaux pour la réalisation de ce document. Nous tenons à remercier spécialement :

- ✚ Les responsables du projet West Africa Agricultural Productivity Program (WAAPP) - Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO), qui a financé nos travaux durant les 6 mois de stage.
- ✚ Le Docteur Jean-Baptiste ILBOUDO, enseignant-chercheur à l'UFR/ST et à l'Institut du Développement Rural ;
- ✚ L'administration et le corps professoral de l'UFR/ST.

Leurs engagements pour nous assurer une formation professionnelle de qualité ainsi que leurs soutiens manifestes durant notre stage resteront toujours gravés en nous. Nous devons ces mentions spéciales également au :

- ✚ Docteur Bréhima DIAWARA, Directeur de l'Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT), notre enseignant et maître et pour avoir accepté notre demande de stage dans son Département Technologie Alimentaire ;
- ✚ Docteur SAWADOGO/LINGANI Hagrétou, Chef du Département Technologie Alimentaire, notre enseignante et maîtresse de stage ;
- ✚ Docteur Donatien KABORE, responsable technique du laboratoire d'analyses microbiologiques du D.T.A.

Nous saluons les engagements combien inestimables de ces personnes pour la mise en œuvre de tous nos travaux. Nous citerons enfin :

- ✚ Les Chercheurs et le personnel attaché du Département Technologie Alimentaire ;
- ✚ Monsieur Michel COMBARI, madame KANTE et Adja Maïmounata CONGO ;
- ✚ L'équipe de l'atelier de production (Technopole) et les équipes techniques de chacun des laboratoires d'analyses du Département Technologie Alimentaire ;
- ✚ Monsieur Oumar SOULAMA mon binôme pour son aide dans nos activités.
- ✚ Tous nos camarades stagiaires du Département Technologie Alimentaire.

En plus de toutes ces personnes physiques ou morales dont le concours n'a été ici mentionné, nos remerciements vont à l'endroit du Réseau Africain pour l'Education de l'Agriculture, l'agroforesterie et la Gestion des Ressources Naturelle (ANAFE) qui nous a octroyé une allocation pendant notre stage et les camarades de la promotion Génie Biologique.

MERCI A TOUS !

SIGLES ET ABREVIATIONS

PME/PMI : petites et moyennes entreprises / petites et moyennes industries

IRSAT : Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies

DTA : Département Technologie Alimentaire

FAO: Food and Agriculture Organization

ONG : Organisation Non Gouvernementale

ISO : International Standard Organization

MS : matière sèche

g/l : gramme par litre

ml/h: millilitre par heure

t₀ : le début de la production de la pulpe de mangue avant le stockage

N : normal

Phe - Met : Phénylalanine - Méthionine

mn: minute

T°C : température

E.S.T : extraits sec totaux

NF : norme française

Photo : photographie

UFC : unité formant colonie

MS : matière sèche

Ca :Calcium

Mg :Magnésium

K :Potassium

Fe :Fer

N : Azote

P : Phosphore

S : Soufre,

Na Cl : chlorure de sodium

BPF-BPH : bonnes pratiques de fabrication – bonnes pratiques d'hygiène

FIRCA :Fonds Interprofessionnel pour la Recherche et le Conseil Agricole

ANAFE : Réseau Africain pour l'Education de l'Agriculture, l'agroforesterie et la Gestion des Ressources Naturelle

RESUME

L'étude conduite au sein du Département Technologie Alimentaire de Ouagadougou s'est étendue sur une période de 6 mois. Elle a consisté à stabiliser et conserver la pulpe de mangue pour une utilisation ultérieure, et nous a permis de mettre en place un diagramme de production bien détaillé avec tous les paramètres nécessaires. À l'issue de ce diagramme, nous avons produit la pulpe de mangue nature pasteurisée et la pulpe de mangue pasteurisée avec des différents pourcentages de l'acide citrique. Les produits obtenus ont fait l'objet de différentes analyses biochimiques et microbiologiques, dans le but de suivre les paramètres biochimiques et microbiologiques de ces produits durant le stockage.

Les analyses biochimiques de la pulpe de mangue fraîche ont donné $79,38 \pm 0,2\%$ en eau ; $4 \pm 0,2$ de pH avec une acidité titrable de $0,6 \pm 0,16$ %MS ; $1,88 \pm 0,14$ en cendre ; $61,81 \pm 2,04\%$ MS en sucre totaux ; $0,6\%$ MS en protéine ; $0,41 \pm 0,08\%$ MS en matière grasse ; $19,45 \pm 0,97\%$ le degré Brix.

Celles de la pulpe de mangue nature pasteurisée ont donné $74,32 \pm 0,4\%$ en eau ; $3,92 \pm 0,17$ le pH avec une acidité titrable de $0,86 \pm 0,02\%$ MS ; $1,78 \pm 0,17\%$ MS en cendre ; $73,88 \pm 3,63\%$ MS en sucre totaux ; $0,6$ en protéine ; $0,44\%$ MS en matière grasse et 24% degré Brix.

Pour ce qui concerne la pulpe de mangue pasteurisée avec des différents pourcentages de l'acide citrique, l'analyse biochimique donne $77 \pm 0,1$ en humidité ; $3,7 \pm 0,2\%$ le pH avec une acidité titrable de $1 \pm 0,1\%$ MS ; $85 \pm 0,5\%$ MS en sucre totaux ; $0,6\%$ MS en protéine ; $0,43 \pm 0,01\%$ MS en matière grasse et $22 \pm 0,55\%$ MS le degré Brix.

Les analyses microbiologiques de la pulpe de mangue fraîche révèlent $6,8.10^4$ à $1,2.10^5$ UFC/g de la flore totale ; $3,9.10^1$ à 4.10^3 UFC/g des coliformes totaux ; $1,6.10^1$ à 4.10^3 UFC/g de la levure et moisissure.

La charge microbienne de la pulpe de mangue nature pasteurisée et avec de l'acide citrique donne un germe < 10 UFC/g. L'étude montre que la pulpe de mangue pasteurisée dans les bonnes conditions d'hygiène et fabrication, peut être stockée pendant plusieurs mois sans une modification de la composition chimique et qui sera aussi à l'abri de toute contamination microbienne.

Mots clés : pulpe de mangue -Pasteurisation-stockage - caractéristique physico-chimiques et microbiologiques

INTRODUCTION

Les fruits et légumes sont en général des produits alimentaires à haute valeur nutritive et commerciale, mais aussi très périssables. Ils contribuent à l'amélioration du bien-être social et à l'état de santé des populations (FAO, 1999). Le manguiier est originaire du nord-est de l'Inde et de Birmanie. Il est largement répandu en Asie, en Indonésie et dans la péninsule indochinoise, sous forme de certaines variétés différentes soit cultivées, soit semi-sauvage (ETINNE, 1993). La mangue est produite dans les régions tropicales et subtropicales (MARTINE *et al.*, 1993). Elle est consommée à l'état mûr sous forme de dessert et de salade (BESUCHET et PURY, 1998). Avec plus de 1000 variétés répertoriées sa production mondiale est évaluée à près de 35 millions de tonnes en 2009 et elle occupe le cinquième rang de la production fruitière mondiale venant après les agrumes, les bananes, les raisins, les pommes (Mangue-UNCTAD, 2012). Dix (10) pour cent de cette production provient de l'Afrique (Mangue-UNCTAD, 2012). Au Burkina Faso, cette production est évaluée à plus de 120000 tonnes/an sur une superficie de 10000 à 12250 ha (pafasp.org/mangue, 2012). Les variétés les plus rencontrées sont Kent, Keitt, Amélie, Julie, Lippens, Brooks, Zill, Palmer. Sur le plan nutritionnel, la mangue a un apport énergétique considérable et constitue une source essentielle de provitamine A, de vitamine C et de minéraux tels que le calcium, le phosphore, le magnésium, le potassium et le fer (LAROUSSILHE, 1980 ; DESMORIEUX, 1992; SAWADOGO-LIGANI, 1993). Sa consommation régulière pourrait constituer un moyen efficace de lutte contre l'avitaminose A (SIBETCHEU *et al.* 1999 ; BENDECH, 2002). A cause de sa qualité organoleptique et son importance nutritionnelle, la mangue est très appréciée par les populations. Cependant la teneur élevée en eau de la mangue ($84,4 \pm 1,7$) rend ce produit très périssable (SAWADOGO-LIGANI 1993). Cela pose donc un réel problème de conservation. Face à l'étroitesse des marchés, nationaux et sous régionaux, à l'insuffisance d'infrastructure d'entreposage du fruit à l'état frais, l'augmentation de la valeur ajoutée, la mangue doit passer nécessairement par la transformation afin de minimiser les pertes post-récoltes. Ces pertes ont été chiffrées à environ 80% au plan mondial (KANSCIE *et al.* 2003). Au Cameroun elles ont été estimées à 60% (Temple, 2001). Le Burkina Faso perd environ 5000 à 8000 tonnes de sa production de mangue chaque année (FAOSTAT, <http://www.fao.org>, 2012). Ces pertes importantes de mangue après la récolte peuvent se justifier principalement par la difficulté de conservation de la mangue fraîche liée à sa composition biochimique et par l'absence de technologies post-récoltes de stabilisation du fruit. La mangue fraîche se conserve moins de 10 jours à température ambiante, elle est

sensible à la congélation et brunit sous réfrigération prolongée (H.SAWADOGO-LIGANI *et al.*, 2001). Il se pose donc un réel problème de conservation. Sa composition chimique montrent une teneur élevée en eau (H.SAWADOGO-LIGANI *et al.*, 2001 ; DJANTOU *et al.*, 2004) et la présence de divers enzymes pectolytiques tels que la Pectine méthylesterase (PME), la Polygalacturonase (PG), et la β -galactosidase (β -Gal) (CHARLES *et al.*, 2008 ; DJIOUA *et al.*, 2009) favorisent son altération enzymatique. Ce présent travail va contribuer à la recherche de solution aux problèmes de transformation et conservation post-récolte de mangue par une étude de la stabilisation et conservation de la pulpe de mangue en vue d'une utilisation ultérieure.

OBJECTIF DE L'ETUDE

➤ Objectif général :

Contribuer à la promotion de la filière mangue au Burkina Faso par la mise au point d'un procédé maîtrisé de stabilisation et de conservation de la pulpe de mangue à température ambiante, adapté aux petites unités de transformation.

➤ Objectif spécifique :

- Produire de la pulpe de mangue pasteurisée à partir d'un diagramme de production maîtrisé.
- Déterminer la composition globale de la pulpe de mangue (protéine, matière sèche totale, sucres totaux, cendres, le pH, l'acidité, et les éléments minéraux de la pulpe de mangue stabilisée.
- Suivre la conservation à la température ambiante de la pulpe de mangue stabilisée à travers des analyses microbiologiques et physico-chimique.

**PREMIERE PARTIE :
REVUE
BIBLIOGRAPHIQUE**

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

I.1. Présentation du Département Technologie Alimentaire

Situé au quartier 1200 logements de Ouagadougou, le Département Technologie Alimentaire (D.T.A) a été créé en 1997 sur la base des acquis du laboratoire de Biochimie et Technologie Alimentaire (L.B.T.A) mis en place en 1991 par le Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (C.N.R.S.T). Le CNRST compte quatre(04) grands instituts dont l'Institut de Recherches en Sciences Appliquées et Technologies (I.R.S.A.T). Le DTA, le Département Mécanisation (D.M), le Département Substances Naturelles (D.S.N) et le Département Energie (D.E) sont les quatre départements de l'IRSAT. L'un des objectifs majeurs de l'IRSAT à travers son Département Technologie Alimentaire, est d'assurer la planification, la programmation, la coordination et la mise en œuvre des programmes et activités de recherche dans le domaine alimentaire au Burkina Faso.

I.2. Organisation et missions du Département Technologie Alimentaire

I.2.1. Organisation du Département

Le Département Technologie Alimentaire, dispose de laboratoires et un atelier pilote où sont menés des activités pour l'atteinte de ses objectifs. Il s'agit plus précisément :

- de deux laboratoires de microbiologie dont l'un est à Ouagadougou et l'autre à Bobo-Dioulasso ;
- d'un laboratoire de physico-chimie à Ouagadougou et un autre à Bobo-Dioulasso ;
- d'un laboratoire d'analyses sensorielles à Ouagadougou uniquement ;
- d'un atelier pilote dénommé "Technopole" où sont effectués les formations (transferts de technologies).

I.2.2. Les missions du Département

Le Département s'est assigné comme principale mission l'apport de valeur ajoutée aux produits alimentaires d'origine agricole, animale et forestière en vue d'une diversification et d'un accroissement de la consommation et de l'exportation. Pour atteindre cette mission, le DTA œuvre par :

- la recherche-développement dans le domaine agroalimentaire avec les partenaires nationaux et internationaux. Les activités de recherche portent sur les produits, les procédés, la socio-
-

économie, les équipements avec la collaboration du Département Mécanisation et autres équipements ;

- l'appui aux entreprises agroalimentaires à travers des travaux d'analyse et le contrôle de qualité des produits alimentaires, des appui-conseils, de la formation et encadrement au profit du secteur privé (PME/PMI, organismes, groupements et associations) et des services publics. Le DTA réalise également le transfert de compétences et de technologies et fait la promotion des produits alimentaires.

Les activités spécifiques du DTA sont:

- l'étude et l'amélioration des procédés de traitement post-récoltes, de transformation, de conservation, de conditionnement/emballage des produits alimentaires ;
- l'amélioration et la diversification des produits alimentaires à base de produits locaux ;
- la caractérisation et l'amélioration des valeurs nutritionnelles, des qualités hygiéniques et organoleptiques des produits alimentaires ;
- l'adaptation et le développement des systèmes d'assurances de la qualité dans les entreprises agroalimentaires ;
- la contribution à l'étude et à l'adaptation des équipements de transformation des produits en tenant compte de l'environnement socio-économique des entreprises agroalimentaires et du marché.

Les laboratoires de physico-chimique et de microbiologique du DTA sont engagés dans la démarche qualité depuis 2005 ; le laboratoire de microbiologique est accrédité depuis Mars 2012 par le comité Français d'accréditation (COFRAC).

II.SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA MANGUE ET SES PRODUITS DERIVE

II.1. Généralité sur le manguiers

La mangue est originaire d'Inde. Elle fut introduite en Afrique et au Brésil au XVI^{ème} siècle (SOUMAH, 1988 ; MARTINE, 1993). C'est un arbre répandu dans les régions tropicales et subtropicales. Elle est cueillie sur des manguiers, arbres mesurant entre 10 et 20 m de haut (MARTINE, 1993), possédant un système racinaire essentiellement pivotant et caractérisé par la présence d'un nombre réduit de grosses racines peu ramifiées (MOUTONNET *et al.*, 1977). Le manguiers est un arbre fruitier de climat tropical caractérisé par une alternance très nette de saison sèche et humide. Les jeunes arbres sont très sensibles au gel. La zone de confort se situe entre 4 et 40 °C avec un optimum entre 23 et 27 °C. Les hautes altitudes sont défavorables à la bonne croissance du manguiers notamment retardant sa floraison (BAFODE, 1988). Le manguiers pousse dans des sols très variés. Il préfère cependant des sols profonds, assez légers ou de structure moyenne, capables d'assurer une pénétration suffisante des racines, une bonne aération et un bon drainage. La multiplication des manguiers se fait essentiellement par greffage. Il faut environ 6 mois pour l'obtention d'un plant : semés de mars à mai, greffage de septembre à décembre, plantation en juin de l'année suivante. On distingue les variétés précoces, semi précoces et tardives (DIDIER, 1988). Le minimum de pluviométrie nécessaire est d'environ 750 mm /an. Le manguiers a besoin de repos végétatif pour fleurir. Ce repos dont la durée est de 2 à 3 mois est d'une grande importance pour la fructification car il conditionne le calendrier des irrigations et l'apport en éléments fertilisants. Il n'y a en général qu'une période de floraison dans l'année, avec de légères différences de dates selon les variétés (BAFODE, 1988).

Le temps de maturation du fruit varie selon les espèces (**Tableau 1**).

Tableau 1: Période de maturation des mangues (DIDIER, 1988)

Temps de maturation	Destination commercial	
	Marché local	Exportation
Précoce	Amelie (transformation)	Fill, Early, Amelie, Gold
Semi-précoce	Springfiel(mangue papaye)	Irwin, Zill, Amelie
pleine saison	Ruby, Beverly	Kent, valencia, palmer
Tardive	Smith, Brooks	Kent, Keilt, Smith

II.1.1. Description botanique

Selon LAROUSSILHE (1980) le manguier appartient: à l'embranchement des Spermaphytes,

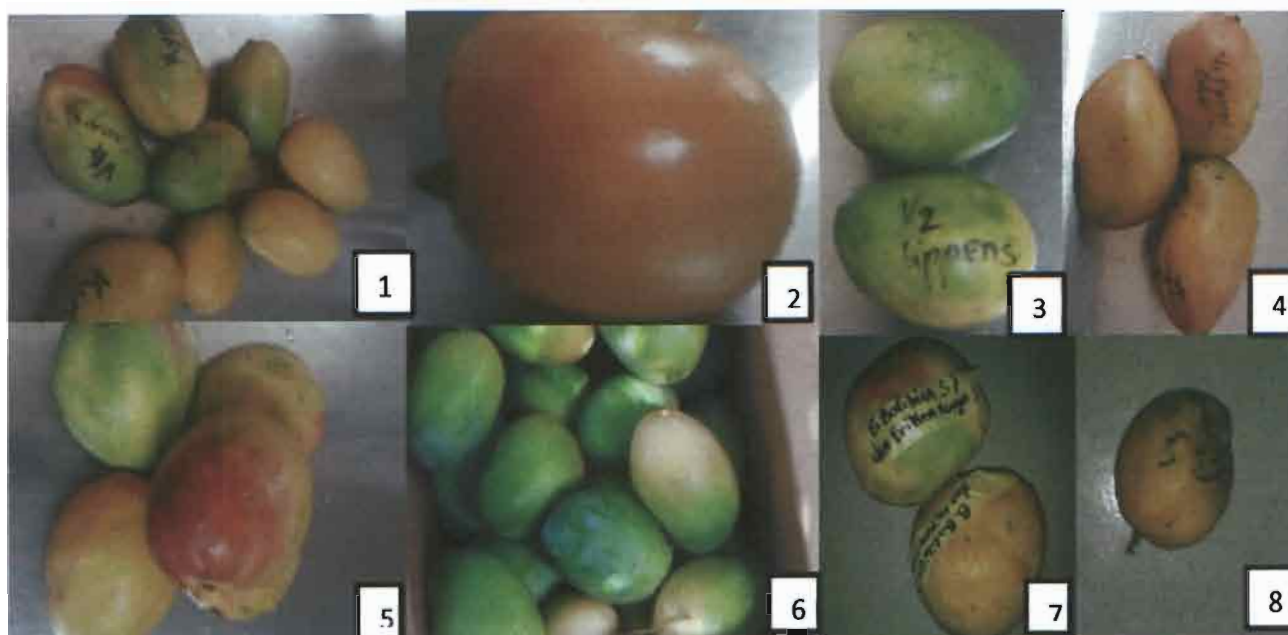


Figure 1: les variétés de mangue (kyon 1, Fibreuse 8, Amelie 2, Lippens 3, Kents 5, Ketts 7 et Brooks 6) rencontrées au Burkina (source : TRAORE, 2013)

On dénote environ 62 espèces arborescentes dont l'une d'elle *Mangifera indica*, comprend plus de 1000 variétés (SINGH, 1967). SOUMAH (1988) et LAROUSSILHE (1980) distinguent deux grandes catégories de variétés :

- les variétés locales encore appelées «mango» dont les fruits ont un gros noyau prolongé de longues fibres qui pénètrent jusqu'au cœur de la pulpe. Ces fruits dégagent une odeur de térébenthine,
- les variétés greffées ou améliorées qui produisent des fruits beaucoup plus prisés des consommateurs. Parmi celles-ci, on peut citer les variétés KENT, KEITH, AMELIE, JULIE, SENSATION, ALFONSO, ZILL, EARLY, GOLD, IRWIM etc.

Au sens botanique, le fruit est la structure de la plante qui, au stade de maturité, contient les graines (CHEFTEL *et al*, 1980). Le fruit du manguier appelé mangue est une drupe variable en forme, en dimension et en couleur (**Figure 1**). Plus ou moins aplatie latéralement, la mangue a un poids variable (100 à 1200g) selon les variétés (SOUMAH, 1988). La mangue comprend principalement trois parties : l'exocarpe, le mésocarpe et le noyau. Le tableau 2 présente la composition biochimique de la pulpe de mangue.

Tableau 2: Proportion en éléments constitutifs de quelques variétés de mangue (Bafodé, 1988)

variété	Poids moyen (kg)	% Peau (g/100 g)	% Noyau (g/100 g)	% Pulpe (g/100 g)
JULIE	0,794	7,68	5,16	87,15
SPRINGFIEL	0,802	18,0	7,77	74,23
SMITH	0,6160	15,32	5,82	78,86
KENT	0,757	13,43	6,22	80,35
AMELIE	0,390	8,08	5,13	86,80
BROOKS	0,550	14,20	5,60	80,20
IRWIN	0,407	17,50	6,30	75,80
PALMER	0,414	21,12	10,40	67,60
ZILL	0,310	8,20	5,15	86,65

La peau ou exocarpe, est la partie externe qui recouvre le fruit. Elle devient jaune -orange, rouge ou demeure verte à maturité selon les variétés. La pulpe ou mésocarpe, est la partie comestible du fruit. Les variétés améliorées comportent beaucoup moins de fibres dans le mésocarpe et sont plus acceptées des consommateurs que les variétés sauvages. Le noyau ou endocarpe présente une insertion de fibres, et possède une cavité dans laquelle loge l'amande(BAUDELAIRE, 2006).

Parmi l'ensemble des variétés de mangue connue, on rencontre plus d'un dixaine au Burkina Faso, dont les principales sont :

- **La variété Amélie** est également appelée *Governor*. Elle est la plus produite au Burkina Faso et représente 50 % des superficies cultivées. Le fruit est de taille moyenne, arrondi avec une peau verte orangée. Son poids moyen est de 400 à 900 g. Sa chair est d'une couleur orange foncée, souple et sans fibre. Elle est de très bonne qualité gustative. Cette mangue est utilisée en début de campagne de séchage, car les premières récoltes ont lieu à partir de la seconde quinzaine du mois d'avril. Elle est légèrement acide à maturité et son mûrissement a l'avantage d'être facilement maîtrisable(BAUDELAIRE, 2006).

- **La variété Brook** est communément appelée « *mangue retard* ». Cette variété plus tardive produit du mois de juin au mois de septembre. Elle est donc utilisée pour la fin de campagne de séchage ainsi que d'autres transformations pour éviter que l'entreprise soit en pénurie de matière première. Elle présente plusieurs types identifiables par la couleur de la peau et de la chair des fruits. Elle demeure une des plus hétérogènes en termes d'acidité. Les fruits pèsent

de 300 à 800g Le mûrissement naturel est très long après la cueillette (5 à 8 jours)(BAUDELAIRE, 2006).

- **La variété Kent** présente de gros fruits ovoïdes sans bec. La peau épaisse, de bonne résistance, est colorée de jaune verdâtre et de rouge foncé. Le noyau est de taille moyenne. La peau se détache aisément de la chair qui est jaune intense à jaune orangé (couleur qu'elle conserve au séchage), fondante, juteuse et sans fibre. Le poids moyen du fruit est de 700 à 800 g (guide d'entreprise, 2003). Cette variété introduite récemment au Burkina est encore faiblement disponible. Elle est essentiellement destinée à l'exportation en frais, pour le séchage et d'autres transformations.

II.1.2. Production et marché

Plusieurs régions du monde présentent des conditions écologiques favorables au développement du manguiier. D'après MARTINE (1993), 78 % de la production se trouvent en Asie, tandis que 15 % se trouvent dans le continent américain et 7 % en Afrique subsaharienne. MARTIN (1993) a estimé la production mondiale de mangues à environ 17 millions de tonnes. Entre temps cette production s'est bien accrue. La mangue représente aujourd'hui la cinquième production fruitière après les agrumes, les raisins, les bananes et les pommes. Au Burkina-Faso, 40 000 tonnes de mangues sont produites chaque année dans la région de Kénédougou, Haut bassin, et de cascade (PAFASPE, 2010). Le Mali fut le premier pays à exporter, des mangues vers l'Europe, à la fin des années 1960. Il fut suivi par le Burkina, la Guinée, le Sénégal, et la Côte d'Ivoire, dont les exportations, d'environ 2 500 t au début des années 1990, ont été multipliées par 4,5 en 2000 (Rey *et al*, 2004). Cette croissance rapide des exportations ivoiriennes a bénéficié de la présence d'une façade maritime et d'un effet de masse créé par les exportations de bananes et d'ananas.

La variété Amélie a longtemps constitué l'essentiel des exportations du Mali, du Burkina Faso et de la Côte d'Ivoire. Cependant dès 1971, des expéditions expérimentales de mangues colorées furent réalisées avec succès. Certains pays producteurs (Mali, Burkina Faso et Sénégal) ont développé des expériences de séchage de la mangue et de sa commercialisation sur leurs marchés. Actuellement la production de mangue au Mali est destinée aux magasins d'alimentation de groupe ciblant les populations les plus aisées. Celle du Burkina Faso est majoritairement écoulée sur les marchés extérieurs.

II.1.3. Composition biochimique et valeur nutritive

Certaines variétés de mangues sont considérées comme des variétés pulpeuses (EARLY, GOLD, KEITH, KENT, PALMER, SMITH ET SPRINGFIELD) et d'autres comme des variétés juteuses (JULIE, ZILL). La pulpe de mangue est un aliment de forte valeur nutritive à majorité constituée d'eau et de glucides, de vitamines et de minéraux (**Tableau 4**). La mangue contient cependant une faible quantité de protéines et de lipides. La valeur énergétique de la pulpe de mangue varie de 50 à 60 calories pour 100 g de produit frais ou plus selon les variétés (LARO USSILHE, 1980). La présence de fibres en quantité importante fait de la mangue un aliment qui facilite la digestion. Le **Tableau 4** présente la composition de la mangue à maturité biologique et à maturité commerciale.

Tableau 3: Composition chimique et valeur nutritive de la variété SPRIND FIELD (LARO USSILHE, 1980),

Composition	Mangues vertes	Mangues mûres
Eau%	90,0	96,1
Protéines	0,7	0,6
Lipides%	0,1	0,1
Glucides%	8,8	18
Fibres%	-	1,1
Matières minérales%	0,4	0,3
Calcium%	0,01	0,01
Phosphore%	0,02	0,02
Fer mg/g	4,5	0,3
Vitamine (UI)	150	4800
Riboflavine mg/g	0,03	0,05
Thiamines mg/100g	-	0,04
Vitamine C mg/100g	3	13
Acide nicotinique mg/g	-	0,3
Valeur en calories pour 100g	39	50-60

II.2. Conservation et Transformation de la mangue

II.2.1. Conservation de la mangue

La conservation est un procédé qui consiste à traiter et manipuler la mangue d'une manière telle que la détérioration de cette dernière soit arrêtée ou fortement ralentie afin d'éviter une

éventuelle intoxication alimentaire tout en maintenant la valeur nutritionnelle, la texture et le goût. Elle implique habituellement d'empêcher le développement des bactéries, champignons et autres micro-organismes, de retarder l'oxydation des graisses qui provoque le rancissement et l'autolyse par les propres enzymes des cellules de la mangue. Plusieurs techniques peuvent être utilisées pour conserver de la mangue. Les méthodes courantes de conservation de la mangue incluent le séchage ou dessiccation, la congélation, la pasteurisation, l'appertisation, l'irradiation et l'ajout de conservateurs. D'autres méthodes non seulement aident à maintenir la mangue mais aussi lui ajoutent du goût, c'est le cas de la confiture. La mangue peut être broyée ou coupée en lamelles et séchée, éventuellement traitée avec des conservateurs pour limiter l'oxydation (FAO, 1993).

Sucrage: technique très facile, il suffit de mélanger la pulpe de mangue à leur équivalent en poids de sucre et de porter quelques minutes à ébullition. Ébouillanter les bocaux avant de les remplir au maximum ce qui évite la formation de moisissure et oxydation.

Réfrigération : l'abaissement de la température diminue l'action des bactéries et des enzymes présentes dans la mangue. La conservation par le froid permet de ralentir l'action de micro-organismes, et de conserver la mangue plus d'un an à basse température (entre 4 et 6 °C, dans le réfrigérateur) mais avec un coût élevé.

Pasteurisation : technique qui consiste à soumettre la pulpe de mangue à une température comprise entre 65 et 100° et de les refroidir brutalement. Puis à partir de 63°C. les microbes commencent à mourir.

Congélation : technique qui consiste à abaisser la température de la mangue et à la maintenir en dessous de la température de fusion de la glace (0 °C). Elle permet de conserver la mangue plusieurs années après le début de leur congélation si celle-ci est ininterrompue, mais elle demande un coût élevé.

Lyophilisation : technique de séchage par congélation brutale (entre - 40 °C et -80 °C environs) avec sublimation sous vide des fruits en gardant toutes sa valeur nutritive. Mais elle demande aussi beaucoup de moyen financier.

II.2.2. Principaux produits transformés de la mangue

Si ailleurs la transformation a pour objectif de donner de la valeur ajoutée au produit, en Afrique elle apparaît tout d'abord comme une voie de conservation des excédents de production. En Inde, la mangue est un fruit largement utilisé dans la transformation industrielle ou artisanale (BOUKA ET MALOUALA, 1987). En Afrique la liste des produits préparés à partir des mangues n'est pas longue.

A peine peut-on citer quelques fabrications de jus, de nectar, de marmelade ou confiture et surtout l'accent est beaucoup mis sur mangue séchée.

A la demande sur le produit dérivé de la mangue de plusieurs pays africains, gros producteurs de mangue, des essais furent effectués dans le but de préparer des produits de bonne qualité dans l'optique d'une commercialisation possible en Europe. Et aux Etats Unis la tendance est à la préparation des nectars de mangue, tandis qu'en Inde l'on prépare avec des mangues des aliments très variés (BOUKA ET MALOUALA, 1987, DABHADE *et al*, 1980).

Les technologies utilisées pour la préparation des produits de la mangue sont de nature chimique

(Sucrage pour les marmelades et les sirops concentrés) ou thermique (dessiccation pour la pulpe de mangue en poudre et les pulpes séchées et l'appertisation pour les jus de fruits et les conserves en boîtes) (BAFODE, 1988).

Les produits obtenus à l'issue de la transformation sont très diversifiés. Parmi ceux-ci on peut citer la pulpe, les jus de mangue, les cocktails de mangue, les nectars de mangue, les compotes, les confitures, le vinaigre de mangue, les tranches de mangue séchée et la poudre de mangue.

a) La pulpe de mangue

La pulpe de mangue est un produit semi-fini utilisée dans de nombreuses compositions alimentaires et cosmétiques. Sur le plan industriel et artisanal, c'est la pulpe qui est la plus recherchée pour la production de jus, de nectar, du vinaigre sorbets, confiture, cocktails, pâtes de fruits, et de produits de beauté. Grâce à une extraction ou à un épluchage manuel qui permet de séparer facilement et efficacement la pulpe du noyau et de la peau, permet de produire la pulpe de mangue. La mise en œuvre des procédés artisanaux ou semi-industriels de production de pulpe mangue stabilisée de bonne qualité est donc bénéfique pour les unités de transformation.

b) Les juset nectars

Un jus de fruits ou de légumes est habituellement défini comme un liquide fermentescible mais non fermenté obtenu par pressurage modéré de fruits ou de légumes frais et sains arrivés à la maturité, rien n'ayant été ajouté ni soustrait de ce liquide qui est généralement désigné sous le nom de «jus brut» ou « jus initial » (Duverneuil, 1989). Ce jus peut à juste titre être considéré comme le seul ayant droit à l'appellation « 100% de jus de fruit naturel ».

A cet état le jeu de mangue est difficilement buvable parce que trop concentrée, d'où la nécessité de procéder à des dilutions qui conduisent à l'obtention de jus plus ou moins visqueux selon la préférence du consommateur. L'ajout de sucres (8 à 12°B) et d'acide (pH entre 3,9 et 5,5) permet d'améliorer le goût du produit. La préparation des jus de mangue fait intervenir des opérations de parage, de broyage et de filtration. A l'issue des opérations de parage qui consistent au pelage et au dénoyautage de la mangue, la pulpe obtenue est broyée puis diluée avant d'être filtrée et clarifiée au besoin. A la suite de ces opérations, la teneur en sucres est ajustée ainsi que l'acidité du jus qui est alors conditionné et réfrigéré pour une meilleure conservation (CHEFTEL ET CHEFTEL, 1980).

Les nectars de mangue sont des boissons fabriquées à base de jus ou de pulpe de mangue contenant entre 10 et 80 g de jus et de l'eau sucrée (sirop) contenant 20 à 120 g de sucres / L, et acidulée avec de l'acide citrique ou du jus de citron (0,25 à 0,6 % d'acide soluble), et légèrement acidifiée (BOUKA ET MALOUALA, 1987).

c) Les confitures.

Ce sont des concentrés de mangue enrichis en sucres. La concentration est effectuée par évaporation de l'eau au cours de la cuisson de la mangue. Le produit obtenu à la fin est très visqueux et se conserve longtemps à température ambiante (DUVERNEUIL, 1989).

d) Les mangues séchées

Le séchage apparaît actuellement comme la technique la plus efficace de conservation des mangues.

En effet, la mangue fraîche se conserve moins de 10 jours à température ambiante, supporte mal la congélation et brunit sous réfrigération prolongée (CAMPBELL ET CAMPBELL,

1983). Les études menées ces dernières années au Burkina ont porté sur le développement des méthodes de préparation de mangues séchées (KAMENI *et al.*, 2004).

Des études antérieures ont montré que la mangue séchée peut être utilisée en laiterie (yaourt) et en confiserie (DABHADE ETKHEKAR, 1980 ; DESMORIEUX, 1992), dans les préparations pour enfants enrichies aux mangues séchées et dans la préparation des compotes de mangue séchée (ABAC, 1997), dans la préparation des jus, des nectars, des crèmes et desserts (BESUCHET ET PURY, 1998).

e) Le vinaigre de mangue

Le vinaigre est un liquide de consommation humaine, produite à partir de matière première d'origine agricole contenant de l'amidon ou de sucre par le procédé de la double fermentation alcoolique ou acétique et contenant une concentration précise de l'acide acétique (CODEX ALIMENTARUS, 1991).

➤ Procédé biologique de la double fermentation pour la production du vinaigre de mangue

⬇ Préparation du jus fermentescible :

Il faut produire une pulpe de mangue (voir le diagramme à la page 20), diluer la pulpe de mangue dans l'eau (100kg de pulpe pour 200 à 300 d'eau), chauffer la dilution obtenue à une température de 60°C à 70°C pour inactiver les enzymes pendant 20 minutes, refroidir à 50°C et avoir un pH de 5 à 6 qui permet la saccharification des amidon en glucose à l'aide des enzymes enfin filtrer la dilution et apporter des corrections si nécessaire. (Cours microbiologique alimentaire ; HAGRÉTOU SAWAGOGO, 2013)

⬇ Fermentation alcoolique :

Pour la fermentation alcoolique (transforme en anaérobiose les sucres fermentescibles en éthanol), il faut produire un jus fermentescible, pasteuriser le jus fermentescible dans une cuve de fermentation (60°C à 70°C) et refroidir à une température de 30-35°C, un pH du jus entre 4 et 6, et avec une concentration initiale de 100 et 200g. Ensuite inoculer à l'aide d'une culture pure de *Saccharomyces cerevisiae* de sorte à avoir une concentration maximale de 10^6 cellule/ml. La fermentation dure environ 20 heures. Enfin de la fermentation, la levure est

séparée, le jus est débarrassé de métabolite soluble indésirable(CODEX ALIMENTARUS, 1991).

⬇ Fermentation acétique ou acétification

La fermentation acétique transforme en anaérobiose stricte l'éthanol en acide acétique par l'action de bactérie acétique du genre acétobacter. Les espèces les plus utilisées sont Acétobacter utilisé dans la méthode de culture en surface (culture d'Orléans) et acétobacters pasteurisés utilisés dans le procédé de cuve profonde (culture immergée). Ces bactéries ont des températures optimum de croissance de 25-30°C, des pH de 5,4-6,3 et nécessitent pour leur croissance des sources d'azote (acide aminé ammoniac) de l'alcool, des vitamines et des sels minéraux.

Le procédé de la production du vinaigre étant biologique, il faut donc tenir compte de l'utilisation des stabilisants et des conservateurs appropriés pour ne pas inhiber l'action de microorganisme utilisé dans la fabrication du vinaigre de mangue (Cours microbiologique alimentaire ; HAGRÉTOU SAWAGOGO, 2013)

DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

I. Matériel

Toutes les productions de la pulpe de mangue ont été effectuées à la technopole du DTA.

I.1. Matière première

Le travail a porté sur un lot de mangue de la variété brook ; communément appelée “ mangue retard ” cultivé au Burkina Faso. Les mangues utilisées ont été achetées sur le marché à Ouagadougou provenant de Bobo-Dioulasso.

I.2. Matériel d’atelier de production

Il regroupe l’ensemble des équipements et appareils de l’atelier utilisé pour les différentes productions. Le matériel utilisé pour la production comprenait essentiellement :

- Un pasteurisateur
- Un foyer à gaz
- Un thermomètre
- Des balances analytiques
- Un pH-mètre
- Un réfractomètre
- Un chronomètre
- Une broyeuse
- Des fûts en plastique
- Des bocal en verre
- Des casseroles en aluminium
- Des carafes graduées
- Des couteaux inox
- Des cuillers inox
- Des sceaux inox

I.3. Matériel de laboratoire

I.3.1. Matériel du laboratoire d’analyse microbiologique

Le matériel utilisé pour les analyses microbiologiques est constitué de :

- Un autoclave
- Une étuve sélecta de $80^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- Des étuves d’incubation Binder
- Un bain de marie
- Des milieux de culture
- Des boîtes de pétri ; tubes à essai
- Des flacons
- Un pH-mètre consort
- Une balance analytique Ohaus
- Stomacher
- Un agitateur vortex

I.3.2. Matériel du laboratoire d’analyses physico-chimique

Le matériel d’analyse physico-chimique se composait de :

- Un agitateur électrique ;
- Un distillateur Genhardt ;

- Un pH-mètre ;
- Un four naberthem ;
- Une balance analytique Ohaus ;
- Un extracteur de type SoxhletVapodest 20 ;
- Des réactifs ;
- Un minéralisateur Genhardt ;
- De la verrerie de laboratoire ;
- Des agitateurs magnétiques ;
- Une centrifugeuse ;

II. Méthode de stabilisation et de conservation de la pulpe de mangue

Pour la production de la pulpe de mangue stabilisée, la mise au point et l'adoption d'un diagramme de production étaient nécessaires. Ainsi après l'adoption de diagramme de production, nous sommes passés à la phase de production. Nous avons effectué cinq (5) productions. Du 28 au 30 août 2013, deux (2) productions de la pulpe de mangue nature pasteurisée et du 3 au 5 septembre 2013, trois (3) productions de la pulpe de mangue pasteurisée avec l'acide citrique à des pourcentages différents.

II.1. Procédé de fabrication de la pulpe de mangue

Le diagramme ci-après donne les différentes étapes de la production de la pulpe de mangue. Les mangues, après réception sont mûres (maturité gustative). Après le pesage du lot de mangues mûres à traiter, les mangues sont triées pour éliminer les mangues défectueuses non conformes (pourries, altérées, non mûres), lavées au savon CITEC et rincées à l'eau de robinet. Les mangues lavées sont trempées dans une solution diluée de l'eau de javel pendant dix (10) minutes. Puis rincées à l'eau de robinet. Les mangues lavées sont découpées dans le sens transversale, les deux parties sont détachées, et la pulpe est récupérée à l'aide de cuillers en inox ; la pulpe est mise dans les seaux en inox, pesée sur une balance électrique. La pulpe est broyée à l'aide d'une broyeuse électrique, la quantité de broyat de pulpe est pasteurisée dans une cuve de cuisson, chauffée sous agitation jusqu'à 95°C, puis maintenue à cette température pendant dix (10) minutes. L'acide citrique y est ajouté pendant les dix (10) minutes puis homogénéisé. A la fin des 10 mn, le chauffage est coupé et la pulpe est conditionnée à chaud (85°C) dans les fûts fermants hermétiquement, avec à l'intérieur des sachets plastiques en polyéthylène. Les fûts sont lavés un jour avant la production. Lavés au savon CITEC, rincés avec de l'eau de robinet puis remplis avec de la solution diluée de l'eau de javel et fermés hermétiquement, pendant 10 mn. Après les 10 mn ils sont rincés à l'eau de robinet puis remplis à l'eau bouillante pour attendre le lendemain. Avant de conditionner la pulpe de mangue dans les fûts, ils sont rincés à l'eau bouillante, séchés.

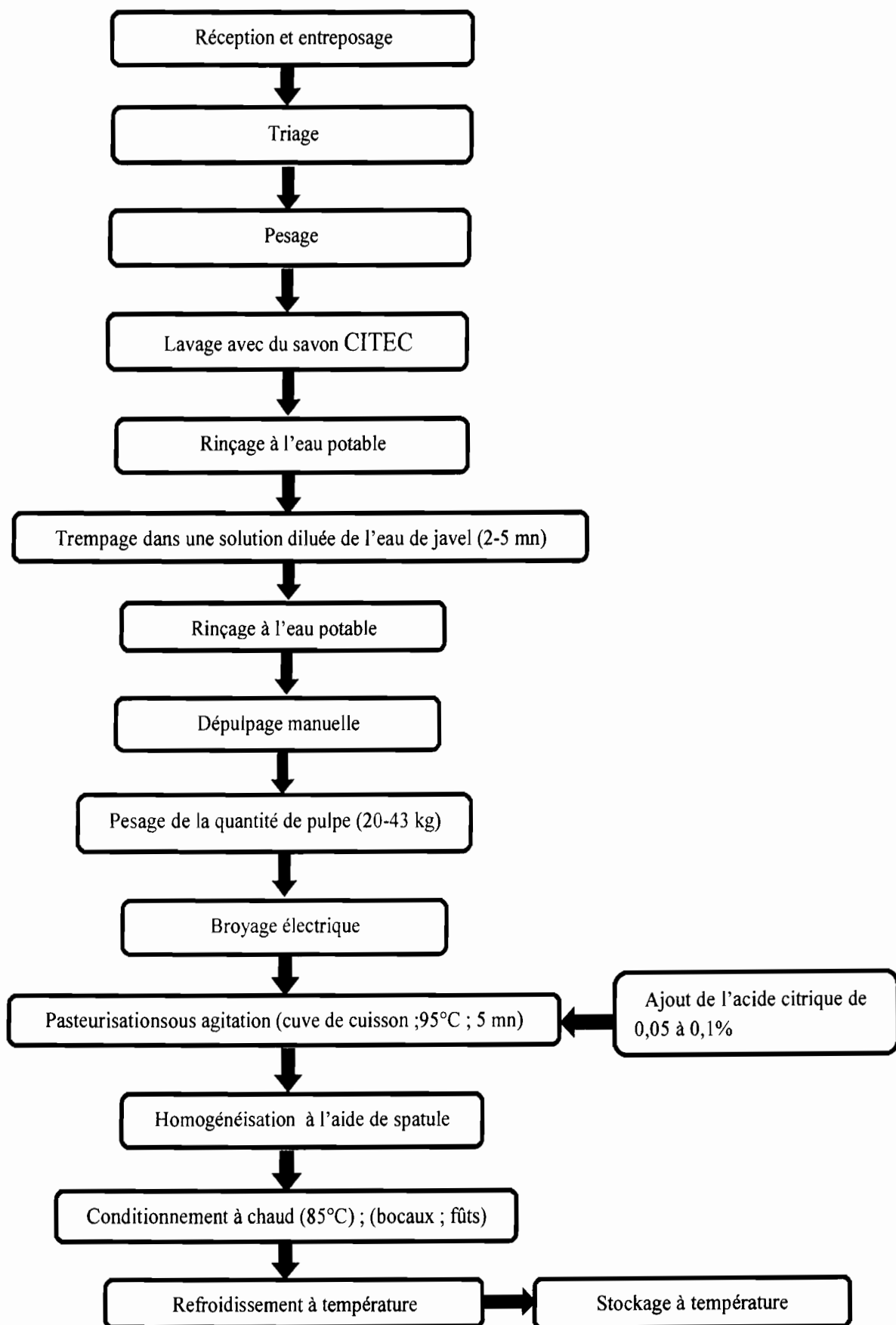


Figure 2: Diagramme de production de la pulpe de mangue stabilisée

II.2. Conservation et stockage de la pulpe stabilisée

La pulpe pasteurisée conditionnée en fûts et en bocaux de verre et stockée de Septembre 2013 à Février 2014 dans la salle des produits finis à la température ambiante pour le suivi des paramètres physico-chimiques et microbiologiques.



Figure 3: Pulpe de mangue pasteurisée dans les bocaux, 1 et fûts, 2 (TRAORE, 2013)

III .Méthodes d'analyse

III.1. Prélèvement des échantillons et paramètre analysés

L'échantillonnage a concerné les pulpes de mangue produite avant la pasteurisation et après la pasteurisation. Ces prélèvements ont servi pour des analyses microbiologiques et physico-chimiques. Le tableau 5 montre les différents échantillons prélevés et les paramètres à analyser.

Tableau 4: les différents échantillons prélevés et les paramètres à analyser.

Echantillons	Paramètres microbiologiques	éléments minéraux	Paramètres physico-chimiques
Pulpe de Mangue Fraiche	flore totale, coliforme totaux levure et moisissures	sodiums, fer, calcium phosphore, zinc, chlore	Humidité, cendre, acidité pH, degré Brix, protéine, matière grasse, sucre totaux
Pulpe de mangue nature pasteurisée	flore totale, coliforme totaux levure et moisissures	sodiums, fer, calcium phosphore, zinc, chlore	Humidité, cendre, acidité pH, degré Brix, protéine, matière grasse, sucre totaux
Pulpe de mangue nature pasteurisée avec de l'acide citrique	flore totale, coliforme totaux levure et moisissures	sodiums, fer, calcium phosphore, zinc, chlore	Humidité, cendre, acidité pH, degré Brix, protéine, matière grasse, sucre totaux

III.2. Méthodes d'analyses physico-chimiques

La détermination de ces caractéristiques a eu lieu au laboratoire de physico-chimie du DTA. Ces analyses ont été réalisées sur la pulpe de mangue fraîche et après la pasteurisation et au cours du stockage à la température ambiante.

III.2.1. Détermination du taux d'humidité

Le taux d'humidité des échantillons a été déterminé selon la norme française V 03-707 (2000). Pour ce faire, 5 g de l'échantillon (Pe) sont pesés dans une nacelle préalablement placée à l'étuve, refroidir au dessiccateur avant d'être utilisée (Pv) puis placée à l'étuve à 105°C pendant une nuit. Les nacelles sont ensuite retirées de l'étuve, refroidies dans un dessiccateur pendant 30 minutes puis pesées et le poids final (Pf) est noté. Le taux d'humidité est donné par la formule suivante :

$$H(\%) = \frac{Pe - (Pf - Po)}{Pe}$$

H : Humidité (%); Po = Poids à vide des nacelles ; Pe : Prise d'essai ; Pf = Poids final

III.2.2. Détermination des teneurs en protéines

Pour la détermination de la teneur en protéines des pulpes de mangue, leurs teneurs respectives en azote total ont d'abord été déterminées au Bureau National des Sols (BUNASOL) selon la méthode de V. HOUBA (BUNASOLS, 1987). Cette méthode consiste en une minéralisation de l'échantillon mélange à de l'acide sulfurique en le chauffant progressivement (100 à 340°C) jusqu'à minéralisation totale. L'azote total du minéralisat est donné par un spectrophotocolorimètre (auto analyseur SKALAR) en utilisant le réactif de Nessler comme indicateur. La teneur en protéines de chaque échantillon a été déduite en multipliant la teneur en azote total par le facteur de conversion de Jones (6,25). Les résultats obtenus ont enfin été exprimés par rapport à la teneur en matières sèches de chacun des pulpes.

$$\%P/MS = \%N \times 0,625 \times \frac{100}{100 - \%H}$$

%N : pourcentage en azote total ; %H : teneur en eau de la pulpe de mangue

III.2.3. Détermination desteneurs en cendres

Les cendres totales ont été déterminées selon la méthode ISO 2171 (2007) par l'incinération des échantillons dans un four à moufle à une température de 650°C. 5 g de mangue fraîche (PE) sont placés dans un creuset en porcelaine préalablement nettoyé, séché au four à une température de 500°C pendant 20 mn et refroidir au dessiccateur puis pesé (P0). Les échantillons sont ensuite incinérés au four à 650°C pendant 4 heures. A la fin de l'incinération le creuset est retiré, refroidi au dessiccateur pendant 30 mn puis pesé (PF).

La teneur en cendres est exprimée par rapport à la matière sèche selon la formule :

$$Ce(\% MS) = \frac{Pf - Po}{Pe} \times 100 \times \frac{100}{100 - H}$$

Ce= Cendres (% MS) ; Pe = Prise d'essai ; Po = poids à vide des creusets ;

Pf = Poids final (creuset = échantillon calciné); H= Humidité (%)

III.2.4. Détermination des teneurs en sucres totaux

Pour la détermination des sucres totaux, 0,2g de la pulpe de mangue broyée sont mis en suspension dans 5ml d'eau distillée. Le mélange est mis sous agitation pendant 10 minutes puis le volume est ajusté à 100ml d'eau distillée. On prélève 1ml de cette solution et on ajoute 2ml du réactif à l'orcinol sulfurique, puis 7ml de la solution d'acide sulfurique 60%. Le mélange est homogénéisé, porté au bain marie bouillant pendant 20 minutes puis placé à l'obscurité pendant 45 minutes. Après 10 minutes à la température ambiante, l'absorbance est mesurée à 510 nanomètres à l'aide d'un spectrophotomètre. Les teneurs en glucide sont déterminées à l'aide d'une courbe d'étalonnage établie avec le D glucose comme sucre de référence. Les résultats sont exprimés en équivalent D-glucose par rapport à la matière sèche.

III.2.5. Détermination du pH et de l'acidité titrable

La méthode AFNOR, NFV05 -101 (1986) appliquée aux fruits et aux produits dérivés a été utilisée avec le mode opératoire suivante :

5g de la pulpe de mangue sont mis en suspension dans 25ml d'eau distillée. Après une forte agitation magnétique pendant 1heure, on mesure le pH à l'aide d'un pH-mètre préalablement étalonné avec des solutions standards tampon pH=7 et pH=4. La solution est centrifugée à aide d'une centrifugeuse pendant 5minutes et on prélève 20ml. On ajoute à la solution prélever 6 gouttes de phénolphtaléine et on titre avec de la soude 0,1N jusqu'à ce que la coloration rose indiquant la fin du dosage. Le pourcentage en acide est calculé par la relation suivante :

$$\text{Acidité. titrable (\%)} = \frac{N1 \times Vt \times V\text{NaOH} \times 0,07 \times 100}{PE \times Vp}$$

PE : prise d'essai ; Vp : volume prélevé ; Vt : volume total ; N1 : normalité de la soude.

III.2.6. Détermination de la matière sèche soluble (degré Brix)

Le degré Brix est la teneur en éléments solides solubles. Il permet de déterminer la concentration de sucre solubilisé dans le jus des fruits. Il est mesuré avec un réfractomètre à 20°C. Sur la face propre du prisme du réfractomètre, on dépose 2 ou 3 gouttes de jus et la valeur du degré Brix correspondante est lue dans l'oculaire sur le cadrant. Il s'agit de la limite de séparation entre la zone claire et la zone sombre du cadrant.

III.2.7. Détermination de la teneur en matière grasse

Elle est faite par la méthode d'extraction par SOXHLET avec l'hexane comme solvant selon la méthode ISO 659 (1998). 5g de l'échantillon (PE) sont prélevés dans une cartouche d'extraction. La cartouche est bouchée avec du coton et placée dans le soxhlet. Le soxhlet à son tour a été monté entre un ballon contenant environ 200 ml d'hexane préalablement pesé (P0) et un système de réfrigération. Ce dernier est mis en connexion avec un cryostat permettant de condenser les vapeurs du solvant destinées à entraîner les lipides. L'extraction est effectuée pendant 8heures. Le solvant est séparé des lipides par évaporation avec un rotavapor. Le ballon est ensuite placé dans une étuve pendant 1h à 103°C, puis refroidi dans un dessiccateur pendant 30 mn. Après refroidissement le ballon est pesé (PF).

La teneur en matière grasse (%MS) est déterminée selon la formule :

$$MG(\%MS) = \frac{Pf - P0}{Pe} \times 100 \times \frac{100}{100 - H}$$

Pf : poids final du ballon + échantillon ; Po : poids initial du ballon ; Pe : prise d'essai ; H : taux d'humidité

III.3. Méthode d'analyse des éléments minéraux

Les éléments minéraux ont été déterminés aux laboratoires d'analyses des eaux, sols et plantes du BUNASOL selon les principes et modes sont :

III.3.1. Dosage de phosphore, potassium, calcium, magnésium.

- Principe

La teneur des macroéléments des matières végétales sont déterminée après minéralisation de l'échantillon selon la méthode de HOUBA et al[22].

Les échantillons sont minéralisés par traitement à chaud avec un mélange d'acide sulfurique concentré et d'acide salicylique. La minéralisation est accélérée par l'emploi d'un catalyseur (sélénium) et par l'augmentation de la température en ajoutant d'hydrogène peroxyde (H_2O_2).

- Minéralisation

Dans un tube de minéralisation de capacité 75 ml, 0,5 g de chaque échantillon broyée et tamisée à 0,5 mm a été pesé. 5 ml de la solution d'extraction (acide sulfurique-sélénium-acide salicylique, 7,2%) ont été ajoutés dans le tube. Un blanc est préparé avec 5 ml de la solution d'extraction. Les échantillons sont ensuite laissés au repos pendant au moins 2 heures. Au bout des 2 heures, les échantillons sont portés sur le bloc de minéralisation et chauffés à des températures variant de 100°C à 340°C. Le minéralisat obtenu est refroidi à la température ambiante pendant 12 heures environ. Il a été ensuite dilué avec 50 ml d'eau distillée, puis bien homogénéisé, refroidi de nouveau et complété avec de l'eau distillée à 75 ml. La solution finale obtenue est décantée et 20 ml de chaque aliquote est utilisé pour le dosage des macro-micronutriments.

- Dosage

Au terme de la minéralisation, le phosphore est dosé par spectrométrie à 880 nm par la méthode au bleu de molybdène à l'aide d'un auto-analyseur (SKALAR 1000) et les résultats sont exprimés en ppm. Le potassium et le sodium sont dosés à l'aide du photomètre à flamme (KORNING 400) et les résultats sont exprimés en $\mu\text{g/g}$. Le calcium et le magnésium, après dilution au lanthane $[La(NO_3)_3 \cdot 6H_2O]$ sont dosés respectivement à 422,7 nm et 285,2 nm à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique (PERKIN ELMER 100) et les résultats sont exprimés en ppm.

III.3.2. Dosage des oligoéléments

- Principe

Les oligoéléments (Cu, Fe, Mn et Zn) sont dosés dans les échantillons par absorption atomique après minéralisation acide. La solution de minéralisation est un mélange d'acidenitrique (HNO_3 , 30%), d'acide sulfurique (H_2SO_4 , 96%) et d'acide perchlorique (HClO_4 , 70%).

- Minéralisation

Une quantité de poudre de chaque échantillon (0,5 g) séchée et tamisée à 2 mm est prélevée dans des tubes de minéralisation 15 ml de solution d'extraction sont ajoutés. L'ensemble est porté sur le bloc de minéralisation et chauffé progressivement (75°C à 240°C) jusqu'à apparition de vapeurs blanches. Les tubes sont ensuite descendus et refroidis.

- **Dosage du cuivre, du fer et du zinc :** Le minéralisat des échantillons a été dilué avec 50 ml d'eau distillée. Après refroidissement le mélange obtenu est complété avec 75 ml d'eau distillée puis agité de nouveau et laissé refroidir complètement. Le Cu, le Fe et le Zn sont mesurés par absorption atomique respectivement à 324,8 ; 248,3 et 219,9 nm et les résultats sont exprimés en ppm.
- **Dosage du manganèse :** Vingt millilitres de l'extrait sont pipetés dans une fiole de 25 ml et 2,5 ml de lanthane 2000 ppm sont ajoutés. L'ensemble est complété au trait de jauge avec de l'eau distillée et le Mn est mesurée en absorption atomique à 279,5 nm et les résultats sont exprimés en ppm.

III.4. Méthodes d'analyses microbiologiques

III.4.1. Préparation de la suspension mère, dilution décimale et ensemencement

La préparation des échantillons, des suspensions mères et des dilutions décimales a été effectuée selon la norme internationale ISO 6887-1 (1999). Les échantillons ont été analysés immédiatement après le prélèvement. 10 g d'échantillon sont pesés dans un sachet stomacher stérile dans lequel on ajoute 90 ml d'eau peptone et 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 d'eau peptone et stérile à la température ambiante. 1 ml est de nouveau prélevé de cette dernière solution et introduit dans le tube suivant contenant la même quantité d'eau peptone et stérile. La dilution est ainsi faite jusqu'à la plus forte dilution désirée.

La méthode d'ensemencement dans la masse a été utilisée pour 1 ml de chaque dilution est introduit dans une boîte de Pétri stérile dans laquelle on ajoute le milieu de culture en surfusion à une température comprise entre 44 et 47°C. Ensuite, on mélange le contenu de la boîte. Les boîtes sont laissées à solidifier sur une surface fraîche avant d'être incubées à l'étuve. Toute la manipulation a été effectuée autour d'une flamme de bec et sur une paillasse préalablement bien nettoyée à l'alcool 65% afin d'éviter toute contamination.

III.4.2. Méthode de dénombrement des différents groupes de germes recherchés

- **La flore mésophile aérobie totale**

La numération de la flore aérobie mésophile a été effectuée selon la norme internationale ISO4833 (2003). L'ensemencement a été fait sur la gélose Plate Count Agar (PCA) et les boîtes ont été incubées à l'étuve à 30°C pendant 72 h ± 3 h. Après la période d'incubation les colonies ont été comptées.

Lors du comptage des colonies, les boîtes contenant entre 04 et 300 colonies sont retenues pour le calcul du nombre N de microorganismes. Le calcul est fait en utilisant les boîtes de deux dilutions successives à l'aide de la formule ci-dessous :

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

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) ;

$\sum C$: Somme des colonies comptées sur les boîtes retenues des deux dilutions successives ;

$n1$ & $n2$: Nombre de boîtes retenues respectivement à la première et deuxième dilution ;

d : facteur de dilution correspondant à la faible dilution (la 1ère).

Si le nombre de colonies, au niveau de l'échantillon pour essai ou de la suspension mère, est compris entre 01 et 03, les résultats sont exprimés comme suit :

détant la dilution de la suspension mère.

S'il n'y a aucune colonie au niveau de l'échantillon pour essai (produits liquides), le résultat est : moins de 1 µorg/ ml. S'il n'y a aucune colonie sur les boîtes au niveau de la suspension mère (autres produits), le résultat est : moins de $1 \times d^{-1}$ µorg/g (d : dilution de la suspension mère).

- **Les coliformes totaux**

Les coliformes totaux ont été dénombrés selon la norme internationale ISO 4832 (2006). L'ensemencement a été fait sur la gélose biliée au cristal violet et au rouge neutre (agar VRBL) et les boîtes ont été incubées à 37°C à l'étuve pendant 24 h $\pm$ 2 h. Les colonies caractéristiques ont été comptées après la période d'incubation.

Pour le calcul du nombre N de microorganismes par gramme ou par millilitre d'échantillon, la même formule que pour la flore aérobie a été utilisée. Cependant les boîtes contenant entre 04 et 150 colonies caractéristiques au niveau de 2 dilutions successives ont été retenues.

Dans les cas où le nombre de colonies, au niveau de l'échantillon pour essai ou de la suspension mère, est compris entre 01 et 03, les résultats sont exprimés comme suit :

détant dilution de la suspension mère.

S'il n'y a aucune colonie au niveau de l'échantillon pour essai (produits liquides), le résultat est : moins de 1 Coliformes / ml. S'il n'y a aucune colonie sur les boîtes au niveau de la suspension mère (autres produits), le résultat est : moins de $1 \times d^{-1}$ Coliformes /g (d : dilution de la suspension mère).

- **La flore fongique (levures et moisissures)**

La norme internationale ISO 7954 (1988) a été utilisée pour le dénombrement des levures et moisissures. L'ensemencement a été effectué sur la gélose glucose à l'extrait de levure et au chloramphenicol (agar YGC). Les boîtes ont été incubées à 25°C à l'étuve pendant 3, 4 ou 5 jours et les colonies ont été comptées.

La même formule que celle du calcul du nombre N donnée plus haut est utilisée pour déterminer le nombre de microorganismes par gramme d'échantillon, mais en considérant les boîtes contenant entre 04 et 150 colonies pour deux dilutions successives.

Dans les cas où le nombre de colonies, au niveau de l'échantillon pour essai ou de la suspension mère, est compris entre 01 et 03, les résultats sont exprimés comme suit :

détant dilution de la suspension mère.

S'il n'y a aucune colonie au niveau de l'échantillon pour essai (produits liquides), le résultat est : moins de 1 Levures et moisissures / ml. S'il n'y a aucune colonie sur les boîtes au niveau de la suspension mère (autres produits), le résultat est : moins de $1 \times d^{-1}$ Levures et moisissures /g (d : dilution de la suspension mère).

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

I. Résultats des analyses physico-chimiques

I.1. Résultats des caractéristiques physico-chimiques de la pulpe de mangue

Les résultats des analyses physico-chimiques sont consignés dans les tableaux suivant 5, 6, 7, 8 et 9

I.1.1. Pulpe de mangue fraîche

Tableau 5: les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons de la pulpe de mangue fraîche pour chaque type de pulpe de mangue pasteurisée.

paramètre	échantillon 1	échantillon 2	échantillon 3	échantillon 4	moyenne	ecart type
Humidité (%MS)	79,6	79,4	79,4	79,1	79,38	0,21
Acidité (%MS)	0,47	0,57	0,58	0,84	0,62	0,16
pH (%MS)	4,1	4,09	4,1	3,7	4,00	0,20
Cendre (%MS)	0,4	0,4	0,4	0,35	0,39	0,03
Sucre totaux (%MS)	58,82	63,11	63,11	62,20	61,81	2,04
Protéine (%MS)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,60	0,00
Matière grasse (%MS)	0,42	0,37	0,32	0,51	0,41	0,08
Degré Brix %	19,8	20	20	18	19,45	0,97

Le tableau 5 représente la composition chimique de la pulpe fraîche des lots de mangue de la variété Brook. Les résultats montrent que la teneur en eau de $79,4 \pm 0,2$; le pH est de l'ordre de $4 \pm 0,2$ correspondant à une acidité titrable de $0,6 \pm 0,16$. La teneur en cendre, sucre totaux, protéine, matière grasse et de degré Brix de la mangue Brook sont respectivement de l'ordre de $0,4 \pm 0,03$, $61,81 \pm 2,04$; $0,6$; $41 \pm 0,08$; $19,45 \pm 0,97$. Ces résultats sont comparables à la variété Amelie trouvée par NABALMA(1995), comme des teneurs en eau de 74,6 à 87% qui ont été trouvés par FAVIER et *al.* (1993). Cette forte teneur en eau détermine le caractère périssable de mangue. La teneur en sucre totaux est proche de celui de NABALMA, 1995 qui a trouvé des valeurs de 50 à 60%MS et les valeurs en cendre, protéine, pH, acidité et de degré Brix sont proches de celui de SAWAGOGO-LINGANI et *al.* (2001) qui ont trouvé $0,4\text{mg}/100\text{gMS}$; $0,7 \pm 0,1$; $4,2 \pm 0,2$; $0,6 \pm 0,2$. Ces résultats montrent que la mangue est un fruit

nutritif qui constitue une source d'énergie pour l'alimentation et nécessaire pour la fabrication du vinaigre fermenté car elle englobe une gamme de composée biochimique (le sucre) utilisé comme substrat par les levures lors de la double fermentation.

1.1.2. La pulpe de mangue nature pasteurisée

Tableau 6: les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons de la pulpe de mangue nature pasteurisée et l'évolution de ses paramètres durant le stockage.

paramètre	pulpe de mangue nature pasteurisée stockée						écart type
	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	moyenne	
Humidité (%MS)	74,5	74,55	74,45	74,58	73,7	74,32	0,43
Acidité (%MS)	0,82	0,86	0,86	0,84	0,87	0,86	0,02
pH (%MS)	3,87	3,82	4,2	3,82	3,82	3,92	0,17
Cendre (%MS)	1,68	1,77	1,96	1,89	1,52	1,78	0,17
Sucre totaux (%MS)	75,31	67,90	77,06	76,08	74,49	73,88	3,63
Protéine (%MS)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,60	0,00
Matière grasse (%MS)	0,42	0,43	0,45	0,45	0,41	0,44	0,02
Degré Brix	24	24	24	24	24	24,00	0,00

t_0 : le mois de la production de la pulpe de mangue

Le tableau 6 représente la composition biochimique de la pulpe de mangue nature pasteurisée de la variété Brook. La teneur en eau de la pulpe de mangue nature pasteurisée à t_0 est de 73,8 et durant le stockage cette teneur varie très peu avec une moyenne de $74,32 \pm 0,43$; le pH est de 3,87 à t_0 et au cours de stockage il varie de $3,92 \pm 0,17$ avec une acidité titrable de 0,82 à t_0 et de $0,86 \pm 0,02$ au cours de stockage; 1,68 de la teneur en cendre à t_0 et $1,78 \pm 0,17$ au cours de stockage; le sucres totaux est de 75,31 à t_0 et variant de $73,88 \pm 3,63$ pendant le stockage; la teneur en protéine est de 0,6 à t_0 et au cours de stockage; la matière grasse est de 0,42 à t_0 et pendant le stockage, elle varie de $0,44 \pm 0,02$; le degré Brix est de 24 à t_0 et reste constante

pendant le stockage. La forte teneur en eau nous faciliterons pour la production du jus fermentescible du vinaigre fermenté, facilitera la dilution de la pulpe pasteurisée. Le pH et l'acidité sont proches de ceux fixés par CODEX ALIMENTARUS (1991) pour la fabrication du jus fermentescible (4 à 6 et 0,5 à 1). Ces résultats obtenus respectent les normes pour la fabrication du vinaigre fermenté et d'autre produit tel que le nectar.

I.1.3. La pulpe de mangue pasteurisée avec de l'acide citrique

Trois (03) lots de pulpe de mangue pasteurisée avec l'acide citrique à 0,05% ont été produits ; pour une même quantité de pulpe fraîche à traiter, la quantité d'acide citrique à ajouter est calculée en fonction du pH initial de la pulpe fraîche.

Tableau 7: les résultats des analyses physico-chimiques du lot 1 de la pulpe de mangue pasteurisée avec l'acide citrique à 0,05% et l'évolution de ses paramètres durant le stockage.

t ₀	Lot 1 de pulpe de mangue pasteurisée stockée avec de l'acide citrique 0,05% et stockée						
paramètre	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	moyenne	ecart type
Humidité (%)	75,8	78,8	77,85	78,18	75,81	77,66	1,40
Acidité (%MS)	0,71	0,6	0,75	0,75	0,7	0,70	0,06
pH (%MS)	3,83	3,6	3,8	3,8	3,87	3,77	0,10
Cendre %	1,61	2,03	1,99	1,97	1,65	1,91	0,20
Sucre totaux (%MS)	65,00	74,20	67,95	72,91	66,76	70,46	3,99
Protéine (%MS)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,60	0,00
Matière grasse (%MS)	0,4	0,41	0,43	0,43	0,45	0,43	0,02
Degré Brix	22	22	23	23	22,5	22,63	0,50

Le tableau 7 représente la composition biochimique du lot 1 de la pulpe de mangue pasteurisée de l'acide citrique à 0,05%. La pulpe pasteurisée avec l'acide citrique donne une teneur en eau de 75,8 à t₀ et au cour du stockage celle-ci varie de 77,66±1,40 ; le pH est de 3,83 à t₀ et au cour de stockage il varie de 3,77±0,10 correspondant à une acidité titrable de

0,71 à t_0 et de $0,70 \pm 0,06$ lors de stockage; la teneur en cendre est de 1,61 à t_0 et pendant le stockage elle varie de $1,91 \pm 0,2$; le sucre totaux est de 65 à t_0 et durant le stockage, il varie de $70,46 \pm 3,99$; la teneur en protéine reste constante (0,6) ; la matière grasse est de 0,4% à t_0 et $0,43 \pm 0,02$ au cour du stockage ; le degrés Brix donne 22 à t_0 et varie de $22,63 \pm 0,5$ lors de stockage.

Tableau 8: les résultats des analyses physico-chimiques du lot 2 de la pulpe de mangue pasteurisée avec de l'acide citrique à 0,05% et l'évolution de ses paramètres durant le stockage.

Lot 2 de pulpe de mangue pasteurisée avec de l'acide citrique et stockée							
paramètre	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	moyenne	ecart type
Humidité (%)	77,7	78,18	78,38	78,41	77,7	78,17	0,35
Acidité (%MS)	1,05	1,1	1,07	1,12	1,02	1,08	0,04
pH (%MS)	3,47	3,64	3,47	3,49	3,48	3,52	0,07
Cendre (%MS)	1,61	1,88	2,36	1,57	1,88	1,92	0,31
Sucre totaux (%MS)	67,76	70,26	81,17	88,24	85,65	81,33	9,17
Protéine (%MS)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,60	0,00
Matière grasse (%MS)	0,42	0,41	0,43	0,44	0,43	0,43	0,01
Degré Brix	22	22	22	22	20,5	21,63	0,67

Le tableau 8 représente la composition biochimique du lot 2 de la pulpe de mangue pasteurisé avec l'acide citrique à 0,05%. La teneur en eau de la pulpe de mangue pasteurisée avec de l'acide citrique est de 77,7 à t_0 et varie de $78,17 \pm 0,35$ au cour du stockage ; le pH est 3,47 à t_0 et lors de stockage il varie de $3,52 \pm 0,07$ correspondant à une acidité titrable de 1,05 à l'état initial et $1,08 \pm 0,04$ au cour de stockage ; la teneur en cendre avant le stockage est de 1,61 et elle varie de $1,92 \pm 0,31$; la teneur en sucre totaux est de 67,76 à l'état initial et varie de $81,33 \pm 9,17$ lors de stockage; la teneur en protéine est de 0,6% à t_0 et reste constante durant le stockage ; la quantité en matière grasse est de 0,42 et reste aussi pratiquement constante avec

une valeur de $0,43 \pm 0,01$; quant au degré Brix, il est de 22% à t_0 et varie de $21,63 \pm 0,67$ lors de stockage.

Tableau 9: les résultats des analyses physico-chimiques du lot 3 de la pulpe de mangue pasteurisée l'acide citrique à 0,05% et l'évolution de ses paramètres durant le stockage

to Lot 3 de pulpe de mangue pasteurisée avec de l'acide citrique et stockée							
paramètre	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	moyenne	ecart type
Humidité (%)	76,5	77,36	76,85	77,16	76,5	76,97	0,39
Acidité (%MS)	1,08	1,1	1,1	1,16	1,08	1,11	0,03
pH (%MS)	3,48	3,63	3,48	3,5	3,48	3,52	0,07
Cendre (%MS)	1,53	1,81	1,81	1,62	1,49	1,68	0,15
Sucre totaux (%MS)	63,83	65,06	76,24	80,04	77,87	74,80	7,58
Protéine (%MS)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,60	0,00
Matière grasse (%MS)	0,42	0,41	0,4	0,42	0,41	0,41	0,01
Degré Brix	23	22	22	22	23	22,25	0,55

Le tableau 9 représente la composition biochimique du lot 3 de pulpe de mangue pasteurisé avec l'acide citrique à 0,05%. La teneur en eau du lot 3 de pulpe de mangue pasteurisée avec de l'acide citrique est de 76,5 à t_0 et varie de $76,97 \pm 0,39$ au cour du stockage ; le pH est 3,48 à t_0 et lors de stockage il varie de $3,52 \pm 0,07$ correspondant à une acidité titrable de 1,08 à l'état initial et $1,11 \pm 0,03$ au cour de stockage; la teneur en cendre avant le stockage est de 1,53 et elle varie de $1,68 \pm 0,15$; la teneur en sucre totaux est de 63,83 à l'état initial et varie de $74,80 \pm 7,58$ lors de stockage; la teneur en protéine est de 0,6% à t_0 et reste constante durant le stockage ; la quantité en matière grasse est de 0,42 et reste aussi pratiquement constante ($0,41 \pm 0,01$) ; quant au degré Brix, il est de 22 à t_0 et varie de $22,25 \pm 0,55$. Les résultats des trois (3) lots de pulpe de mangue pasteurisée avec de l'acide citrique 0,05% sont tous pratiquement les mêmes pour chaque paramètre analysé. Mais comparativement à ceux de la pulpe pasteurisée nature et de ceux de la pulpe fraîche, il y a une différence à cause de

l'ajout de l'acide citrique. Ce changement est bien visible au niveau du pH, acidité titrable et la teneur en eau. L'acide citrique est un conservateur organique qui a un pouvoir d'élever l'acidité d'un aliment ; la pasteurisation réduit sa teneur en eau à cause de l'effet thermique en vue pour sa bonne stabilisation. Le couplage acide citrique et pasteurisation constitue un avantage pour la bonne conservation de la pulpe jusqu'à son utilisation pour la production du vinaigre de mangue par fermentation.

II. Résultats d'analyses des éléments minéraux

II.1. La pulpe fraîche

Tableau 10: La teneur en éléments minéraux des pulpes fraîches en mg/100g matière sèche(MS)

pulpe de mangue fraîche						
élément minéraux	échantillon 1	échantillon 2	échantillon 3	échantillon 4	moyenne	écart type
fer	3,46	2,64	2,37	2,99	2,87	0,47
Magnésium	134	125	134	119	128,00	7,35
Manganèse	4,49	4,48	4,79	4,3	4,52	0,20
Phosphore	21	18	21	27	21,75	3,77
Sodium	326	367	400	342	358,75	32,26
Zinc	2,83	2,2	2,29	3,57	2,72	0,63
Potassium	1913	2540	2665	1818	2234,00	430,31
Calcium	60	59	76	72	66,75	8,54
Cuivre	0,12	0,11	0,12	0,12	0,12	0,01

Le tableau 10 montre la composition en éléments minéraux de la pulpe fraîche. Le zinc varie de 2,2 à 3,57 mg/100g MS avec une moyenne 2,72 mg/100g MS ; le calcium est de 59 à 76 mg/100g MS avec une moyenne de 66,75 ; le phosphore est de 18 à 27 mg/100g MS, le magnésium varie de 119 à 134 mg/100g MS avec une moyenne de 128mg/100g MS ; le potassium est de 1818 à 2665 mg/100g MS avec une moyenne de 2234 mg/100g MS ; le sodium de 326 à 400 mg/100g MS avec une moyenne 358,75mg/100g MS ; le cuivre est de 0,11 à 0,12 mg/100g MS avec une moyenne de 0,12 mg/100g MS et le manganèse de 4,3 à 4,8 mg/100g MS avec une moyenne 4,52mg/100g MS ; le fer est de 2,36 à 3,47mg/100g MS avec une moyenne de 2,87 mg/100g MS.

II.1.2. La pulpe pasteurisée

Tableau 11: La teneur en éléments minéraux des pulpes pasteurisées en mg/100g matière sèche(MS)

élément minéraux	pulpe de mangue pasteurisée				moyenne	écart type
	nature	acide citrique 0,38%	acide citrique 0,39	acide citrique 0,31		
fer	3,47	4,67	2,65	3,28	3,52	0,84
Magnésium	162	114	116	62	113,50	40,87
Manganèse	6,35	6,42	3,91	3,21	4,97	1,66
phosphore	21	2	24	12	14,75	9,91
Sodium	408	392	350	169	329,75	109,92
Zinc	2,35	2,06	2,29	2,52	2,31	0,19
Potassium	2602	2571	1975	1066	2053,50	718,79
Calcium	78	73	66	43	65,00	15,47
Cuivre	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,01

La teneur des éléments minéraux de la pulpe pasteurisée nature montre que le zinc varie 2,051 à 2,525 mg/100gMS, calcium de 4,3 à 7,8 mg/100gMS, le phosphore de 1,2 à 2,4 mg/100gMS de pulpe, le magnésium de 62 à 162 mg/100gMS de pulpe, le potassium de 1066 à 2602 mg/100gMS, le sodium de 163 à 408 mg/100gMS, le cuivre de 125 à 137 mg/100gMS, et le manganèse de 3,306 à 6,347 mg/100gMS. Comparativement à la pulpe fraîche, nous remarquons que les éléments minéraux de la pulpe pasteurisée ont une forte teneur en éléments minéraux cela est beaucoup indispensable à la production du vinaigre. Ils serviront de substrat lors de la fermentation alcoolique et acétique.

III. Résultats des analyses microbiologiques

III.1. Résultat microbiologique de la pulpe de mangue fraîche

Les résultats des analyses microbiologiques sont consignés dans le tableau 12.

Tableau 12: Résultat des analyses microbiologiques sur la pulpe fraîche avant la pasteurisation

Désignation	Flores totales (UFC/g)	Coliformes totaux (UFC/g)	Levures & moisissures (UFC/g)
Echantillon 1	$1,2 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^3$	$1,7 \cdot 10^1$
Echantillon 2	$6,7 \cdot 10^4$	$3,9 \cdot 10^1$	$4 \cdot 10^1$
Echantillon 3	$6,8 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^1$
Echantillon 4	$4,2 \cdot 10^4$	$1,8 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$

La flore totale traduit la charge microbienne d'un produit. Pour la pulpe fraîche, cette charge varie de $6,8 \cdot 10^4$ à $1,2 \cdot 10^5$ UFC/g. On constate que sur l'ensemble des échantillons de la pulpe de mangue fraîche analysés, la flore totale est de l'ordre de 10^4 à 10^5 UFC/g (tableau 12). Cette forte charge microbienne s'explique par la nature du produit.

La charge des coliformes totaux varie de $3,9 \cdot 10^1$ à $4 \cdot 10^3$ UFC/g avec un ordre de 10^1 à 10^3 UFC/g. La charge microbienne en levure et moisissure est de $1,6 \cdot 10^1$ à $4 \cdot 10^3$ UFC/g. Les levures et les moisissures sont largement rependues dans l'environnement et la contamination des échantillons a dû s'effectuer lors des opérations de pelage et de broyage. Constituant la flore d'altération des aliments, elles peuvent entraîner des modifications du goût, de la texture et l'apparence et ainsi entraîner des pertes post-récolte.

III.2. Résultats microbiologiques de la pulpe de mangue pasteurisée

III.2.1. Résultats microbiologiques de la pulpe de mangue nature pasteurisée

Le tableau 13 représente les résultats microbiologiques de la pulpe de mangue nature pasteurisée.

Tableau 13: les résultats microbiologiques de la pulpe de mangue nature pasteurisée.

	t ₀	pulpe de mangue nature pasteurisée stockée				
paramètre	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	
flore totale (UFC/g)	<10*	<10	<10	<10	<10	
coliforme totaux (UFC/g)	<10	<10	<10	<10	<10	
levure et moisissure (UFC/g)	<10	<10	<10	<10	<10	

* : aucune colonie dénombrée à la dilution 10^{-1}

Les résultats de l'analyse microbiologique de la pulpe de mangue nature pasteurisée consignée dans le tableau 13 montrent que la charge microbienne de la flore totale, les coliformes totaux, les levures et moisissures est <10 UFC/g, ce résultat traduit une absence totale de ces microorganismes dans les échantillons. Ces résultats montrent que la production a été faite dans les bonnes conditions d'hygiène et les bonnes pratiques de fabrication.

III.2.2. Résultats microbiologiques de la pulpe de mangue pasteurisée avec de l'acide citrique

Le tableau 14 représente les résultats microbiologiques de la pulpe de mangue pasteurisée avec de l'acide citrique.

Tableau 14: les résultats microbiologiques de la pulpe de mangue pasteurisée avec de l'acide citrique.

	pulpe de mangue pasteurisée stockée avec de l'acide citrique				
paramètre	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier
flore totale (UFC/g)	$<10^*$	<10	<10	<10	<10
coliforme totaux (UFC/g)	<10	<10	<10	<10	<10
levure et moisissure (UFC/g)	<10	<10	<10	<10	<10

* : aucune colonie dénombrée à la dilution 10^{-1}

La charge en flore totale, en coliformes totaux, levures et moisissures représenté dans le tableau 14 est <10 UFC/g. ce qui signifie l'absence de ces microorganismes dans les échantillons. Ce qui montre que la bonne pratique d'hygiène et de fabrication ont été maîtrisés lors de la production.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Notre étude sur la stabilisation et la conservation de la pulpe de mangue révèle que la pulpe de mangue nature et avec de l'acide citrique pasteurisée peut être conservée dans les fûts et stockée dans des conditions ambiantes durant 5 à 6 mois si les bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication sont respectées.

En effet, la flore totale, les coliformes totaux, les levures et moisissures sont présents dans la pulpe de mangue fraîche, mais quasi absents dans la pulpe pasteurisée. L'analyse de la pulpe de mangue fraîche issue de la production révèle que ces contaminations se sont effectuées lors des opérations de pelage, dénoyautage et broyage.

Une augmentation du pH a été observée au niveau de la pulpe de mangue pasteurisée avec de l'acide citrique par rapport à la pulpe de mangue nature pasteurisée. Cela est dû à la présence de l'acide citrique.

À côté de la qualité microbiologique, la pulpe de mangue pasteurisée présente une bonne qualité nutritionnelle, avec une forte teneur en sucre, et la présence de minéraux ce qui pourrait faire d'elle, une source d'énergie pour les consommateurs.

Au regard de ces paramètres nutritionnels disponibles dans la pulpe de mangue nature pasteurisée et avec de l'acide citrique, nous pouvons donc dire que la pulpe de mangue pasteurisée dans la bonne condition d'hygiène et de fabrication est apte au stockage à la température ambiante pour une utilisation ultérieure comme la production du vinaigre par la double fermentation.

Notre étude sur la stabilisation et la conservation de pulpe de mangue n'a concerné que la détermination de quelques germes indicateurs de contamination et le suivi des paramètres jusqu'à 4 mois de stockage. Pour la suite du travail, nous proposons une identification des germes de contamination retrouvés, surtout les *Escherichia Coli* et le suivi jusqu'à 12 mois de stockage.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AACC1990. AACC approved methods. American Association of Cereal Chemists, 8^{ème} édition, St Paul, Minnesota, USA.
- BALDWIN E.A.2001. «New Coating Formulations for the Conservation of Tropical Fruits»<http://technofruits2001.cirad.fr> 10/08/2002
- BIMBENET J.J., GUIBLOT A. 1966. Modifications physicochimiques et biochimiques au cours du séchage. Chimie Industrielle Générale. 86 (4), 925-936.
- BAFODE B.S.,1988. Projet de transformation et de conditionnement des mangues à Boundiali Côte d'Ivoire. SIARC (Section des ingénieurs alimentaires / région chaude Montpellier. 87 p.
- BESUCHET E. ET PURY, DE.P., 1998. Guide pour la préparation des fruits tropicaux. Fédération internationale de la Croix Bleue, 77 p.
- BOUKA R. ET MALOUALA D., 1987. Valorisation de la confiture de mangue. SIARC (Section des ingénieurs alimentaire / région chaude). Montpellier, 23 p.
- CHEFTEL J.C. ET CHEFTEL H., 1980. Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Volume 1. Techniques et documentation, 3^{ème} édition. Lavoisier. Paris. 381 p.
- CHEFTEL J.C., CHEFTEL H., BESANÇON P., 1983. Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Volume 2. Techniques et documentation, 4^{ème} édition. Lavoisier. Paris. 420 p.
- CODEX ALIMENTARUS, 1991
- COLLIN M. N., SALLANON, H. 2010. Combined effects of postharvest heat treatment and chitosan coating on quality of fresh-cut mangoes. International Journal of Food Science and Technology, 45, 849-855.
- Mangue-UNCTAD.org.WWW.unctad.info Infocomm French produit AAACP

WWW. Pafasp.org FILIERES, Filière prioritaire

DESMORIEUX H., 1992. Le séchage en zone subsaharienne : une analyse technique à partir des réalités géographiques et humaines. Thèse présentée à l'INPL (Institut National Polytechnique de Lorraine). Nancy, France. 234 p.

DIDIER C., 1988. Programme de travail, opération 302 MRS/ IRFA. In. Projet de transformation et conditionnement des mangues en Côte d'Ivoire. SIARC. Montpellier. 80 p.

DJANTOUE.B., MBOFUNG C.M, SCHER J., KAMENI A. 2004. Etude de la production de poudre à partir des tranches de mangue séchée (*Mangifera Indica*). Récents Progrès en Génie des Procédés. Sciences et Technologie des Poudres. Vol 91, Lavoisier, Paris.

DJANTOU E.B., MBOFUNG C.M.F., SCHER J., KAMENI A. 2004. Influence du procédé de production de poudre de mangue (*Mamguiferaindica*) sur quelques caractéristiques chimiques et nutritives. Rencontres AGORALES. Nov/Déc 2004 / Nantes, France

DJIOUAT., CHARLES F., LOPEZ-LAURIF., FILGUEIRASH., FREIRE J.M., DUCAMP-COLLIN M. N., SALLANON H. 2009. Improving the storage of minimally processed mangoes (*Mangifera indica*.) by hot water treatments. Postharvest Biology and Technology, 52. 221-226

FAO., 2004. FAO Data Base

HAGRETOU S.L., ALFRED S. T. (2001) «composition chimique et valeur nutritive de la mangue amélie (*mangifera indica* l.) duburkinafaso» journal des sciences .vol. 2, n° 135 – 39

HAGRETOU S.L ((Cour microbiologique alimentaire, 2013)

KANSCI G., KOUBALA BB., MBOME L.I., 2003. Effect of ripening on the composition and suitability for jam processing of different varieties of mango (*Mangifera Indica*). African Journal of Biotechnology. 2 (9), 301-306.

LAROUSSILHE D.F., 1980. Le manguier. Collection Techniques Agricoles et Productions Tropicales G.P, Maisonneuve et Larose, Paris, volume 29, 312 p.

MERCADANTE A.Z., RODRIGUEZ-AMAYA D.B., BRITTON G., 1997. HPLC and mass spectrometric analysis of carotenoids from mango. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 45,120-123

MARTINE F., 1993. Transformer les fruits tropicaux. Collection le point sur les technologies. Edition du GRET, Ministère de la coopération, CTA, ACCT. Paris. 222 p.

MOUTONNET B., 1977. Etude de l'enracinement de quelques arbres fruitiers sur sol ferrallitique brun profond. *Fruits*. 32 (5), 521-333.

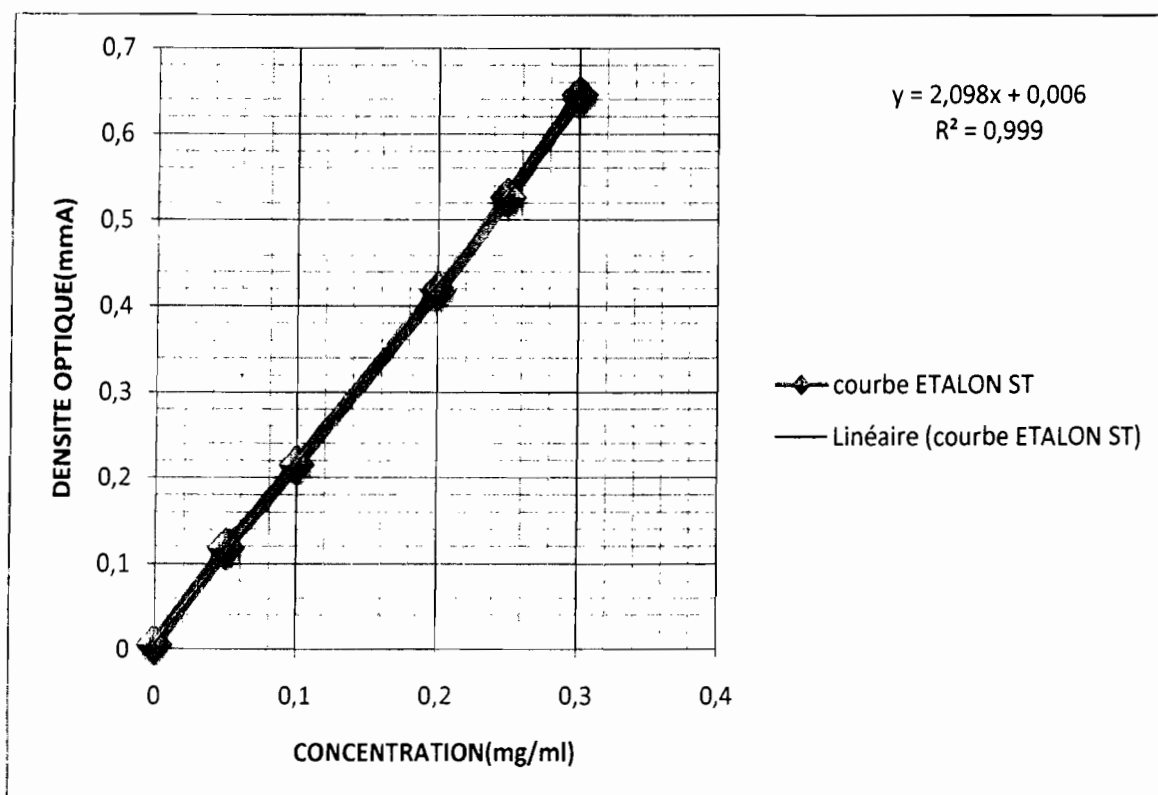
NABALMA D.F., (1995), Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'étude supérieures spécialisées industries agro-alimentaire. 45p.

SOUMAH BB., 1988. Projet de transformation et de conditionnement des mangues à Boundialieen Côte d'Ivoire. SIARC (Section des Ingénieurs Alimentaire / région chaude).80p.

TEMPLE L., 2001. Quantification des productions et des échanges de fruits et légumes au Cameroun, *Cahier d'Agriculture*.119 (10), 87-94.

ANNEXE

ANNEXE1 : La courbe d'étalon des sucres totaux



ANNEXE 2 : Composition et préparation des milieux de culture

- Le Diluant

Chlorure de sodium-----8,5g

Bactopeptone-----1g

Ces différents éléments sont dissouts dans 1 litre d'eau distillée puis la solution est autoclavépendant 15 minutes. Le pH est ajusté à $7,0 \pm 0,2$.

- Plat Count Agar (PCA)

Peptone de caséine -----5,0g

Extrait de levure-----2,5g

D(+) Glucose-----1,0g

Agar-agar-----14g

22,5g de ce milieu sont mélangés avec 1 litre d'eau distillée. Le mélange est porté à ébullition jusqu'à dissolution complète puis le pH est ajusté à $\text{pH } 7,0 \pm 0,2$ avant que la solution ne soit autoclavée à 121°C pendant 15 minutes.

ANNEXE 3 (suite) : Composition et préparation des milieux de culture

- Gélose biliée au cristal violet et au rouge neutre (agar VRB)

Peptone de viande-----	7,0g
Extrait de levure-----	3,0g
Chlorure de sodium-----	5,0g
Lactose-----	10g
Rouge neutre-----	0,03mg
Cristal violet-----	0,002
Sel biliaire-----	1,5g
Agar-agar-----	13,0g
H ₂ O distillée -----	1000ml

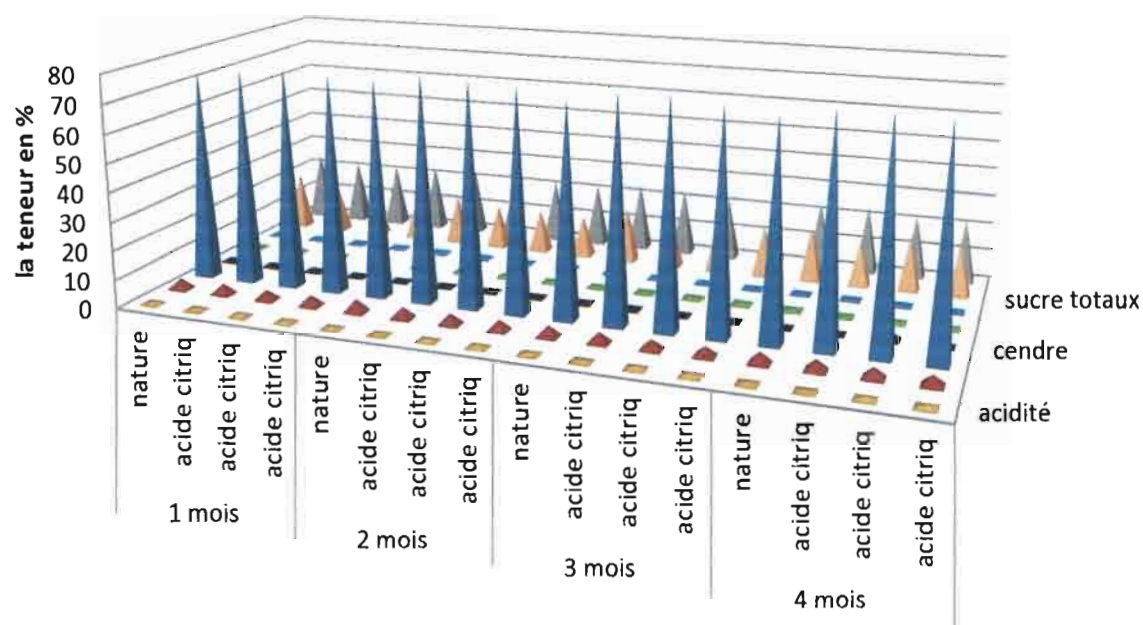
Le pH est ajusté à $7,4 \pm 0,2$. Ce milieu n'est pas autoclave.

- Gélose glucosé à l'extrait de levure et au chloramphénicol (YGC)

Extrait de levure-----	5,0
D (+) Glucose-----	20,0
Chloramphénicol-----	0,1
Agar-agar-----	14,9

40 g de ce milieu sont mélangés avec 1l d'eau distillée. Le mélange est porté à ébullition jusqu'à dissolution complète puis le pH est ajusté à $6,6 \pm 0,2$ à 25°C avant que la solution ne soit autoclavée à 121°C pendant 15 minutes.

ANNEXE 4 : l'évolution des paramètres durant le stockage



	1 mois				2 mois				3 mois				4 mois			
	nature	acide citrique	acide citrique	acide citrique	nature	acide citrique	acide citrique	acide citrique	nature	acide citrique	acide citrique	acide citrique	nature	acide citrique	acide citrique	acide citrique
■ acidité	0,82	0,71	1,05	1,08	0,86	0,68	1,1	1,1	0,83	0,75	1,07	1,1	0,84	0,75	1,12	1,16
■ pH	3,87	3,83	3,47	3,48	4,2	3,6	3,64	3,63	3,87	3,8	3,47	3,48	3,83	3,8	3,49	3,5
■ humidité	73,8	75,8	77,7	76,5	76	78,8	78,18	77,36	74,3	77,85	78,38	76,85	74,58	78,19	78,41	77,16
■ cendre	0,45	0,39	0,36	0,38	0,49	0,43	0,41	0,41	0,5	0,44	0,39	0,42	0,48	0,43	0,34	0,37
■ protéine	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
■ matière grasse	0,4	0,41	0,42	0,4	0,4	0,43	0,41	0,45	0,41	0,43	0,43	0,42	0,42	0,45	0,41	0,43
■ sucre totaux	19,73	15,73	15,11	15,32	17,28	15,71	15,33	14,73	19,69	15,05	17,55	17,65	19,34	15,91	19,08	18,27
■ degré Brix	24,3	22	22	23	24	23	22	22	24	23	22	22	24	24	22	22