

## **Table des matières**

Liste des abréviations	i
Glossaire	ii
Liste des figures	iii
Liste des tableaux	iv
<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	<b>1</b>
<b>GENERALITES</b>	
<b>I. LES ALIMENTS</b>	<b>3</b>
<b>II. LES NUTRIMENTS, LA NUTRITION, LES BESOINS NUTRITIONNELS</b>	<b>3</b>
2.1. Les protéines	3
2.2. Les lipides	4
2.3. Les glucides	4
2.4. Les vitamines	6
2.5. Les minéraux	7
2.6. L'eau, l'activité de l'eau	7
<b>III. LES FACTEURS ANTINUTRITIONNELS ET LEURS EFFETS SUR LA NUTRITION</b>	<b>7</b>
<b>IV. LA FORTIFICATION ALIMENTAIRE</b>	<b>8</b>
4.1. Définition	8
4.2. Choix du fortifiant et de l'aliment véhicule	8
<b>V. PRESENTATION DU MATERIEL VEGETAL</b>	<b>9</b>
5.1. L'ananambo	9
5.1.1. Historique	9
5.1.2. Systématique	9
5.1.3. Description botanique	9
5.1.4. Ecologie	10
5.1.5. Préparation culinaire des feuilles	10
5.2. La papaye	11
5.2.1. Historique	11
5.2.2. Systématique	11
5.2.3. Description botanique	11
5.2.4. Ecologie	12
5.2.5. Utilisation des fruits	12

5.3. Le tamarin	13
5.3.1. Historique	13
5.3.2. Systématique	13
5.3.3. Description botanique	13
5.3.4. Ecologie	14
5.3.5. Utilisation des fruits	14
<b>MATERIELS ET METHODES</b>	
<b>I. ANALYSES NUTRITIONNELLES</b>	15
1.1. Les matières premières	15
1.1.1. La papaye	15
1.1.2. Le tamarin	15
1.1.3. Le sucre	15
1.1.4. Le citron	15
1.1.5. L'ananas	15
1.2. La matière transformée	15
1.2.1. La pâte de papaye	15
1.2.2. La pâte de tamarin	16
1.2.3. Choix des produits finis	17
1.3. Echantillonnage et préparation des extraits bruts pour analyse	18
1.4. Analyse des différents échantillons	18
1.4.1. Humidité	18
1.4.2. Mesure du pH	19
1.4.3. Détermination de la teneur en lipides totaux	19
1.4.4. Détermination de la teneur en protéines totales	20
1.4.5. Dosage des protéines solubles par la méthode de Folin-Lowry	21
1.4.6. Détermination de la composition en acides aminés.	23
1.4.7. Détermination de la teneur en glucides totaux	25
1.4.8. Détermination de la teneur en sucres simples par la méthode à l'anthrone	25
1.4.9. Détermination de la teneur en fibres	26
1.4.10. Dosage des éléments minéraux	27
1.4.11. Détermination de la valeur énergétique des échantillons	30
1.4.12. Etude des facteurs antinutritionnels	30
<b>II. ANALYSES MICROBIOLOGIQUES</b>	33
2.1. Echantillonnage	33

2.2. Préparation de la suspension mère (NFV 08 002)	33
2.3. Préparation des dilutions (NF V08-010)	33
2.4. Dénombrement d' <i>Escherichia coli</i> (V 08 053)	33
2.4.1. Principe	33
2.4.2. Mode opératoire	34
2.5. Recherche de <i>Salmonella</i> (V 08-052)	34
2.5.1. Préparation de l'échantillon	34
2.5.2. Pré-enrichissement sur RAPPAPORT-VASSILIADIS	34
2.5.3. Culture sur HEKTOEN ENTERIC AGAR	34
2.6. Dénombrement des FAMT (NF V 08- 060)	35
2.6.1. Principe	35
2.6.2. Mode opératoire	35
2.7. Dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i> (NF V 08- 057-1)	35
2.8. Dénombrement de <i>Streptococcus faecalis</i> : Méthode interne selon Slanetz et Bartley	36
2.8.1. Principe	36
2.8.2. Mode opératoire	36
2.9. Dénombrement des coliformes	36
2.9.1. Recherche des coliformes totaux (NF V 08-060)	36
2.9.2. Recherche des coliformes fécaux (NF V 08-050)	36
2.10. Mode de calcul pour le cas d'un dénombrement (ISO 7218, mai 1996)	37
III. ANALYSES SENSORIELLES	38
3.1 Jury de dégustation	38
3.1.1. Le choix du jury	38
3.1.2. Elaboration du panel de dégustation	39
3.2. Analyse descriptive	40
3.2.1. Déroulement des séances	40
3.2.2. Recherche du plus grand nombre de descripteurs	41
3.2.3 Premier tri (tri qualitatif)	41
3.2.4. Deuxième tri (tri quantitatif)	41
3.2.5. Troisième tri (tri statistique)	41
3.2.6. Entraînement du jury à l'emploi de la liste réduite	42
3.2.7. Elaboration de profil	42
3.3. Epreuve hédonique	42

## **RESULTATS**

<b>I. ANALYSES NUTRITIONNELLES</b>	<b>43</b>
1.1. Humidité	43
1.2. Mesure du pH	44
1.3. Détermination de la teneur en lipides totaux	45
1.4. Détermination de la teneur en protéines totales et protéines solubles	46
1.5. Détermination de la composition en acides aminés	46
1.6. Détermination de la teneur en glucides totaux et sucres simples	49
1.7. Détermination de la teneur en fibres	49
1.8. Dosage des éléments minéraux	50
1.9. Détermination de la valeur énergétique	52
1.10. Etude des facteurs antinutritionnels	52
<b>II. ANALYSES MICROBIOLOGIQUES</b>	<b>53</b>
<b>III. ANALYSES SENSORIELLES</b>	<b>55</b>
3.1. Jury de dégustation	55
3.2. Analyse descriptive	56
3.2.1. Génération des descripteurs	56
3.2.2. Elaboration de profils sensoriels	57
3.3. Epreuve hédonique	58
3.3.1. Pâte de papaye additionnée de poudre d'ananas	59
3.3.2. Pâte de tamarin additionnée de poudre d'ananas	60
<b>IV. COUT DE FABRICATION DES PATES DE FRUITS</b>	<b>61</b>

## **DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS**

<b>I. ANALYSES NUTRITIONNELLES</b>	<b>62</b>
1.1. Humidité	62
1.2. Mesure du pH	62
1.3. Détermination de la teneur en lipides totaux	63
1.4. Détermination de la teneur en protéines totales et protéines solubles	63
1.5. Détermination de la composition en acides aminés	64
1.6. Détermination de la teneur en glucides totaux et sucres simples	66
1.7. Détermination de la teneur en fibres	66
1.8. Dosage des éléments minéraux	67
1.9. Détermination de la valeur énergétique	68
1.10. Etude des facteurs antinutritionnels	69

II. ANALYSES MICROBIOLOGIQUES	69
III. ANALYSES SENSORIELLES	70
IV. COUT DE FABRICATION DES PATES DE FRUITS	71
<b>CONCLUSION GENERALE</b>	72
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	73
ANNEXES	

## LISTE DES ABREVIATIONS

a <sub>w</sub> :	Activity of Water
ACP :	Analyse en Composantes Principales
AFNOR :	Association Française de Normalisation
ANOVA :	Analysis Of Variance
BAE :	Butanol/ Acide acétique/ Eau distillée
DM :	Degré de Méthylation
EMB:	Eosine Methylene Blue
EPT:	Eau Peptone Tamponnée
FAMT:	Flore Aérobie Mésophile Totale
FAO :	Food and Agriculture Organization (Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)
ICBN :	International Code of Botanical Nomenclature
LABASAN :	Laboratoire de Biochimie Appliquée aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition
MPE :	Malnutrition Protéino-Energétique
MS :	Matière Sèche
O :	Odeur
ONN :	Office National de Nutrition
ONU :	Organisation des Nations Unies
PA :	Poudre de feuilles d'Ananambo ( <i>Moringa oleifera</i> ) d'Antsiranana
PCA:	Plate Count Agar
PP :	Pâte de Papaye
PPA :	Pâte de Papaye Additionnée de 2,4g de PA/100g
PT :	Pâte de Tamarin
PTA :	Pâte de Tamarin Additionnée de 3,4g de PA/100g
S :	Saveur
SAB :	Sérum Albumine Bovine
T :	Texture aux doigts
TB :	Texture en Bouche
VRBL :	Violet Red Bile Lactose

## GLOSSAIRE

**Acceptabilité** : Etat d'un produit reçu favorablement par un individu déterminé ou une population en fonction de ses propriétés organoleptiques, à un moment donné et dans un contexte déterminé.

**ACP** : ou analyse en composantes principales : Technique d'analyse statistique, principalement descriptive, qui consiste à rechercher les directions de l'espace qui représentent le mieux les corrélations entre  $n$  variables aléatoires. Elle permet ainsi de visualiser un espace à  $p$  dimensions à l'aide d'espaces de dimensions plus petites.

**ANOVA** : L'analyse de la variance recouvre un ensemble de techniques de tests et d'estimation destinées à quantifier l'effet de variables qualitatives sur une variable numérique. Dans le cas le plus simple, cela consiste à comparer plusieurs moyennes d'échantillons.

**Facteur limitant** : C'est l'acide aminé essentiel faisant l'objet du plus grand déficit : il s'agit du facteur limitant primaire.

**Hédonique** : Qualifie une appréciation affective que portent des consommateurs sur un produit, en se rapprochant à son caractère plaisant ou déplaisant, par leurs organes des sens, dans un contexte déterminé et à un moment donné.

**Monadique** : Présentation un à un des échantillons.

**Profil sensoriel** : Description à l'aide de descripteurs des propriétés sensorielles d'un échantillon dans leur ordre de perception avec attribution d'une valeur d'intensité pour chaque propriété.

**Protéine de bonne qualité** : Protéine contenant les acides aminés essentiels.

**Sujet naïf** : Personne ne répondant à aucun critère particulier.

## LISTE DES FIGURES

<u>Figure 1</u> : Structure chimique des pectines.....	6
<u>Figure 2</u> . Feuilles et fleur de <i>Moringa oleifera</i> .....	10
<u>Figure 3</u> : Le papayer et ses fruits.....	12
<u>Figure 4</u> : Fruits du tamarinier.....	14
<u>Figure 5</u> : Diagramme de fabrication de la pâte de papaye.....	16
<u>Figure 6</u> : Diagramme de fabrication de la pâte de tamarin.....	17
<u>Figure 7</u> : Chromatogramme des acides aminés témoins et des échantillons sur couche mince de silice.....	47
<u>Figure 8</u> : Profils sensoriels combinés des 4 pâtes de papaye.....	57
<u>Figure 9</u> : Profils sensoriels combinés des 4 pâtes de tamarin.....	58
<u>Figure 10</u> : Histogramme des préférences sur les caractéristiques des pâtes de papaye....	59
<u>Figure 11</u> : Histogramme des préférences sur les caractéristiques des pâtes de tamarin.....	60



## LISTE DES TABLEAUX

<u>Tableau 1</u> : Construction d'une gamme étalon de SAB.....	22
<u>Tableau 2</u> : Dosage des protéines solubles des extraits.....	22
<u>Tableau 3</u> : Humidité et teneur en matière sèche des échantillons.....	44
<u>Tableau 4</u> : pH des échantillons analysés.....	45
<u>Tableau 5</u> : Teneur en lipide des échantillons.....	45
<u>Tableau 6</u> : Teneur en protéines totales et solubles.....	46
<u>Tableau 7</u> : Références frontales des acides aminés témoins et acides aminés retrouvés dans les échantillons en chromatographie sur couche mince.....	48
<u>Tableau 8</u> : Teneur glucides totaux et sucres simples des échantillons analysés.....	49
<u>Tableau 9</u> : Teneur en acide pectique des pulpes de fruits.....	49
<u>Tableau 10</u> : Teneur en insoluble formique des pâtes de fruits.....	50
<u>Tableau 11</u> : Teneur en cendres brutes des échantillons (MB).....	50
<u>Tableau 12</u> : Teneur en éléments minéraux des échantillons ou matière brute (MB).....	51
<u>Tableau 13</u> : Calories apportées par 100g de pulpes et dérivés et valeur énergétique de la poudre d'ananambo.....	52
<u>Tableau 14</u> : Grandes familles chimiques de facteurs antinutritionnels détectées dans les échantillons.....	53
<u>Tableau 15</u> : Concentration en germes des échantillons analysés.....	54
<u>Tableau 16</u> : Seuil de perception et seuil de reconnaissance du jury sur les 4 saveurs de base.....	55
<u>Tableau 17</u> : Profil d'appréciation du jury pour les quatre saveurs de bases.....	55
<u>Tableau 18</u> : Classement et regroupement des groupes non significativement différents pour les pâtes de papaye additionnées d'ananambo.....	59
<u>Tableau 19</u> : Classement et regroupements des groupes non significativement différents pour les pâtes de tamarin additionnées d'ananambo.....	60
<u>Tableau 20</u> : Variation de la teneur en protéines totale des échantillons après traitements	64
<u>Tableau 21</u> : Composition moyenne en acides aminés des feuilles d'ananambo ( <i>Moringa oleifera</i> ).....	65
<u>Tableau 22</u> : Tableau comparatif des valeurs nutritionnelles des feuilles d'ananambo ( <i>Moringa oleifera</i> ) réduites en poudre, teneur exprimée pour 100g de poudre.....	67
<u>Tableau 23</u> : Energie fournie par les macronutriments.....	68

# INTRODUCTION

La malnutrition chronique touche un enfant sur deux à Madagascar, 13% des enfants malgaches sont atteints de malnutrition aiguë, tandis que 42% des enfants et 21% des femmes en âge de procréer souffrent d'insuffisance pondérale. Ainsi la prévalence de la malnutrition protéino-énergétique (MPE) est très élevée (ONN, Politique nationale de nutrition, 2004). Cette malnutrition protéino-énergétique est souvent associée à la carence en micronutriments, elle est d'autant plus aggravée par l'insécurité alimentaire ainsi que par les habitudes alimentaires inappropriées.

Plusieurs stratégies ont été élaborées afin de combattre la malnutrition et la carence en micronutriments : diversification alimentaire, iodation et fluoration du sel alimentaire, fortification en vitamine A de l'huile alimentaire, supplémentation en fer et acide folique et en vitamine A des populations vulnérables (ONN, Politique nationale de nutrition, 2004). De nombreux organismes (Gret, Nutrimad, ONN,...) oeuvrent depuis quelques années pour la lutte contre la MPE des enfants et des femmes allaitantes en introduisant des protéines végétales (légumineuses...) dans leur alimentation.

Madagascar regorge d'aliments potentiellement énergétiques et sources de micronutriments susceptibles d'être utilisées dans cette lutte contre la MPE, tels les fruits tropicaux et les légumes-feuilles.

Parmi ces légumes-feuilles, l'ananambo (*Moringa*) est en plein essor et sa consommation est vulgarisée dans toute l'île à cause de sa qualité nutritionnelle. L'ananambo pousse facilement dans différentes régions de Madagascar. Il fait partie des habitudes alimentaires de la population côtière mais relégué au deuxième plan par la population des hautes terres à cause de la méconnaissance de ses vertus, notamment de sa richesse en protéines.

D'autre part, les fruits tropicaux sont abondants et sont à la portée du pouvoir d'achat des Malgaches. Toutefois, ils ne sont pas totalement exploités, en particulier le tamarin et la papaye, pourtant ces fruits sont disponibles toute l'année.

A la lumière de ce constat, nous nous proposons de valoriser des ressources alimentaires locales en introduisant les feuilles d'ananambo dans les pâtes de fruits. Ce qui rejoint le thème du LABASAN dont l'objectif est la lutte contre la malnutrition. En effet, notre étude s'intitule : « Fortification protéique des fruits tropicaux : cas de la papaye (*Carica papaya*) et du tamarin (*Tamarindus indica*), par l'utilisation des feuilles d'ananambo (*Moringa oleifera*) d'Antsiranana ».

La présente étude aura alors comme objectif l'augmentation de l'ingéré protéique au moyen de produit accessible et acceptable pour le consommateur potentiel.

Ainsi, notre travail comportera trois parties :

- la première partie présentera, d'une part, les généralités sur l'alimentation, la nutrition et la fortification alimentaire, et d'autre part, les généralités sur les matériels végétaux utilisés ;
- la deuxième partie traitera des matériels et des méthodes utilisés permettant la mise en évidence des intérêts de notre étude ainsi que les résultats des analyses nutritionnelles, microbiologiques et sensorielles réalisées sur les matières premières et transformées;
- Enfin, la troisième partie discutera des résultats obtenus et de l'efficacité de l'essai de fortification protéique selon les pâtes de fruits étudiées.

**GENERALITES**

---

## **I. LES ALIMENTS**

L'aliment, par la satisfaction du besoin physiologique d'apaiser la faim, est toute matière qui sert par ingestion à l'entretien et au développement de l'organisme. L'aliment est une matière - en général naturelle et complexe - qui contribue aux besoins de l'organisme (en substances, chaleur, énergie), donc à entretenir la vie, et qui répond aussi à des désirs, qui fait plaisir, qui entre dans des coutumes (les repas familiaux, les banquets...), qui possède une signification symbolique (la communion, le partage fraternel du pain) (MULTON, 2002). Les aliments sont consommés en raison de leur valeur d'apport énergétique et/ou de matière, mais aussi en raison de leurs qualités organoleptiques (DUPIN et al, 1992).

## **II. LES NUTRIMENTS, LA NUTRITION, LES BESOINS NUTRITIONNELS**

La nutrition est la science traitant des nutriments et des autres substances alimentaires, ainsi que de leur assimilation par l'organisme.

Les nutriments sont des substances alimentaires résultant de la digestion des aliments sous l'action des sucs digestifs (COMELADE, 1990). Ces nutriments peuvent être assimilés par les cellules sans subir d'autres transformations digestives. A partir des nutriments et de l'oxygène qu'elle reçoit, chaque cellule devient une petite usine produisant de l'énergie qui lui est nécessaire pour vivre (CRAPELET et al, 1995).

### **2.1. Les protéines**

Présentes chez tous les êtres vivants, des bactéries à l'homme, les protéines sont de très gros polymères formés à partir de seulement 20 monomères différents. Ces monomères sont des  $\alpha$ -aminoacides qui s'unissent par des liaisons peptidiques pour former des chaînes polypeptidiques linéaires. Les acides aminés peuvent être synthétisés par l'organisme, sauf ceux dits « indispensables » qui doivent être apportés par l'alimentation. Ils sont au nombre de 8 pour les adultes : le tryptophane, la phénylalanine, la méthionine, la leucine, la lysine, l'isoleucine, la valine et la thréonine ; l'histidine et l'arginine complètent cette liste pour les enfants.

Les protéines sont des éléments de construction et d'entretien : elles sont nécessaires en tant que substances azotées pour la croissance et les réparations de l'organisme, pour la reproduction (DUPIN et al, 1992). Le besoin fondamental en protéines est d'ordre qualitatif et

quantitatif. La moitié des protides dans les organismes en voie de croissance, et le tiers chez l'adulte doivent être apportés par des protides d'origine animale (COMELADE, 1990).

Il est conseillé que les 12 à 15% de l'apport énergétique total soient d'origine protéique. L'apport protéique de sécurité ou besoin moyen des enfants et adolescents varie de 17,5g à 56g par jour de protéine de bonne qualité (protéines du lait ou œuf) selon l'âge, le poids et le sexe de l'enfant ou l'adolescent (FAO, OMS-1986). L'apport protéique de sécurité des adultes est de 0,75g de protéines de bonne qualité /Kg de poids/jour (OMS- 1986).

A Madagascar, l'apport énergétique des protéines dans la consommation alimentaire est faible (8%) par rapport aux valeurs recommandées (12 à 15%) (SECALINE, 1996). 1g de protéine fournit 4Kcal.

## **2.2. Les lipides**

Les substances naturelles insolubles dans l'eau, mais solubles dans certains solvants organiques tels que le méthanol, le chloroforme, l'acétone sont regroupées sous le nom de lipides (WEINMAN & MEHUL, 2004). Ils constituent les matières grasses des aliments (WEIL, 1994). On classe les lipides en fonction de leur nature chimique et du rôle qu'ils tiennent dans la structure et le fonctionnement des organismes. On distingue les lipides de réserve (huiles et graisses) représentant une importante réserve d'énergie, les lipides membranaires ou de structure (phospholipides et sphingolipides), les lipides fonctionnels présents en quantité moindre (sels biliaires, les hormones stéroïdes...) (WEINMAN & MEHUL, 2004). 1g de lipide fournit 9Kcal. L'apport en lipides doit être de 30 à 35% de l'apport énergétique total.

## **2.3. Les glucides**

Les glucides regroupent certaines substances naturelles qui, au moins pour celles qui sont hydrosolubles, ont une saveur sucrée. Ils sont aussi appelés hydrates de carbone en raison de leur formule élémentaire  $C_n(H_2O)_n$ , sucres ou encore saccharides. On distingue les glucides, avec les oses simples ou monosaccharides tels que le glucose ou le fructose, les oligosides ou oligosaccharides tels le maltose et le saccharose, les polyosides tels que l'amidon ou la cellulose, les glycoconjugués comme les protéoglycanes et glycolipides (WEINMAN & MEHUL, 2004).

Les glucides jouent à la fois un rôle structural et métabolique. Ils sont la principale source d'énergie pour les organismes vivants et sont les biomolécules les plus abondantes de la planète (WEINMAN & MEHUL, 2004).

A Madagascar, l'apport énergétique des glucides (82,47%) est nettement supérieur aux besoins de références (50 à 55%) (SECALINE, 1997). Le besoin quotidien en glucides est de 5 à 7g/ kg de poids par jour selon les individus (COMELADE, 1990). 1g de glucide fournit 4Kcal.

Les glucides comportent 2 groupes :

- les sucres assimilables : très faciles à digérer. Ce groupe comprend : les sucres simples ou oses directement assimilables par l'organisme ; les polymères d'oses assimilables après l'action des enzymes digestives (saccharose, maltose, amidon...)
- les sucres non assimilables non digestibles : Ce sont les substances constitutives des parois cellulaires des végétaux (cellulose, hémicellulose, lignine...). Elles ne sont pas hydrolysables par les enzymes présents dans le tube digestif de l'homme donc non assimilables (ONU, 1957).

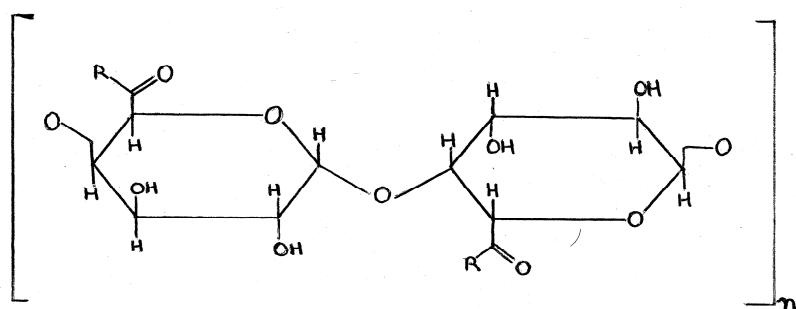
Les sucres indigestibles sont inclus dans les fibres alimentaires et ne sont pratiquement pas absorbables. Cependant, elles interviennent de façon importante dans la régulation des fonctions digestives (DUPIN et al, 1992).

Parmi les fibres, on distingue les pectines présentes dans les fruits, permettant leur gélification lors de la fabrication des pâtes de fruits, des confitures, des gelées et des marmelades.

Elles représentent un des constituants majeurs des parois végétales et leur quantité varie selon l'état de maturation des fruits. Les pectines sont constituées d'acides D-galacturoniques liés en  $\alpha$  (1-4) (JEANTET et al, 2007). Ce sont des macromolécules de poids moléculaire compris entre 30000 et 300000 d'origine exclusivement végétale.

Les pectines présentent en solution diluée et à haute température des chaînes hélicoïdales lâches, qui au cours du refroidissement peuvent s'associer pour former des doubles et triples hélices par liaisons hydrogènes et constituer des réseaux gélifiés (ADRIAN et al, 1991).





**Figure 1 :** Structure chimique des pectines

Les pectines peuvent former deux types de gels selon leur degré d'estérification ou de méthylation (DM= pourcentage molaire de fonctions carboxyliques méthoxylées) :

- les pectines hautement méthoxylées (HM), avec un DM supérieur à 50, gélifient en milieu acide ( $2,8 < \text{pH} < 3,4$ ) en présence d'une forte concentration en sucre ou de 63 à 80% de matières sèches solubles. Dans ce cas, le degré d'hydratation est réduit par l'addition de sucre et la charge électrique est diminuée par apport d'ions  $\text{H}^+$ . Les liaisons qui s'établissent sont des liaisons hydrogènes. Les gels ainsi obtenus sont appelés gels plastiques (cas des confitures, gelées, marmelades...).

- les pectines faiblement méthoxylées (LM), avec un DM inférieur à 50, gélifient en présence d'ions calcium à pH proche de la neutralité et en présence d'une moindre quantité de sucre. Les liaisons qui s'établissent sont des liaisons ioniques assurées par les cations bivalents ( $\text{Ca}^{++}$ ). Les gels ainsi obtenus sont des gels élastiques (cas des yaourts).

## 2.4. Les vitamines

Il s'agit de molécules très variées dont notre organisme a un besoin faible mais constant pour réaliser toutes les réactions chimiques cellulaires qui sont la base de son fonctionnement. Cependant, à la différence des plantes ou certaines espèces animales, l'homme n'est pas capable de les synthétiser ou alors en quantité faible et insuffisante, par exemple la vitamine K.

Les vitamines ne sont ni une source d'énergie, ni des « briques structurales ». Ces micronutriments, peu métabolisés puis excrétés dans l'urine, sont de catalyseurs ou des régulateurs des réactions cellulaires (DUPIN et al, 1992).

## 2.5. Les éléments minéraux

Les éléments minéraux ne sont pas dégradables au sein de l'organisme. Ils (macro- et oligo-éléments) ne sont pas sources d'énergie, mais sont souvent incorporés dans les structures cellulaires (les membranes cellulaires, la structure des os notamment). D'autre part, de très nombreux minéraux sont indispensables à l'activité des hormones et surtout des enzymes. A cet égard, ils jouent le rôle de nutriments catalytiques (DUPIN et al, 1992). Calcium (Ca), phosphore(P), magnésium (Mg), sodium (Na), potassium (K), chlore (Cl), soufre (S) sont les macroéléments tandis que le fer (Fe), iode (I), cuivre (Cu), manganèse (Mn), zinc (Zn)... constituent les oligoéléments (COMELADE, 1990). Ces éléments minéraux sont fournis par l'alimentation.

## 2.6. L'eau, l'activité de l'eau ( $a_w$ )

L'eau est un composant important de notre alimentation et fait partie de tous les tissus vivants animaux et végétaux. Dans les cellules vivantes, l'eau participe à plusieurs réactions biochimiques. Ainsi la teneur en eau des produits alimentaires joue un rôle déterminant durant leur conservation. En effet, une partie de l'eau contenue dans le produit alimentaire n'est pas disponible pour des réactions. En réduisant la teneur en eau disponible, c'est-à-dire en abaissant  $a_w$ , on améliore la stabilité microbienne du produit car les micro-organismes ne peuvent pas se multiplier en absence d'eau. La teneur en eau disponible est donc un facteur primordial ; il représente l'activité (chimique) de l'eau ou  $a_w$  (NOUT et al, 2003).

L'activité de l'eau est déterminée par :

$$a_w = \frac{P_{H_2O} \text{ aliment}}{P_{H_2O} \text{ pure}}$$

P signifie la pression de vapeur mesurée à la même température.

## III. LES FACTEURS ANTINUTRITIONNELS ET LEURS EFFETS SUR LA NUTRITION

Ils sont aussi appelés « biofacteurs ». Ce terme englobe divers composés comme les tanins, les flavonoïdes, divers acides organiques (présents notamment dans les aliments végétaux) qui peuvent exercer une influence sur la digestion, l'absorption et parfois sur le métabolisme des nutriments.

Du point de vue nutritionnel, on peut classer les substances antinutritives d'origine naturelle en fonction du type de nutriments avec lesquels elles interfèrent (DERACHE, 1986).

On distingue ainsi :

- les substances interférant avec l'assimilation d'éléments minéraux : les antithyroïdiens (thiocyanates, composés cyanogénétiques...), les oxalates et les phytates ;
- les substances affectant l'utilisation digestive ou métabolique des macronutriments : les inhibiteurs de protéase, les lectines, les tanins et flavonoïdes (inhibiteurs de l'amylase, trypsine, lipase), les saponines (inhibiteurs de nombreuses activités enzymatiques), les composés réducteurs inhibiteurs d'enzymes...
- les substances à activité anti-vitaminique : coumarine, polyphénols (antagoniste de la vitamine P)...

Cependant il existe d'autres substances, comme les alcaloïdes, n'ayant pas d'effet direct sur la digestion mais plutôt sur l'organisme entraînant des troubles neurologiques ou des effets tératogènes (STARON, 1980).

## **IV. LA FORTIFICATION ALIMENTAIRE**

### **4.1. Définition**

La fortification alimentaire est définie comme étant une addition de un ou de plusieurs nutriments essentiels dans l'aliment, qu'ils soient normalement présents ou non dans l'aliment, afin de prévenir ou de corriger une déficience apparente en un ou plusieurs nutriments au sein d'une population ou d'un groupe spécifique (FAO/WHO, 1994). Le terme « enrichissement » est interchangeable avec le terme « fortification », cependant le terme « enrichissement » est surtout utilisé lors de la restauration des vitamines et minéraux perdus durant le process (FAO, 1996).

### **4.2. Choix du fortifiant et de l'aliment véhicule**

Plusieurs étapes permettent de mettre en place un programme de fortification alimentaire, selon l'objectif établi et le pays dans lequel il sera implanté. La quantité de fortifiant est fonction du besoin de la population cible. L'aliment véhicule doit être un aliment habituellement consommé par la population cible et l'addition de fortifiant ne devrait pas affecter la qualité organoleptique de l'aliment véhicule (FAO, 1996).

## V. PRESENTATION DU MATERIEL VEGETAL

### 5.1. L'ananambo

#### 5.1.1. Historique

L'ananambo (*Moringa*) est un arbre introduit à Madagascar, originaire d'Inde [2]. Ces arbres sont souvent plantés près des villages : ses feuilles et ses gousses sont consommées comme légumes. A Madagascar, l'huile extraite de ses graines (appelée huile de Ben ou Behen) est utilisée pour apaiser et adoucir la peau des bébés.

#### 5.1.2. Systématique

Classification selon International Code of Botanical Nomenclature (ICBN) (JUDD et al, 1999)

Règne	: Chlorobionta
Sous-règne	: Embryophyta
Sous-embranchement	: Tracheophytina
Classe	: Angiospermopsida
Sous-classe	: Eurosids II
Ordre	: Brassicales
Famille	: Moringaceae
Genre	: <i>Moringa</i>
Espèce	: <i>oleifera</i>
Noms vernaculaires	: ananambo, anambo, morongy, anamorongy, felikambo, felinimorongy, felikamorongy, landihazobe

#### 5.1.3. Description botanique

*Moringa oleifera* est une espèce de petit arbre pouvant mesurer jusqu'à 10 m de hauteur, peu ramifié, à écorce lisse grisâtre ou brunâtre, au tronc évoquant avec l'âge un tronc de baobab. Les feuilles sont composées, avec 4 à 5 paires de folioles opposées, donnant un aspect général délicat en dépit de sa ramure un peu lourde. Les fleurs parfumées pendent en grappes ou panicules terminales ou axillaires blancs-jaune, elles sont suivies de capsules ou fruits allongés de 20-45 cm de long, brun clair, triangulaires et qui s'ouvrent à maturité par trois fentes pour libérer des graines ailées de la taille d'un gros pois, de couleur un peu plus foncée que le fruit.



Figure 2. Feuilles et fleur de *Moringa oleifera* [2]

#### 5.1.4. Ecologie

*Moringa oleifera* peut se trouver dans des zones très arides comme le Sahara, mais il aime également les climats semi-tropicaux humides. Sa racine tubéreuse lui permet de se passer d'eau pendant plusieurs mois. Il peut se planter par semis, en repiquage ou en plein champ, ou par boutures. C'est un arbre à croissance très rapide, jusqu'à 1 mètre par mois! Facile à planter, l'« Ananambo » ou *Moringa oleifera* est très répandu dans cinq régions de Madagascar (Haute Matsiatra, Atsimo Andrefana, Boina, DIANA et Atsinanana).

#### 5.1.5. Préparation culinaire des feuilles

Les feuilles sont consommées en accompagnement du riz. Elles peuvent être cuites à l'eau (ro mazava), ou mélangées avec de la viande ou du poisson. En général, la cuisson ne dépasse pas 30 minutes.

## 5.2. La papaye (LASSOUDIERE et al, 1968)

### 5.2.1. Historique

La papaye est le fruit du papayer : *Carica papaya* L. Le papayer est originaire d'Amérique tropicale. Il a été décrit pour la première fois par OVIEDO vers 1515-1525 (région de Panama) sous le nom indigène de « olocoton ». Il semble selon divers auteurs que le papayer se soit propagé par la Polynésie (époque précolombienne) puis les Phillipines, l'Inde et ensuite la côte orientale de l'Afrique et Madagascar.

### 5.2.2. Systématique

Classification selon International Code of Botanical Nomenclature (ICBN) (JUDD et al, 1999)

Règne	: Chlorobionta
Embranchement	: Embryophyta
Sous-embranchement	: Tracheophytina
Classe	: Angiospermopsida
Super ordre	: Eurosids II
Ordre	: Brassicales
Famille	: Caricaceae
Genre	: <i>Carica</i>
Espèce	: <i>papaya</i>
Noms vernaculaires	: papaye, papay

### 5.2.3. Description botanique

*Carica papaya* est une plante de 3 à 10m de hauteur, un tronc en général sans branches latérales. Ce tronc porte des cicatrices foliaires très développées. La tige verticale se lignifie ; la racine est pivotante. Les feuilles sont palmatilobées (7 lobes ou 9 lobes), mais ces plantes à l'état jeune présentent des feuilles simples ou à quelques lobes.

Le fruit est une baie à pulpe jaune rougeâtre très parfumée. Les graines sont enrobées dans une masse gélatineuse. Ces arbres sont soit monoïques, soit dioïques, soit hermaphrodites.





Source : auteur

Figure 3 : Le papayer et ses fruits

#### 5.2.4. Ecologie

Le papayer est une plante exigeant un climat chaud à pluviométrie abondante (2000mm/an), des sols drainant bien, riches en éléments fertilisants (azote, potassium, phosphore...). L'irrigation dans les régions à saison sèche accentuée est nécessaire. Mis à part quelques cas de bouturage (en Afrique), la multiplication se fait par semis. La production d'un papayer dure 22 à 24 mois. Chaque plante produit entre 10 à 40 fruits par an selon la variété cultivée. Ainsi la papaye est abondante dans les régions côtières du nord et de l'est de Madagascar où elle existe toute l'année. Sur les hauts plateaux, le papayer pousse dans la région de l'Itasy. Plusieurs maladies affectent la plante : les viroses transmises par les pucerons, les maladies fongiques causées par les *Phytophthora*, *Pythium*..., la pourriture des fruits mûrs sont très fréquentes en particulier l'anthracnose causée par les *Colletotrichum* [5].

#### 5.2.5. Utilisation des fruits

Le fruit encore vert est consommé sous forme de crudités surtout dans les régions côtières. Le fruit mûr, riche en vitamines, est consommé frais ou en salade de fruits. Les jus,

les confitures, les gelées et fruits au sirop sont présents sur le marché local. La pâte de papaye est rare mais une unité de production, l'Arche de Noe, en produit à des fins d'exportation.

### 5.3. Le tamarin (RAJERISON, 1981)

#### 5.3.1. Historique

Le tamarin est originaire d'Inde et de l'Afrique tropicale. Il est attesté dans l'île (Madagascar) dès 1711. Ce fruit, est en forme de gousses marron. Il est utilisé dans la fabrication des pâtes de fruits, des confitures et gelées et surtout de jus.

#### 5.3.2. Systématique

Classification selon International Code of Botanical Nomenclature (ICBN) (JUDD et al, 1999)

Règne	: Chlorobionta
Embranchement	: Embryophyta
Sous-embranchement	: Tracheophytina
Classe	: Angiospermopsida
Super ordre	: Eurosids I
Ordre	: Fabales
Famille	: Fabaceae
Sous famille	: Caesalpinioideae
Tribu	: Detarieae
Genre	: <i>Tamarindus</i>
Espèce	: <i>indica</i>
Noms vernaculaires	: tamarin, kily, voamadilo

#### 5.3.3. Description botanique

*Tamarindus indica* est un arbre tropical à feuillage persistant de la famille des césalpiniacées pouvant mesurer 25 m de haut. Son bois extrêmement dur est utilisé en ébénisterie. Ses fleurs jaune pâle, disposées en racèmes terminaux pendants, possèdent un calice en quatre parties, cinq pétales, trois étamines fertiles, et un pistil unique. Son fruit est une gousse fuselée contenant de nombreuses graines, indéhiscence (qui reste fermée à maturité) [1].





Figure 4 : Fruits du tamarinier

#### 5.3.4. Ecologie

Le tamarinier est largement cultivé dans les régions tropicales des deux hémisphères pour ses qualités ornementales et pour ses fruits acides. Le tamarin est présent du nord au sud de l'île où il résiste à la sécheresse et réussit mal dans les régions pluvieuses. Les ennemis du tamarinier sont surtout *Tamarindi mustappa* qui provoque des taches foliaires, *Aspergillus flavus* ayant un pouvoir pathogène pour l'arbre, mais aussi la fumazine et l'antracnose. La période de fructification est de Juin à Août et de Novembre à Février. Cependant on peut toujours trouver des tamarins sans coques sur le marché au cours de l'année.

#### 5.3.5. Utilisation des fruits

Les fruits en forme de gousses marron sont une friandise prisée surtout des jeunes à Madagascar. La pulpe est sucée nature, avec du sel fin ou du piment rouge en poudre. Elle est également utilisée pour faire de la pâte de fruits, bien sucrée cette fois. Son jus est délicieux et bien rafraîchissant, surtout servi sur les côtes malgaches. Le tamarin est commercialisé sous de nombreuses formes : gousses entières ou pulpe compactée (pure ou avec les graines), séchée, concentrée...

# MATERIELS ET METHODES

## **I. ANALYSES NUTRITIONNELLES**

### **1.1. Les matières premières**

Les fruits utilisés dans la fabrication des pâtes de fruit doivent être de bonne qualité afin de garantir un produit fini de bonne qualité. Cependant, l'achat des matières premières dépend de leur disponibilité sur le marché. La saison de récolte des tamarins étant en novembre- décembre, il nous a été difficile de trouver les fruits vendus avec leurs coques.

#### **1.1.1. La papaye**

Les papayes mûres sont achetées au marché urbain d'Anosibe.

#### **1.1.2. Le tamarin**

Le tamarin est celui vendu en forme de boule au marché, sans coque mais bien sec et ne comportant pas d'insectes comme les poux de riz.

#### **1.1.3. Le sucre**

Le sucre acheté est le saccharose commercial vendu en vrac.

#### **1.1.4. Le citron**

Les citrons utilisés dans la fabrication des pâtes de fruit sont bien mûrs et surtout très juteux.

#### **1.1.5. L'ananambo**

Les feuilles sont récoltées à Antsiranana et sont transportées par avion ou par voie terrestre dans des sacs de riz. Elles sont séchées, broyées et tamisées, puis stockées dans des bocaux.

### **1.2. La matière transformée**

#### **1.2.1. La pâte de papaye**

La transformation des matières premières utilisées suit le diagramme de fabrication présenté ci-après :

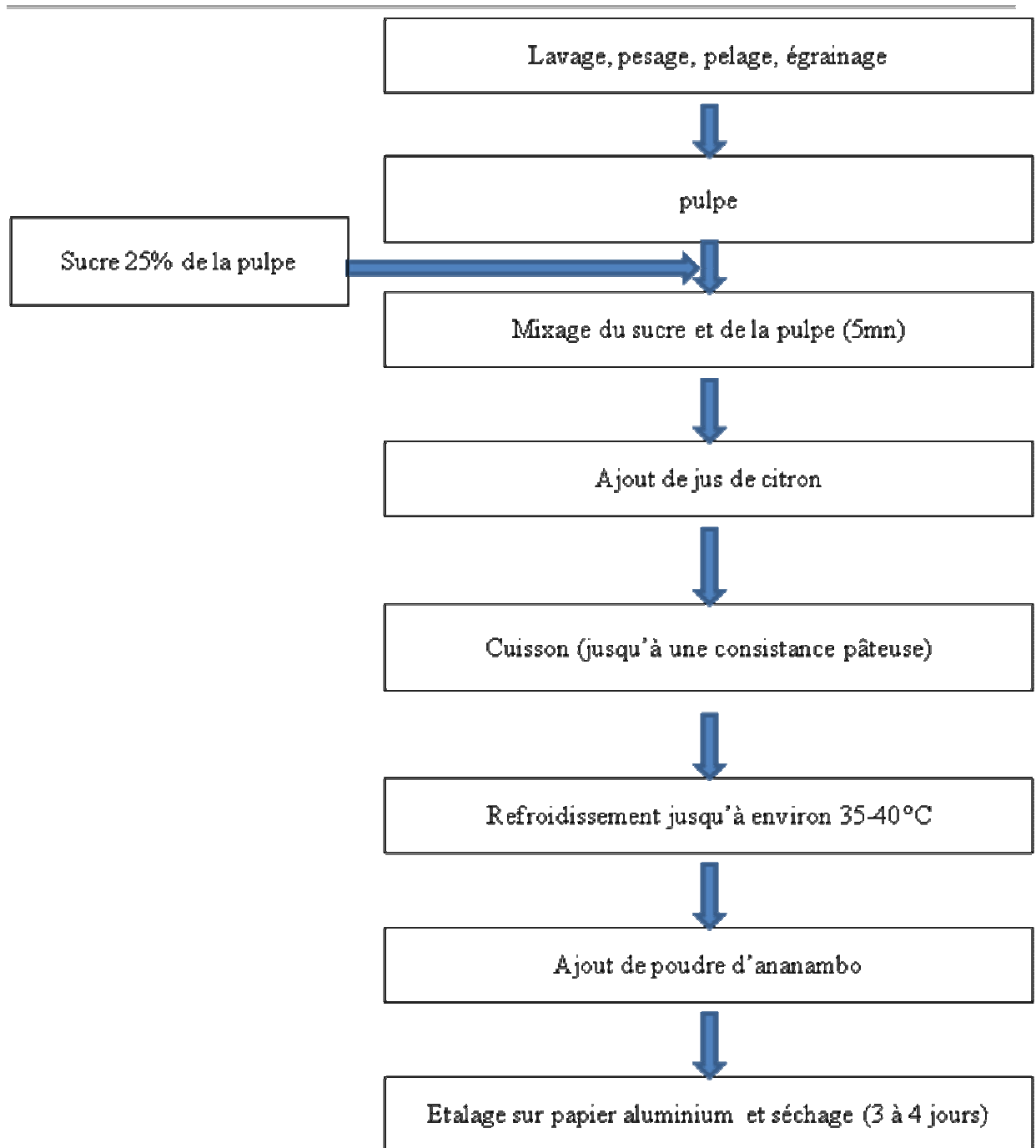
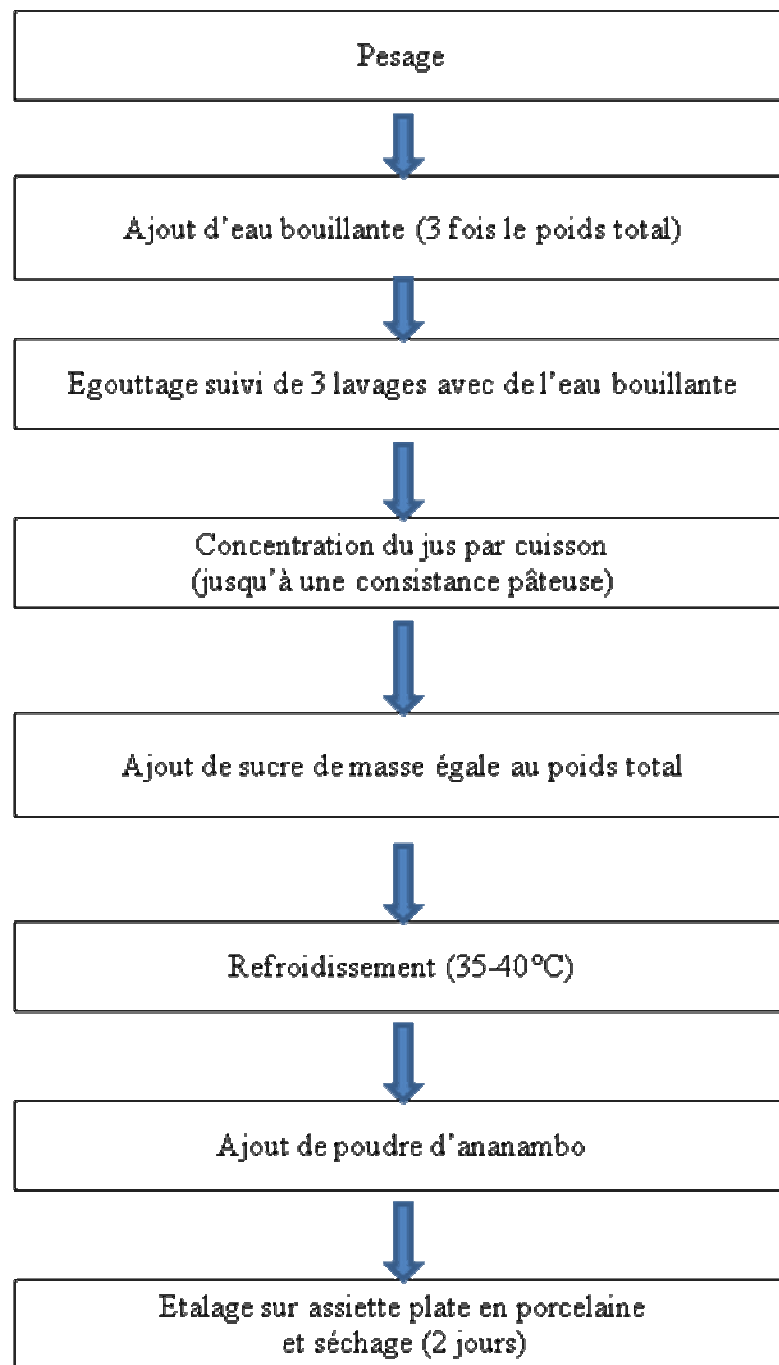


Figure 5 : Diagramme de fabrication de la pâte de papaye.

### 1.2.2. La pâte de tamarin

Le processus utilisé pour la préparation de la pâte de tamarin est différent de celui utilisé pour la papaye à cause de la différence dans l'extraction de la pulpe pour ces deux fruits.

Dans le cas du tamarin, le procédé de fabrication se présente comme suit :



\*L'ajout d'eau chaude facilite l'extraction de la pulpe de tamarin

Figure 6 : Diagramme de fabrication de la pâte de tamarin

### 1.2.3. Choix des produits finis

Les produits finis qui sont les pâtes de fruits additionnées de poudre d'ananas (PA) sont choisis dans une gamme de concentration croissante en PA. Les différentes pâtes sont goûtées une à une de la concentration la plus basse à la concentration la plus forte tolérable.

### **1.3. Echantillonnage et préparation des extraits bruts pour analyse**

Les pâtes de fruits additionnées de poudre de feuilles d'ananas bien séchées sont découpées en petits dés de 2x2 cm dans le cas de la pâte de papaye et mis en sachet de 1x5 cm dans le cas de la pâte de tamarin.

100g d'échantillon de produits sont broyés au mortier en présence de 400ml d'eau distillée. Le broyat est homogénéisé sous agitation continue pendant 1 heure puis macéré pendant 1 nuit à 4°C. Le mélange est ensuite centrifugé pendant 15 minutes. Le surnageant récupéré constitue l'extrait brut.

### **1.4. Analyse des différents échantillons**

Les échantillons analysés sont les matières premières, les produits transformés et les produits finis issus des résultats des analyses sensorielles.

#### **1.4.1. Humidité (AUDIGIE et al, 1982)**

La méthode utilisée est celle de GUILBOT.

##### ***1.4.1.1. Principe***

L'eau existe sous deux formes dans les aliments: eau libre et eau liée. Cette dernière est fixée plus ou moins fortement. La méthode utilisée pour déterminer l'humidité des échantillons est une dessiccation à 103°C. L'humidité est l'eau perdue lors de la dessiccation.

##### ***1.4.1.2. Mode opératoire***

Une quantité bien déterminée de produit est mise dans une capsule de poids connu puis soumise à une température de 103°C dans une étuve.

Des pesages sont effectués à intervalles de temps réguliers jusqu'à ce que le poids soit constant, les pesages étant toujours précédés de refroidissement.

#### 1.4.1.3. Mode de calcul

L'humidité (H%) exprimée en grammes pour cent grammes de produit est donnée par la formule :

$$H\% = \frac{M - m}{M - m_0} \times 100$$

*Légendes :*

$m_0$  : le poids de la capsule vide (g)

$m$  : le poids de la capsule et de l'échantillon après séchage (g)

$M$  : le poids de la capsule et de l'échantillon avant séchage (g)

#### 1.4.2 Mesure du pH

Le pH d'une solution aqueuse de l'échantillon est mesuré au moyen d'un pH-mètre. 20g de broyat additionné de 80ml d'eau distillée sont introduits dans un bécher puis homogénéisé sous agitation magnétique. Le mélange est laissé décanter pendant 1 heure puis le pH est mesuré.

#### 1.4.3. Détermination de la teneur en lipides totaux (WOLFF, 1991)

Une détermination de la teneur en lipides totaux a été effectuée selon la méthode de SAUVANT.

##### 1.4.3.1. Principe

Les lipides sont solubles dans certains solvants organiques dits apolaires. Leur extraction peut alors être effectuée avec l'hexane.

##### 1.4.3.2. Mode opératoire

10g de poudre sont introduits dans une cartouche à extraction exempte de matières grasses et recouverte d'un tampon de coton dégraissé. La cartouche est placée dans un extracteur « soxhlet ». L'extraction se fait pendant 12h avec du solvant polaire n-hexane qui est versé dans un ballon sec muni de quelques billes de verre et préalablement taré. Le tout est placé dans un ballon réglé à 45°C.

Après l'extraction, le solvant est éliminé à l'aide d'un évaporateur rotatif avec un bain thermostaté, puis le résidu est séché quelques minutes dans une étuve à 130°C. Après refroidissement dans un dessiccateur, le ballon est pesé.

#### **1.4.3.3. Mode de calcul**

La quantité de lipides contenue dans les 10g de produit est la différence entre le poids du ballon vide et son poids avec les lipides c'est-à-dire après l'extraction et l'élimination du solvant. La teneur en lipides est obtenue à partir de la formule suivante:

$$MG\% = \frac{m_2 - m_1}{m_0} \times 100$$

MG% : teneur en matière grasse (g pour 100g d'échantillon)

$m_0$  : masse de la prise d'essai (g)

$m_1$  : masse du ballon et des billes (g)

$m_2$  : masse du ballon et des billes avec la matière grasse (g)

#### **1.4.4. Détermination de la teneur en protéines totales**

La méthode utilisée est celle de KJELDHAL (ADRIAN et al, 1991)

##### **1.4.4.1.. Principe**

La méthode de KJELDAHL consiste à un dosage indirect des protéines par le dosage de l'azote, sachant que la quantité de protéines est de 6.25 fois celle de l'azote protéique.

##### **1.4.4.2. Mode opératoire**

0.50g de produit est introduit dans un matras. 10 ml d'acide sulfurique concentré et 0.7 g de catalyseur y sont ajoutés. La minéralisation se fait dans un digesteur pendant au moins 3h. Elle est achevée lorsque la solution devient limpide. Le minéralisat ainsi que l'eau de rinçage du matras sont transvasés dans le tube du distillateur pour la distillation. Un bécher de 250 ml contenant 10 ml d'acide borique 4% ainsi que 2 gouttes de réactif de Tashiro est placé au dessous du tuyau évacuateur du distillat.



Le distillat recueilli dans le mélange d'acide borique et réactif de Tashiro est titré par l' $\text{H}_2\text{SO}_4$  à 0,1N jusqu'au virage de couleur violet clair. Le volume de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  nécessaire pour le dosage est noté.

#### 1.4.4.3. Mode de calcul

La teneur en azote total (N%) est donnée par la formule suivante :

$$N\% = \frac{(V_0 - V_1) \times T \times 0,014}{m} \times 100$$

Avec :

N% : Teneur en azote total exprimée en g pour 100g de matière brute

$V_0$  : Volume en ml de solution de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  utilisée pour un essai à blanc

$V_1$  : Volume en ml de solution de utilisée lors de la titration

T : Normalité de la solution de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  utilisée

m : Masse en g de la prise d'essai

La teneur en protéines totales (P%) est donnée par la formule suivante (GODON & LOISEL, 1991) :

$$P\% = N\% \times 6,25$$

Avec : 6,25 : Facteur de conversion

**1.4.5. Dosage des protéines solubles par la méthode de Folin-Lowry (LOWRY et al, 1951)**

##### 1.4.5.1. Principe

En milieu alcalin, les protéines traitées par le cuivre donnent une coloration pourpre. Cette coloration est due à la présence des liaisons peptidiques qui forment des complexes avec des sels de cuivre (réaction de Biuret).

Le réactif de Folin-Ciocalteu (acide phosphomolybdique et phosphotungstique) en présence de ce complexe est réduit en un autre complexe de bleu de molybdène de couleur bleu violacé. Cette coloration est due aux groupements oxydés des acides aminés constitutifs, principalement des groupements phénoliques du tryptophane et de la tyrosine. L'intensité de coloration dépend de la quantité d'acides aminés contenus dans les protéines. Elle est mesurée au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 750nm.

**1.4.5.2. Mode opératoire**

La mesure de l'intensité de coloration a permis de doser la quantité de protéine d'extrait donné par référence à une courbe étalon obtenue à partir d'une gamme étalon de sérum albumine bovine (SAB) de concentration variant de 0 à 1g/l.

**Tableau 1** : Construction d'une gamme étalon de SAB

Tube n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Solution de SAB 0,2g/l (ml)	-	0,1	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	-	-
Solution de SAB 1g/l (ml)	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	0,20
Solution de NaCl 9‰	0,5	0,4	0,35	0,30	0,25	0,20	0,10	-	0,35	0,30

Chaque tube reçoit 3ml de réactif D (réactif cupro-alcalin). (Annexe 8)

Après une attente de 10mn, 0,15ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué deux fois avec de l'eau distillée (V/V) est ajouté à chaque tube. Après 30mn, l'absorbance de chaque tube est lue au spectrophotomètre à 750nm.

**Tableau 2** : Dosage des protéines solubles des extraits

Tube n°	1	2	3	4	5	6	7
Extrait dilué 80 fois (ml)	0	0,15	0,15	0,30	0,30	0,40	0,40
NaCl 9‰ (ml)	0,5	0,35	0,35	0,20	0,20	0,10	0,10

Chaque tube reçoit 3ml de réactif D (réactif cupro-alcalin). (Annexe 8)

Après une attente de 10mn, 0,15ml de réactif de Folin-Ciocalteu dilué deux fois avec de l'eau distillée (V/V) est ajouté à chaque tube. Après 30mn, l'absorbance de chaque tube est lue au spectrophotomètre à 750nm.

#### **1.4.6. Détermination de la composition en acides aminés**

Cette étude est réalisée selon deux étapes distinctes : hydrolyse acide et chromatographie sur couche mince des hydrolysats acides

##### **1.4.6.1. Hydrolyse acide**

###### ***a- Principe :***

L'hydrolyse acide de l'extrait, à chaud, rompt les liaisons peptidiques et libère les acides aminés constitutifs des protéines. Ce procédé détruit le tryptophane (LORIENT, 1981).

###### ***b- Mode opératoire :***

1ml d'extrait avec 1ml HCl 6N est mis dans un tube d'hydrolyse fermé hermétiquement. Le tout est placé dans un digesteur à 110°C pendant 72h. Le tube est ensuite ouvert puis l'acide est éliminé par maintien sous vide de l'hydrolysate pendant une semaine, dans un dessiccateur. Enfin le résidu est repris par 0,1ml d'eau distillée (RELYVELD et al, 1980)

##### **1.4.6.2. Chromatographie sur couche mince**

###### ***a- Principe :***

Elle consiste à séparer les différentes substances en utilisant leur partage entre 2 phases qui conditionnent leur migration : l'une est une phase aqueuse du solvant fixe ou stationnaire formée par le gel de silice, l'autre mobile ou solvant de migration qui monte le long de la plaque par capillarité à travers le gel de silice et se propage dans la direction ascendante en entraînant les acides aminés suivant leur solubilité dans le solvant. Les taches sur les chromatogrammes sont révélées par la ninhydrine. La détermination des acides aminés constitutifs est faite en comparant les références frontales (Rf) des acides aminés et les échantillons à analyser sur une même plaque (ROUESSAC & ROUESSAC, 1994).

La Rf est donnée par la formule suivante :

$$Rf = \frac{d}{D}$$

Avec :

d: distance parcourue par la substance

D : distance parcourue par la phase mobile

### ***b- Mode opératoire***

#### ***b<sub>1</sub>- Préparation de la plaque***

Les acides aminés témoins et les hydrolysats sont déposés au moyen de capillaire sur la plaque suivant les mesures suivantes : une ligne horizontale est tracée à 1,5cm du bord inférieur de la plaque, constituant ainsi la ligne de dépôt des hydrolysats et des acides aminés qui sont déposés à partir de 1cm. Une ligne horizontale à 1cm du bord supérieur de la plaque représente le front de migration des plaques. Chaque dépôt est séché à l'aide d'un séchoir (BERTHILLIER, 1972).

#### ***b<sub>2</sub>- Développement du chromatogramme***

Le solvant butanol/acide acétique/eau distillée (BAE) dans un rapport de 6/2/2 (V/V/V) est mélangé dans une ampoule à décanter en agitant énergiquement. Le mélange est laissé au repos jusqu'à l'obtention de 2 phases : la phase supérieure, constituée de butanol et acide acétique saturés d'eau, est versée dans une cuve à chromatographie tandis que la phase inférieure, constituée d'eau et acide acétique saturés de butanol, est versée dans un béccher déposé dans la cuve et sert à saturer le milieu. La cuve est saturée par le solvant pendant 1h.

La plaque est introduite de façon à ce que le solvant de migration ne touche pas la ligne de dépôt. La migration ascendante est arrêtée lorsque le solvant atteint la ligne horizontale supérieure. Le chromatogramme est retiré de la cuve puis séché.

#### ***b<sub>3</sub>- Révélation des taches***

La plaque séchée est pulvérisée par la solution de ninhydrine 0,2% dans l'acétone. Après quelques minutes de séchage à l'air chaud de la plaque pulvérisée, des taches colorées en rouge violacée apparaissent. La ninhydrine donne une coloration rouge violacée avec l'ammoniac et toutes les amines après une réaction à chaud, 95°C pendant 15 minutes (LOISELEUR, 1963).

#### 1.4.7. Détermination de la teneur en glucides totaux

Les glucides constituent le groupe de composés organiques les plus abondants dans la nature. Ils constituent une part importante dans l'alimentation de l'homme et de nombreux animaux. Dans les organismes vivants, ils sont à la fois des éléments structuraux et des réserves d'énergies.

La teneur en glucides totaux est donnée par la relation suivante :

$$G\% = 100 - [P + L + C + H]$$

Avec :

G : teneur en glucides totaux en %

P : teneur en protéines totales en %

L : teneur en lipides totaux en %

C : teneur en cendres brutes en %

H : Humidité ou teneur en eau en %

#### 1.4.8. Détermination de la teneur en sucres simples par la méthode à l'anthrone

La méthode utilisée pour le dosage des sucres simples est la méthode de dosage colorimétrique décrite par RAHANDRAHA et Coll (1963) dérivée de celle de DREYWOOD (1946) (DREYWOOD, 1946 ; RAHANDRAHA et al 1963).

##### 1.4.8.1. Principe

Sous l'action des acides concentrés à chaud, les glucides se dégradent en dérivés furfural. Ces dérivés furfural, condensés avec l'anthrone, donnent une coloration verte dont l'intensité varie proportionnellement avec la quantité de sucres simples en solution. L'absorbance est mesurée au spectrophotomètre à 625 nm.

##### 1.4.8.2. Mode opératoire

0,1ml de chacun des extraits bruts préalablement dilués avec l'acide acétique à 50% (dilution de 1/100 et 1/200) est additionné de 0,9ml d'acide acétique 50%. 4ml de réactif à l'anthrone sont versés goutte à goutte dans les tubes tout en agitant vigoureusement, puis les tubes sont portés immédiatement au bain-marie à 65°C pendant 20 mn. Pour arrêter la réaction, les tubes sont refroidis dans un bain de glace puis laissés revenir à la température ambiante à l'obscurité pendant 30mn. L'absorbance est mesurée au spectrophotomètre à

625nm. La gamme étalon utilisée est celle ayant une concentration variant de 0 à 50µg/ml de glucose dans l'acide acétique.

#### **1.4.9. Détermination de la teneur en fibres**

**1.4.9.1 Dosage de la lignocellulose ou insoluble formique par la méthode de Guillemet** (MULTON, 1991)

##### ***a- Principe***

La méthode est basée sur l'insolubilité de la cellulose, de la lignine et des faibles quantités de sels minéraux dans l'acide formique à 80% porté à l'ébullition. Après la filtration, il ne reste qu'un résidu formique correspondant à la cellulose et à la lignine. Les matières minérales ayant été déterminées par calcination.

##### ***b- Mode opératoire***

1g d'échantillon et 50ml de la solution d'acide formique à 80% sont mélangés dans un ballon. Le tout est porté à ébullition au bain-marie à 100°C pendant 75mn. Après refroidissement, la préparation est filtrée. Le résidu est séché, pesé (soit M'1 sa masse) puis incinéré dans un four à moufle à 600°C pendant 30mn. La cendre obtenue est pesée (soit M'2 sa masse).

La teneur en lignocellulose ou insoluble formique IF est donnée par la relation suivante :

$$IF\% = (M'1 - M'2) \times 100$$

IF% : teneur en insoluble formique (g pour 100g d'échantillon)

#### **1.4.9.2. Dosage de l'acide pectique**

##### ***a- Principe***

Il consiste à la purification de l'échantillon par précipitation alcoolique, puis détermination de la teneur en acide pectique par des réactions de saponification suivie de précipitation (MULTON, 1991).

##### ***b- Mode opératoire***

3g d'échantillon et 50 ml d'éthanol 40% sont introduits dans un erlenmeyer. Le tout est laissé au repos pendant une heure puis agité, le volume est ramené à 100ml avec de l'éthanol à 40% puis homogénéisé. Après filtration, le résidu est repris par 150ml de solution

NaOH 10%, puis l'ensemble est porté à ébullition pendant 30mn et filtré. Le résidu est ensuite repris de nouveau par 150 ml de HCl à 5N. Cette préparation est chauffée pendant 5mn à 100°C puis filtrée, séchée. La matière sèche est pesée ( $M''1$  sa masse), calcinée pendant 30mn dans un four à moufle à 600°C. La cendre ainsi obtenue est pesée ( $M''2$  sa masse). La teneur en acide pectique en g pour 100g d'échantillon :

$$AP\% = \frac{(M''1 - M''2) \times 100}{3}$$

AP% : teneur en acide pectique (g pour 100g d'échantillon)

#### 1.4.10. Dosage des éléments minéraux

##### 1.4.10.1. Teneur en cendres brutes (DEFRANCESHI, 1990)

###### *a- Principe*

Les cendres brutes sont obtenues par incinération des matières organiques à 550°C. Elles contiennent tous les éléments minéraux.

###### *b- Mode opératoire*

La capsule d'incinération vide étant pesée, 5g d'échantillon sont ajoutés et la capsule est soumise à la température de 550°C dans un four à moufle pendant 4 à 5h. Après incinération, la capsule contenant les cendres est refroidie puis pesée.

###### *c- Calculs*

La proportion des cendres brutes est obtenue à partir de la formule :

$$C\% = \frac{m1 - m2}{m0} \times 100$$

Avec

- $m0$  : masse en g de la capsule vide
- $m1$  : masse en g de la capsule + échantillon avant incinération
- $m2$  : masse en g de la capsule+ cendres après incinération
- C% : teneur en cendres brutes

**1.4.10.2. Dosage des éléments minéraux (LAURENT, 1991)*****a- Mise en solution******a<sub>1</sub>- Principe***

Une fois obtenue, les cendres de l'aliment sont mises en solution avec de l'acide chlorhydrique concentré pour l'extraction des éléments minéraux.

***a<sub>2</sub>- Mode opératoire***

Dans un creuset en porcelaine, les cendres sont mélangées avec 2ml d'HCl concentré. Le tout est mis sur une plaque chauffante jusqu'à obtention d'un résidu de sel soluble de couleur jaunâtre. 5ml d'acide nitrique 2N sont ensuite ajoutés pour la dissolution du résidu. Le mélange est homogénéisé avec de l'eau chaude. La solution est transvasée par filtration dans une fiole jaugée de 50ml, le rajout d'eau chaude est nécessaire jusqu'à environ 40ml. Le tout est ajusté au trait de jauge avec de l'eau distillée, après agitation la solution mère est prête.

Afin de faciliter la lecture au spectrophotomètre des dilutions en cascade de 1/10, 1/100, 1/1000 sont effectuées.

***b- Dosage de Ca, Na, K et Mg***

La méthode physique de spectrophotométrie d'absorption atomique est utilisée pour ces dosages.

***b<sub>1</sub>- Principe***

Les atomes neutres sont excités par une flamme et absorbent de l'énergie extérieure, apportée par des photons à la fréquence de certaines raies propres à l'élément considéré. Le nombre d'atomes libres est fonction de la concentration de ces éléments dans la solution à doser. L'absorption suit la loi de Beer Lambert.

$$DO = \log \frac{I_0}{I} \times W \times C$$

Avec :     I<sub>0</sub> : intensité à l'entrée  
           DO : densité optique  
           W : coefficient d'absorption atomique  
           C : concentration de l'échantillon  
           I : intensité à la sortie



***b<sub>2</sub>- Lecture***

Les solutions seront mises en lecture au moyen d'un spectromètre d'absorption atomique de façon à ce que la lecture commence par la plus concentrée. Les longueurs d'onde sont respectivement :

- Na à 582 nm
- Ca à 422,7 nm
- K à 766,5 nm
- Mg à 285,2 nm

***b<sub>3</sub>- Mode de calcul***

La teneur en Na, Ca, K et Mg est obtenue par la formule suivante :

$$T = (L \times Fd) \times 10$$

Avec :

T : teneur en ppm (mg/l) des minéraux

L : lecture en µg/ml des solutions à doser

Fd : facteur de dilution utilisé pour la lecture

***c- Dosage du phosphore******c<sub>1</sub>- Principe***

C'est une méthode colorimétrique du complexe phosphovanadomolybdique provenant de la réduction du molybdate d'ammonium sous l'action de métavanadate d'ammonium. Les densités optiques sont lues à 660 nm et la quantité de phosphore est donnée par la relation :

$$P\% = \frac{n \times 100}{10^6 \times Pe \times Pa}$$

P% : teneur en phosphore dans 100g d'échantillon

n : µg/ml de phosphore lu sur la courbe étalon

Pe : prise d'essai en ml pour le dosage colorimétrique

Pa : masse en g de l'échantillon minéral

**c<sub>2</sub>- Mode opératoire**

La solution diluée au 1/10 est prise comme solution mère pour le dosage du phosphore. A 1ml de cette solution sont ajoutés 6ml d'eau distillée, 2ml de molybdate et 1ml de chlorure d'étain (SnCl<sub>2</sub>).

L'essai à blanc est composé de 7ml d'eau distillée, 2ml de molybdate et 1ml de SnCl<sub>2</sub>. La lecture se fait au spectromètre à 660nm.

**1.4.11. Détermination de la valeur énergétique globale des échantillons**

La combustion des nutriments ingérés libère de l'énergie sous forme de calories. La valeur énergétique d'un aliment se calcule en multipliant la teneur de chaque macronutriment par l'indice d'Atwater (AFNOR, 1989). La valeur de cet indice est répartie comme suit :

- 1g de glucide apporte 4 Kcal
- 1g de protéine libère 4 kcal
- 1g de lipide fournit 9 Kcal

Ainsi, la formule suivante permet d'avoir la valeur énergétique de l'échantillon à analyser :

$$VE = (G \times 4) + (P \times 4) + (L \times 9)$$

Avec :

VE : valeur énergétique en Kcal

G : teneur en glucides totaux en %

P : teneur en protéines totales en %

L : teneur en lipides totaux en %

**1.4.12. Etude des facteurs antinutritionnels****1.4.12.1. Préparation des différents extraits****a. Macération aqueuse**

1g d'échantillon est mis en suspension dans 10ml d'eau distillée, puis le mélange est laissé au repos une nuit à 4°C. Après filtration on obtient l'extrait aqueux.

### **b. Macération hydroalcoolique**

1g d'échantillon est additionné d'alcool 80°, le mélange est macéré pendant une nuit. L'extrait hydroalcoolique est obtenu après filtration.

### **c. Macération acide**

1g d'échantillon est macéré dans 5ml de HCl 12% pendant une nuit. Le mélange est filtré et le filtrat constitue l'extrait acide.

#### **1.4.12.2. Détermination des familles chimiques (DELORT-LAVAL, 1981)**

##### **a- Les tanins et polyphénols**

L'extrait aqueux est chauffé puis réparti dans 4 tubes à essais dont le premier servira de témoin et les trois autres pour les tests suivants :

- Test à la gélatine à 1%

4 gouttes de gélatine à 1% dans l'eau distillée sont versées dans le deuxième tube. L'apparition de précipité indique la présence de polyphénols dans l'extrait à analyser.

- Test à la gélatine salée (gélatine 1% dans du NaCl 10%)

Après addition de 4 gouttes de gélatine salée dans le troisième tube, l'apparition de précipité traduit la présence de tanins dans l'extrait testé.

- Test au chlorure ferrique

4 gouttes de chlorure ferrique 10% en solution méthanolique sont mélangées avec l'extrait aqueux du quatrième tube. Si une coloration bleue verdâtre apparaît, il y a présence de tanins condensés ; tandis qu'une coloration noire bleuâtre indique la présence de tanin hydrolysable dans l'extrait testé.

##### **b- Les saponines**

Des tubes à essais de 1cm de diamètre sont remplis de 1ml d'extrait aqueux chacun, puis ces tubes sont agités vigoureusement. Lorsqu'une mousse de 3cm de hauteur ou plus apparaît et persiste pendant 30mn dans tous les tubes, il y a présence de saponines dans l'extrait testé.

### **c- Les composés cyanogénétiques**

3g de poudre sont humectées d'eau puis additionnées de 3 gouttes de chloroforme. Une bande de papier filtre saturée d'acide picrique puis imprégnée de carbonate de soude est placée dans le tube à essai sans contact avec la matière végétale. Après un chauffage de 15mn à 45°C, si la bande de papier est colorée en rouge brique cela indique la présence de composés cyanogénétiques dans l'échantillon testé.

### **d- Les flavonoïdes: test de Wilstater**

1ml d'extrait hydroalcoolique est additionné de 0,5ml de HCl concentré et quelques tournures de magnésium. On observe une effervescence et après 10mn, l'apparition d'une coloration rouge indique la présence de flavones, si le mélange vire entre le rouge à pourpre il contient des flavonols ; la coloration rouge violacée traduit la présence de flavanols et de flavanones.

### **e- Les composés réducteurs**

1ml d'extrait hydroalcoolique auquel on a ajouté successivement 2 gouttes de liqueur de Fehling A et B, est chauffé pendant 15mn à 45°C. Un précipité rouge brique qui apparaît traduit la présence de composés réducteurs dans l'extrait testé.

### **f- Les anthracénosides**

3ml d'extrait hydroalcoolique est évaporé à sec puis récupéré par 1ml de soude 10%. La présence d'anthracénosides dans l'extrait est indiquée par la coloration en rouge du mélange.

### **g- Les alcaloïdes**

L'extrait acide est réparti dans 4 tubes à essais dont l'un sert de témoin. Dans les 3 derniers tubes sont ajoutés respectivement 5 gouttes de réactif de Wagner, 5 gouttes de réactif de Mayer et 5 gouttes de réactif de Dragendorff. Si le réactif de Wagner fait apparaître un précipité, les alcaloïdes sont présents dans l'extrait. L'existence d'alcaloïdes dans l'extrait est démontrée par l'apparition de précipité après addition de réactif de Mayer ou de réactif de Dragendorff.

---

## II. ANALYSES MICROBIOLOGIQUES (AFNOR, 2002)

### 2.1. Echantillonnage

L'échantillon analysé (pâte avec un maximum d'ananas) est représentatif du lot et le prélèvement respecte les précautions d'asepsie c'est-à-dire que tous les matériels de prélèvement ont été stérilisés. Il est transporté au laboratoire d'analyse dans des bocaux en verre stériles. Une fiche d'échantillonnage comportant le nom du manipulateur, le type et les caractéristiques du produit avec la mention de la date et l'heure de prélèvement accompagne chaque produit à analyser. Ce dernier subit des préparations.

### 2.2. Préparation de la suspension mère (NFV 08 002)

25g de l'échantillon à analyser sont mis en suspension dans 225g d'eau peptonée tamponnée (E.P.T) dans un sachet stérile. Le contenu du sachet est ensuite homogénéisé dans un stomacher.

### 2.3. Préparation des dilutions (NF V08-010)

Une dilution en cascade est effectuée à partir de la suspension mère. 1 ml de la suspension mère est introduit dans un tube stérile, puis additionné de 9 ml d'eau distillée, c'est la dilution  $10^{-1}$ . 1ml de ce mélange est ensuite versé dans un autre tube contenant 9ml de diluant. Cette solution correspond à la dilution  $10^{-2}$  et ainsi de suite jusqu'à la dilution finale. Ces dilutions sont utilisées dans le dénombrement des bactéries.

### 2.4. Dénombrement d'*Escherichia coli* (V 08 053)

Entérobactérie isolée par ESCHERICH en 1881, c'est un saprophyte normal du tube intestinal de l'homme et des animaux. Il est susceptible de devenir pathogène pour l'homme dans certaines conditions. Il est parmi l'agent responsable de septicémie, de diarrhée et aussi de dysenteries. Cette bactérie fait partie des germes indicateurs de contaminations fécales (MINOR & RICHARD, 1998)

#### 2.4.1. Principe

Le milieu EMB est sélectif pour *Escherichia coli* par la présence de colorants qui inhibent la croissance de toute la flore secondaire à Gram positif. Parmi les bactéries à Gram négatif, seul *Escherichia coli* produit des colonies vert noirâtres à reflets métalliques.

### **2.4.2. Mode opératoire**

2 boîtes de Pétri sont utilisées pour chaque dilution, l'ensemencement se fait en profondeur. 1 ml de l'inoculum est introduit dans chaque boîte, ensuite, la gélose en surfusion y est coulée. L'incubation s'effectue à 44 °C pendant 24h.

### **2.5. Recherche de *Salmonella* (V 08-052)**

Entérobactérie isolée par LOEFFLER en 1890, cette bactérie est un parasite pathogène redoutable de l'intestin de l'homme et des animaux (MURRAY et al, 1999). Pour le dénombrement de *Salmonella*, on se réfère à 25g d'échantillon.

#### **2.5.1. Préparation de l'échantillon**

Dans une bouteille stérile de 250 ml, 25g d'échantillon sont pesés et additionnés de 225 ml d'eau peptonée tamponnée. Le mélange est transvasé dans un sachet stérile et broyé dans un stomacher pendant 30 s. Cette solution constitue la suspension mère.

#### **2.5.2. Pré-enrichissement sur RAPPAPORT-VASSILIADIS**

Le bouillon de Rappaport-Vassiliadis est utilisé pour l'enrichissement sélectif des Salmonelles. Ces derniers peuvent s'y multiplier grâce à la présence de vert malachite et de chlorure de magnésium.

#### **2.5.3. Culture sur HEKTOEN ENTERIC AGAR**

##### **2.5.3.1. Principe**

Ce milieu solide de couleur marron rougeâtre est sélectif pour *Salmonella* par la présence de sels biliaires qui suppriment la croissance de germes indésirables. Le genre *Salmonella* produit des colonies bleu-verte après incubation à 37°C pendant 24h (LARPENT, 1997).

##### **2.5.3.2. Mode opératoire**

A l'aide d'une anse, l'inoculum est ensemencé en strie sur le milieu HEKTOEN contenu dans une boîte de Pétri.

---

## **2.6. Dénombrement des FAMT (NF V 08-060) (LEVRAL & VIERLING, 1997 ; MEYER et al, 1984)**

Dans la flore totale ou germe mésophile aérobies (à 30°C en général), on regroupe aussi bien les bactéries que les champignons.

Le dénombrement des germes totaux est réalisé car il constitue un indicateur de la qualité sanitaire d'un aliment. Il donne une idée de la qualité de germes présents naturellement dans le produit brut.

Les FAMT sont mises en évidence par une culture sur milieu Plate Count Agar (PCA).

### **2.6.1. Principe**

C'est un milieu sélectif utilisé pour la détermination du nombre total des germes mésophiles. Sa teneur en substances nutritives (glucose, peptone de caséine, extrait de levure) permet la culture de la majorité des microorganismes.

### **2.6.2. Mode opératoire**

1 ml de l'inoculum correspondant aux dilutions  $10^{-1}$  et  $10^{-2}$  est ensemencé en profondeur dans une boîte de Pétri. Il est réalisé en 2 exemplaires. L'incubation s'effectue pendant 72h à 30°C.

## **2.7. Dénombrement de *Staphylococcus aureus* (NF V 08- 057-1)**

Ce sont des bactéries appartenant à la famille des *Micrococcacea*. *Staphylococcus aureus* (Staphylocoques entéropathogènes) produit des entérotoxines thermostables responsables de toxi-infections alimentaires. Ce sont ces exotoxines qui provoquent une salivation importante ainsi que l'apparition de nausées et vomissements sans fièvre (LEVRAL & VIERLING, 1997).

### **2.7.1. Principe**

Le milieu solide Baird Parker, de couleur jaune est sélectif pour les Staphylocoques. En effet, la présence de chlorure de lithium, de tellurite, et la forte concentration en glycine inhibent la flore secondaire, tandis que le pyruvate et la glycine agissent comme accélérateurs sélectifs.

### **2.7.2. Mode opératoire**

1ml de l'inoculum est ensemencé en surface et incubé à 37°C pendant 24h..

## **2.8. Dénombrement de *Streptococcus faecalis* : Méthode interne selon Slanetz et Bartley**

(STANLEY et al, 1989)

C'est une bactérie découverte par Pasteur le 18 mars 1879. Elle est reconnue dans de nombreuses infections chez l'homme : plaies infectées, angines, sinusites, septicémies, fièvre puerpérale. Le milieu de Slanetz et Bartley est le milieu sélectif utilisé pour cette analyse.

### **2.8.1. Principe**

Ce milieu contient un critère de différenciation : le TTC (triphényltétrazolium) qui lors de sa réduction donne une coloration des colonies en rouge. Il contient de l'azide de sodium qui, d'une part inhibe la croissance des bactéries à Gram négatif et d'autre part sélectionne les Streptocoques.

### **2.8.2. Mode opératoire**

L'ensemencement de 1ml de l'inoculum se fait en surface. L'incubation se déroule pendant 24h et à 37°C.

## **2.9. Dénombrement des coliformes**

Ce sont des bactéries appartenant à la famille des Entérobactéries. Les coliformes permettent de mettre en évidence une contamination fécale, indicatrice de la présence de bactéries pathogènes.

### **2.9.1. Recherche des coliformes totaux (NF V 08-060)**

Ce sont des microorganismes d'altération, et leur présence traduit une recontamination après traitement thermique.

### **2.9.2. Recherche des coliformes fécaux (NF V 08-050)**

Les coliformes fécaux sont thermo-tolérants. Ils indiquent souvent une contamination fécale récente.

Les coliformes sont mis en évidence par une culture sur Violet Red Bile Lactose (VRBL).



### 2.9.2.1. Principe

Ce milieu est utilisé pour la recherche et la mise en évidence des coliformes. La bile et le vert brillant inhibent fortement la croissance de la flore secondaire indésirable dans la culture.

### 2.9.2.2. Mode opératoire

La culture s'effectue par un ensemencement en profondeur de 1ml de la suspension mère et des dilutions  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ .

La température d'incubation pour les coliformes totaux se situe à 30°C et celle des coliformes fécaux à 44°C pendant 24h.

## 2.10. Mode de calcul pour le cas d'un dénombrement (ISO 7218, mai 1996)

Le nombre total de colonies présentes dans l'unité d'échantillonnage est donné par la formule ci-dessous :

$$N = \frac{\sum c}{(n_1 + 0,1n_2) \times d} \times \frac{1}{V} \times \frac{V_{SM}}{V_{PR}}$$

Avec :

$n_1$  : nombre de boîtes comptées à la dilution retenue la plus faible.

$n_2$  : nombre de boîtes comptées à la seconde dilution retenue.

$d$  : facteur de dilution à partir duquel les premiers comptages sont réalisés : dilution la plus faible

$\sum c$  : nombre total de colonies sur les boîtes retenues

$V$  : volume de prise d'essai inoculé en ml

$V_{SM}$  : volume de la suspension mère en ml.

$V_{PR}$  : volume de produit (ml) ou masse de produit (g) ou surface de produit (cm<sup>2</sup>) ayant constitué la suspension mère.

### **III. ANALYSES SENSORIELLES**

L'analyse sensorielle ou évaluation sensorielle est une méthode utilisée pour décrire les sensations que les humains perçoivent avec leur 5 sens (ouïe, toucher, vue, odorat, goût) lors d'un contact avec un produit [7]. Cette méthode permet de décrire et analyser les caractéristiques organoleptiques des produits alimentaires.

Du point de vue physiologique, l'évaluation sensorielle est l'étude de la réaction d'un sujet à une stimulation extérieure, se manifestant par des phénomènes chimiques, neurologiques au niveau des organes des sens et au niveau du système nerveux. Les sujets peuvent alors qualifier et quantifier les sensations perçues après stimulation.

L'analyse sensorielle est une technologie dont l'objectif est de déterminer les propriétés organoleptiques des aliments : leurs activités sur les différents récepteurs sensoriels céphaliques stimulés avant et pendant leur ingestion.

Les pâtes de fruits mélangées à la poudre de feuilles d'Ananambo d'Antsiranana sont soumises à l'analyse sensorielle.

Les résultats sont traités avec Xlstat 6.0 et Excel.

#### **3.1. Jury de dégustation**

L'analyse sensorielle est effectuée par des jurys sélectionnés.

##### **3.1.1. Le choix du jury**

Les sujets ont été choisis parmi les étudiants de l'AEA en biochimie alimentaire selon les critères suivants :

- la notion et connaissance de l'évaluation sensorielle
- la sensibilité olfactive et gustative
- la capacité à discriminer qualitativement et quantitativement un stimulus
- l'aptitude à mémoriser et à décrire les perceptions

12 sujets sont retenus après qualification, ils sont entraînés à la quantification des perceptions.

### 3.1.2. Elaboration du panel de dégustation

L'élaboration du panel de dégustation passe par 2 tests :

- test de détermination des seuils de perception ou seuil de sensibilité des sujets et détermination du seuil de reconnaissance des sujets
- test d'évaluation du profil des sujets pour les 4 saveurs de base

#### 3.1.2.1. Détermination des seuils de perception et de reconnaissance

(SAUVAGEOT, 1982)

##### *a. Principe*

Les tests de détermination du seuil de perception ou de détection et de détermination du seuil d'identification consistent à connaître les performances des réponses gustatives de chaque juge selon leur sensibilité de perception pour les 4 saveurs de bases proposées. Il s'agit, dans le cas de la détermination du seuil de perception, de détecter la valeur quantitative la plus faible du stimulus permettant l'éveil d'une sensation. Le seuil de reconnaissance est la valeur quantitative la plus faible du stimulus sensoriel permettant d'identifier la sensation perçue. Les valeurs des seuils sont notées pour chaque sujet.

##### *b. Mode opératoire*

Différentes concentrations de solutions sont présentées aux sujets : des solutions d'acide citrique pour la saveur acide, de chlorhydrate de quinine pour la saveur amère, de chlorure de sodium pour la saveur salée, de saccharose pour la saveur sucrée. La préparation des solutions est indiquée dans l'annexe 1, ainsi que les concentrations des composés sapides.

Chacune des solutions est codée à 3 chiffres puis présentée de façon monadique aux sujets. Chaque sujet déguste à l'aide de cuillère la solution qui lui est présentée arbitrairement puis remplit le formulaire suivant le système de notation indiqué (annexe 1). Le rinçage de la bouche à l'eau distillée est nécessaire entre chaque dégustation pour éviter l'effet de report. Avant de passer d'une saveur à l'autre, un temps de pause est nécessaire afin d'éliminer la persistance de la saveur précédente. La dégustation s'arrête dès que le sujet reconnaît la saveur présentée.

### **3.1.2.2. Profil d'appréciation**

Le profil d'appréciation est une confirmation de la perception du sujet par l'estimation de la valeur hédonique, préférence ou réaction affective d'un sujet qui l'amène à trouver un produit meilleur que d'autres pour un goût donné (AFNOR, 1995).

Les solutions goûtées sont les solutions de dilution G1 à G6 (annexe 1). Plusieurs échantillons de même concentration peuvent être insérés.

Chaque sujet goûte l'échantillon proposé puis indique le nom de saveur perçue, donne une note de l'intensité du goût ainsi qu'une note d'appréciation (valeur hédonique ou Vh).

### **3.2. Analyse descriptive (AFNOR, 1995)**

L'évaluation d'une grandeur sensorielle complexe implique une méthodologie basée sur la recherche et la quantification des descripteurs appropriés. Cette méthodologie est appelée Epreuve Descriptive Quantitative (EDQ) ou Analyse Descriptive Quantitative (ADQ) qui se concrétise par l'établissement du profil sensoriel d'un produit. Le but est donc de décrire avec un minimum de mots et un maximum d'efficacité le produit à analyser de manière à lui donner une carte d'identité précise reproductible et compréhensible par tous. Cette description sera indépendante du groupe de sujets qui l'aura établi. Elle devra être comparable à d'autres analyses de ce type effectuées sur des produits de la même famille. La méthode servira à déterminer par le calcul les facteurs sensoriels d'une préférence mesurée indépendamment.

#### **3.2.1. Déroulement des séances**

Chaque échantillon est présenté de façon monadique et anonyme avec un code à 3 chiffres de façon à ne pas influencer les dégustateurs. Pour chaque produit, les sujets doivent faire une description à partir de 3 appréciations : avant dégustation (aspect, texture, odeur), pendant la dégustation (goût, texture en bouche), et après dégustation (arôme et arrière-goût).

Les sujets disposent de 10 minutes par échantillon pour réaliser la description en remplissant un formulaire. Les sujets travaillent individuellement. Entre chaque dégustation, les sujets sont invités à se rincer la bouche avec de l'eau minérale et à manger une portion de pomme pour neutraliser la bouche.

---

### **3.2.2. Recherche du plus grand nombre de descripteurs**

Il s'agit de décrire les propriétés caractéristiques de l'échantillon à l'aide de vocabulaire familier ou non. Ensuite, les termes sont générés après une discussion entre les sujets puis avec l'expérimentateur.

### **3.2.3 Premier tri (tri qualitatif)**

A partir de la liste obtenue, les termes synonymes (visqueux – épais...), les termes non pertinents (texture acide...) ainsi que les termes hédoniques (appétissant, bon...) sont supprimés.

### **3.2.4. Deuxième tri (tri quantitatif)**

Il s'agit de quantifier les descripteurs en ne prenant compte que ceux issus du premier tri. Chaque sujet redéguste les mêmes produits que précédemment et attribue à chaque descripteur une note sur une échelle de 1 à 9 selon l'intensité perçue. Lorsque le descripteur n'est pas perçu, la note attribuée est 1.

La réduction des descripteurs se fait par le calcul de la moyenne géométrique M de formule :

$$M = \sqrt{F \times I}$$

Avec F : nombre de citation du descripteur rapporté au nombre total de citations possibles pour le descripteur, et exprimé en pourcentage

I : rapport de la somme des intensités données par l'ensemble du jury pour un descripteur à la somme des intensités maximales possibles pour ce descripteur, exprimé en pourcentage.

### **3.2.5. Troisième tri (tri statistique)**

Les descripteurs doivent répondre aux critères de pertinence, précision, pouvoir discriminant. Ces descripteurs permettront de mettre en évidence les produits dans un profil sensoriel.

La pertinence d'un descripteur se traduit par son utilisation par un grand nombre de sujets pour un grand nombre de produit. Une matrice descripteur/produit est élaborée puis subit une Analyse en Composantes Principales (ACP).

Le pouvoir discriminant se traduit par la distance des descripteurs :

- angle  $<45^\circ$  : descripteurs synonymes
- angle  $180^\circ$  : descripteurs exclusifs ou contraires
- angle  $90^\circ$  : 2 descripteurs indépendants

### **3.2.6. Entraînement du jury à l'emploi de la liste réduite**

Les sujets sont entraînés à noter l'intensité de la perception correspondant au descripteur d'un même produit de la même manière. L'entraînement est jugé satisfaisant lorsque chaque sujet est répétable (écart-type faible pour des répétitions avec les mêmes échantillons).

### **3.2.7. Elaboration de profil**

Après entraînement, le jury peut avoir la fonction d'instrument de mesure et élaborer un profil. Les échantillons (pâtes de fruits) sont présentés de façon monadique pour la quantification des descripteurs préalablement générés afin d'obtenir le profil sensoriel des pâtes de fruits. Le profil de chaque échantillon est établi et après élimination des descripteurs non déterminants pour les quatre produits à l'aide d'une ANOVA, un profil des 4 échantillons est établi.

## **3.3. Epreuve hédonique**

Ce test est utilisé pour les problèmes relatifs à la préférence. Les consommateurs sont différents que ceux pour l'épreuve descriptive car ils doivent être naïfs.

Les tests d'acceptabilité ont été menés afin de connaître la pâte de fruit la plus appréciée parmi les 4 gammes de pâtes avec des concentrations croissantes d'ananambo. Les tests sont conduits séparément pour la pâte de papaye et la pâte de tamarin afin d'éliminer l'influence d'un produit sur l'autre.

Les échantillons de pâtes de fruits sont présentés de façon monadique et le sujet doit exprimer son avis sur le caractère agréable, sur une échelle de cotation de 1 à 9 en remplissant une fiche individuelle (annexe 2).

**RESULTATS**

---

## **I. ANALYSES NUTRITIONNELLES**

Les matières premières ainsi que les produits intermédiaires (pâtes de fruits sans poudre d'ananas) sont soumis aux différentes analyses.

Les produits finis ont été choisis dans la gamme à concentration croissante de poudre d'ananas (PA). Pour la pâte de papaye, la dose tolérable de poudre est de 2,4g pour 100g. Au-delà de cette limite, la couleur de la pâte devient trop verte et elle perd son appétibilité. Concernant la pâte de tamarin, la limite maximale tolérable au-delà de laquelle la pâte est estimée très sableuse par le goûteur est de 3,4g de poudre pour 100g.

4 concentrations décroissantes à partir de la limite maximale tolérable sont choisies à l'issue de ce test. L'intervalle estimé différentielle pour les pâtes est de 0,4g/100g. En effet, avec une variation de 0,4g de PA pour 100g de pâte de fruits, le changement a été décelable. La pâte de papaye fait exception pour le premier intervalle qui est de 0,5g/100g à cause de sa saveur sucrée.

Ainsi les 4 produits finis dérivés de la papaye sont les pâtes à 1,1g PA/100g, 1,5g PA/100g, 1,9g PA/100g et 2,4g/100g, ceux obtenus à partir du tamarin sont les pâtes à 2,2g PA/100g, 2,6g PA/100g, 3,0g PA/100g et 3,4g PA/100g.

Ce sont ces produits qui vont être soumis aux analyses sensorielles à l'issue desquelles une seule concentration sera considérée comme produit fini.

### **1.1. Humidité**

Les résultats de test d'humidité sont consignés dans le tableau 3. La teneur en matière sèche a été calculée à partir de la teneur en eau. Elle est également exprimée en pourcentage dans le tableau 3.



**Tableau 3: Humidité et teneur en matière sèche des échantillons**

<b>Echantillons</b>	<b>Humidité H% (g pour 100g de matière brute)</b>	<b>Teneur en matière sèche MS% (g pour 100g de matière brute)</b>
Pulpe de papaye	88,10	11,90
Pâte de papaye	19,64	80,36
Pâte de papaye+ poudre d'ananambo	16,20	83,80
Pulpe de tamarin	20,55	79,45
Pâte de tamarin	14,18	85,82
Pâte de tamarin+poudre d'ananambo	19,45	80,55
Poudre d'ananambo d'Antsiranana	10,79	89,21

La pulpe de papaye est très riche en eau (H% : 88,10) contrairement au tamarin (20,55%). Ainsi la teneur en matière sèche de la papaye est faible (11,90%) par rapport au tamarin (79,45%).

Les pâtes de tamarin et de papaye ont une humidité entre 14 et 20%. Elles contiennent plus de matière sèche (entre 80 à 85%) que les pulpes de fruits (11 à 79%).

L'humidité de la pâte de papaye additionnée d'ananambo est faible (16,20%) par rapport à la pâte nature (19,64%). Cette humidité augmente pour la pâte de tamarin lorsqu'elle est additionnée de poudre d'ananambo.

## **1.2. Mesure du pH**

Les résultats des mesures de pH des différents échantillons sont présentés dans le tableau 4.

**Tableau 4 : pH des échantillons analysés**

<b>Echantillons</b>	<b>pH à 25°C</b>
Pulpe de papaye	4,00
Pâte de papaye	4,18
Pâte de papaye+ PA 2,4%	5,60
Pulpe de tamarin	2,73
Pâte de tamarin	2,88
Pâte de tamarin+PA 3,4%	2,95
Poudre d'ananambo d'Antsiranana	5,56

Les échantillons ont des pH compris entre 2,5 à 5,6. La pulpe de tamarin ainsi que ses produits sont tous très acides (pH<3). Tandis que la papaye et ses produits dérivés ont un pH moins acide.

### **1.3. Détermination de la teneur en lipides totaux**

Les produits finis tels les pâtes de fruits additionnés de poudre d'Ananambo, ont été délipidés au Soxhlet. Les teneurs en lipides totaux sont exprimés en g pour 100g de matière brute dans le tableau 5.

**Tableau 5 : Teneur en lipide des échantillons**

<b>Echantillons</b>	<b>Teneur en lipides (g pour 100g de matière brute)</b>
Pâte de papaye	0,08
Pâte de papaye+ PA 2,4%	0,15
Pâte de tamarin	0,51
Pâte de tamarin+ PA 3,4%	0,63
Poudre d'ananambo d'Antsiranana	4,66

Les lipides ne constituent qu'une infime partie des échantillons sauf pour la poudre d'ananambo dans laquelle la teneur atteint 4,66%.

#### 1.4. Détermination de la teneur en protéines totales et protéines solubles

Les dosages des protéines par la méthode de Kjeldahl et celle de Folin-Lowry ont donné les résultats résumés dans le tableau 6.

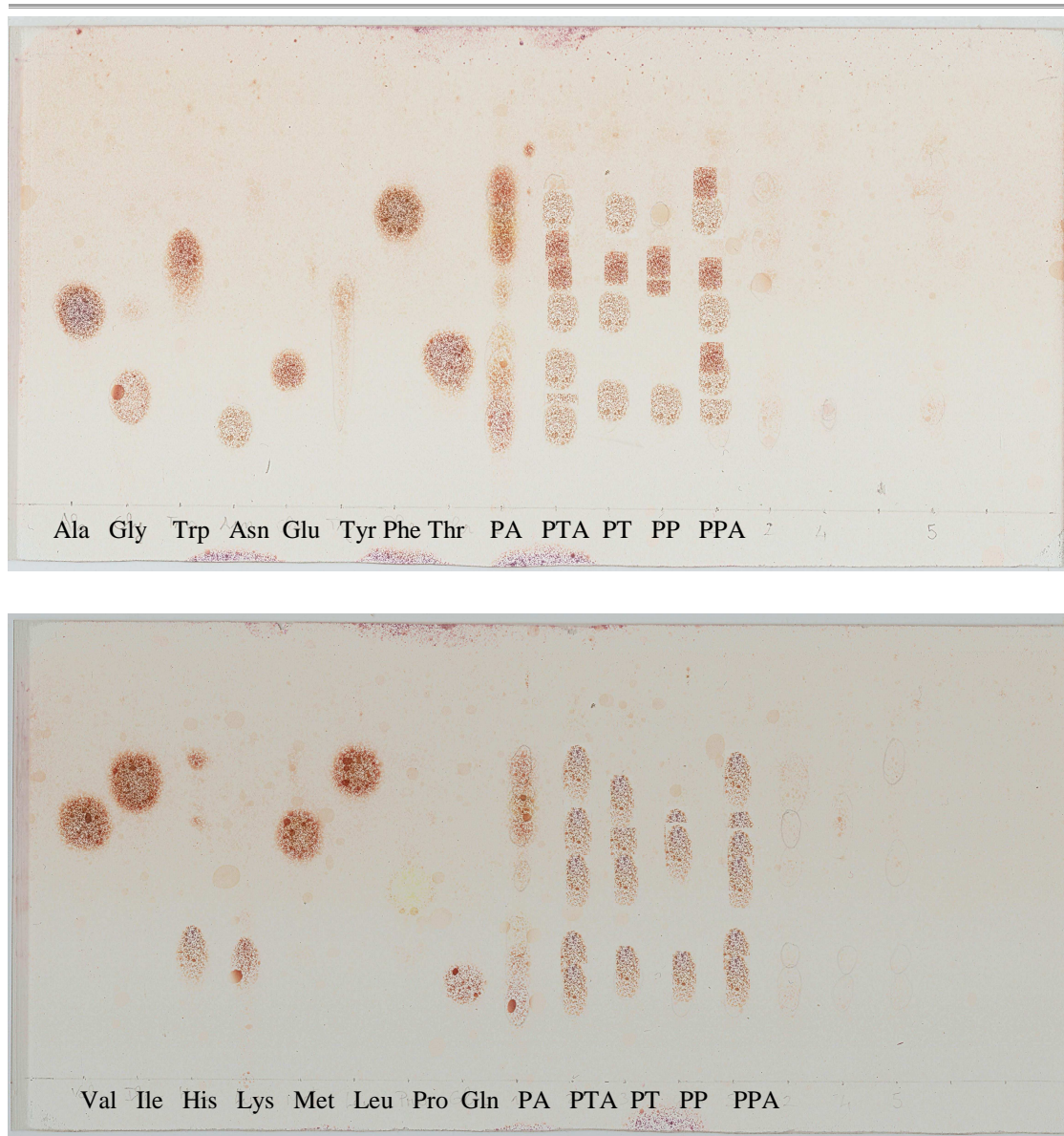
Tableau 6 : Teneur en protéines totales et solubles

Echantillons	Teneur en protéines totales (g pour 100g de matière brute)	Teneur en protéines solubles (g pour 100g de matière brute)
Pulpe de papaye	2,12	1,78
Pâte de papaye	1,72	1,41
Pâte de papaye+ PA 2,4%	2,45	1,49
Pulpe de tamarin	2,63	2,10
Pâte de tamarin	1,41	0,33
Pâte de tamarin+PA 3,4%	2,28	0,45
Poudre d'ananas d'Antsiranana	36,31	3,47

La teneur en protéines des fruits frais et de leurs dérivés est faible, variant entre 1,41 et 2,63%. Elle diminue de l'ordre de 1% après un traitement thermique. La poudre d'ananas est très riche en protéines avec 36,31g pour 100g. Les protéines solubles sont de faible quantité (de 0,33 à 3,47%) tant dans les fruits tropicaux et leurs dérivés que dans l'ananas.

#### 1.5. Détermination de la composition en acides aminés

La figure 7 montre les chromatogrammes des échantillons et les acides aminés de référence utilisés comme témoins.



PA : poudre d'ananas

PTA : pâte de tamarin+3,4g PA/100g

PT : pâte de tamarin ;

PP : pâte de papaye ;

PPA : pâte de papaye+2,4g PA/100g

**Figure 7** : Chromatogramme des acides aminés témoins et des échantillons sur couche mince de silice

Les références frontales (Rf) des différents acides aminés témoins et les acides aminés présents dans les échantillons sont récapitulés dans le tableau 7.

**Tableau 7** : Références frontales des acides aminés témoins et acides aminés retrouvés dans les échantillons en chromatographie sur couche mince.

<b>Acides aminés témoins</b>	<b>Rf</b>	<b>Poudre d'ananambo</b>	<b>Pâte de papaye</b>	<b>Pâte de papaye+2,4g PA/100g</b>	<b>Pâte de tamarin</b>	<b>Pâte de tamarin+3,4g PA/100g</b>
Ala	0,44	Ala	-	Ala	Ala	Ala
Gly	0,25	Gly	Gly	Gly	Gly	Gly
Trp*	0,56	-	-	-	-	-
Asn	0,18	Asn	-	-	-	Asn
Glu	0,31	Glu	-	Glu	-	Glu
Tyr	0,47	-	-	-	-	-
Phe*	0,67	Phe	-	Phe	Phe	Phe
Thr*	0,32	-	-	-	-	-
Val*	0,60	Val	Val	Val	-	Val
Ile*	0,69	Ile	-	Ile	-	Ile
His*	0,29	His	-	His	-	His
Lys*	0,27	-	-	-	-	-
Met*	0,57	Met	Met	Met	Met	Met
Leu*	0,71	Leu	-	Leu	-	Leu
Pro	0,44	Pro	-	Pro	-	Pro
Gln	0,23	-	-	-	-	-

\*AA indispensables

La plupart des acides aminés témoins sont présents dans la poudre d'ananambo ainsi que dans les pâtes de fruits fortifiées en protéines d'ananambo. Le chromatogramme montre que les pâtes de fruits « nature » ne comportent que très peu d'acides aminés : glycine, valine

et méthionine pour la pâte de papaye, alanine, glycine, phénylalanine et méthionine pour la pâte de tamarin.

### **1.6. Détermination de la teneur en glucides totaux et sucres simples**

Les teneurs en glucides totaux des échantillons ainsi que les teneurs en sucres simples dosées par la méthode à l'anthrone sont consignées dans le tableau 8.

Tableau 8 : Teneur en glucides totaux et sucres simples des échantillons analysés

<b>Echantillons</b>	<b>Teneur en glucides totaux (g pour 100g de matière brute)</b>	<b>Teneur en sucres simples (g pour 100g de matière brute)</b>
Pulpe de papaye	9,07	4,07
Pâte de papaye	77,28	4,79
Pâte de papaye+ PA 2,4%	79,70	4,82
Pulpe de tamarin	69,86	3,70
Pâte de tamarin	75,02	11,08
Pâte de tamarin+PA 3,4%	68,43	11,10
Poudre d'ananambo d'Antsiranana	37,19	0,41

Les produits issus des fruits ont un taux de sucres totaux variant autour de 70%. La poudre d'ananambo ne comporte qu'un peu plus de 30% de glucides. Les sucres simples sont presque absents sauf pour les pâtes de tamarin dont la teneur atteint 10%.

### **1.7. Détermination de la teneur en fibres**

La teneur en fibre de la pulpe des fruits frais a été déterminée ainsi que la teneur en insoluble formique des pâtes de fruits. Les résultats sont présentés dans les tableaux 9 et 10.

Tableau 9 : Teneur en acide pectique des pulpes de fruits

<b>Echantillons</b>	<b>Teneur en pectine (g pour 100g de pulpe fraîche)</b>
Pulpe de papaye	0,66
Pulpe de tamarin	1,64

Les pectines sont plus abondantes (1,64%) dans la pulpe de tamarin que dans la pulpe de papaye (0,66%).

Tableau 10 : Teneur en insoluble formique des pâtes de fruits

Echantillons	Teneur en insoluble formique ou ligno-cellulose (g pour 100g de produit)
Pâte de papaye	0,12
Pâte de papaye+ PA 2,4%	0,39
Pâte de tamarin	0,09
Pâte de tamarin+PA 3,4%	0,47
Poudre d'ananas d'Antsiranana	11,16

Les pâtes de fruits additionnées d'ananas contiennent plus de fibres (entre 0,39 et 0,47%) que les pâtes de fruits nature (entre 0,09 à 0,12%). Le taux de fibres dans l'ananas n'est pas négligeable (11,16%) et contribue à l'augmentation de fibres dans les produits finis.

### 1.8. Dosage des éléments minéraux

L'incinération des échantillons a permis de dresser le tableau 11, indiquant leur teneur en cendres brutes.

Tableau 11 : Teneur en cendres brutes des échantillons (MB)

Echantillons	Teneur en cendres brutes (g pour 100g MB)
Pulpe de papaye	0,61
Pâte de papaye	1,28
Pâte de papaye+ PA 2,4%	1,5
Pulpe de tamarin	6,36
Pâte de tamarin	8,88
Pâte de tamarin+PA 3,4%	9,21
Poudre d'ananas d'Antsiranana	11,05

La pulpe de papaye a une teneur faible en cendres (0,60%) contrairement à la pulpe de tamarin dont la teneur en cendres est de 6,36%.

La poudre d'ananas et les pâtes de tamarins sont riches en cendres (>8%) comparativement aux pâtes de papaye (variant de 1,28 à 1,5%).

Après incinération, les éléments minéraux ont été dosés par différentes méthodes et les résultats sont consignés dans le tableau 12

**Tableau 12** : Teneur en éléments minéraux des échantillons ou des matières brutes (MB)

<b>Echantillons (MB)</b>	<b>Calcium (Ca) mg pour 100g de MB</b>	<b>Potassium (K) mg pour 100g MB</b>	<b>Magnésium (Mg) mg pour 100g MB</b>	<b>Sodium (Na) mg pour 100g MB</b>	<b>Phosphore (P) mg pour 100g MB</b>
Pâte de papaye	104	490	99	400	45
Pâte de papaye+ PA 2,4%	188	523	100	419	50
Pâte de tamarin	104	230	9	240	29
Pâte de tamarin+PA 3,4%	224	276	11	267	36
Poudre d'ananas d'Antsiranana	3960	1550	27	900	226

Les pâtes de fruits contiennent un taux élevé de potassium et de sodium. Ces teneurs sont respectivement de 490mg/100g et 400mg/100g pour la pâte de papaye ; 230mg/100g et 240mg/100g pour la pâte de tamarin. Les teneurs en calcium des pâtes de fruits nature ne sont pas négligeables, elles sont de 104mg pour 100g. La pâte de tamarin est particulièrement pauvre en magnésium (9mg/100g) et phosphore (29mg/100g).

Le potassium et le sodium sont aussi les éléments minéraux les plus abondants dans les pâtes additionnées d'ananas. Dans la pâte de papaye mélangée avec l'ananas, le potassium atteint 523mg/100g et le sodium 419mg/100g ; dans la pâte de tamarin avec ananas le potassium atteint 276mg/100g et le sodium 267mg/100g.



La poudre d'ananambo d'Antsiranana est riche en calcium, potassium et en sodium (>900mg/100g) mais pauvre en magnésium (27mg/100g), ce qui explique l'augmentation de ces minéraux dans les produits finis.

### **1.9. Détermination de la valeur énergétique globale des échantillons**

La valeur énergétique d'un aliment complète les informations sur la valeur nutritionnelle de ce dernier. La valeur énergétique moyenne des échantillons est représentée dans le tableau 13.

Tableau 13 : Calories apportées par 100g de pulpes et dérivés et valeur énergétique de la poudre d'ananambo

<b>Echantillons</b>	<b>Valeur énergétique totale (Kcal pour 100g d'échantillon)</b>
Pulpe de papaye	45,66
Pâte de papaye	316,72
Pâte de papaye+ 2,4g PA/100g	329,95
Pulpe de tamarin	295,36
Pâte de tamarin	310,31
Pâte de tamarin + 3,4g PA/100g	288,51
Poudre d'ananambo d'Antsiranana	335,94

Les pâtes de fruits apportent une quantité importante d'énergie grâce à leur teneur élevée en sucres supérieure à 68%. En général, la valeur énergétique augmente après transformation, elle passe de 45,66Kcal à 316Kcal pour la papaye et 295Kcal à 310Kcal pour le tamarin.

### **1.10. Etude des facteurs antinutritionnels**

L'étude des grandes familles chimiques dans les échantillons a permis l'obtention des résultats résumés dans le tableau 14. La plupart des facteurs antinutritionnels des poudres de feuilles d'ananambo est retrouvée dans les pâtes de fruits auxquelles a été ajoutée la poudre. Les composés cyanogénétiques ainsi que les alcaloïdes et les flavonoïdes semblent disparaître

après mélange à température avoisinant 40°C. La présence de mousse lors du screening phytochimique de la poudre d'ananambo est expliquée par la teneur élevée en protéines de celle-ci. Cependant, la mousse n'est pas persistante donc les saponines sont absentes dans la poudre d'ananambo. Les composés réducteurs sont présents dans les pâtes de fruits. L'anthracénoside n'est présent que dans la pâte de tamarin.

**Tableau 14:** Grandes familles chimiques de facteurs antinutritionnels détectées dans les échantillons

<b>Grandes familles chimiques</b>	<b>Poudre de feuilles d'Ananambo d'Antsiranana</b>	<b>Pâte de papaye+ poudre d'Ananambo</b>	<b>Pâte de tamarin + poudre d'Ananambo</b>
Saponines	-	-	-
Polyphénols	+	+	+
Tanins	+(tanin condensé)	+(tanin condensé)	+(tanin condensé)
Composés cyanogénétiques	+	-	-
Alcaloïdes	+(Dragendorff)	-	-
Flavonoïdes	+	-	-
Composés réducteurs	-	+	+
Anthracénosides	+	-	+

## II. ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

L'aptitude d'un aliment à être consommable ou non est conditionnée par les résultats des analyses microbiologiques. Puisque nos produits finis sont destinés à la consommation, les analyses microbiologiques sont primordiales. Ainsi les produits à teneur élevée d'ananambo ont été analysés au laboratoire avant l'évaluation sensorielle afin de garantir l'innocuité des aliments.

Les résultats des analyses ainsi que les critères microbiologiques de référence permettant de conclure sur l'innocuité de nos produits sont récapitulés dans le tableau 15.

Tableau 15: Concentration en germes des échantillons analysés

Germes	Concentration dans la pâte de papaye + poudre d'ananambo	Concentration dans la pâte de tamarin + poudre d'ananambo	Critères microbiologiques de référence (DLEAA, 2009)
FAMT (flore aérobie mésophile totale)	$3,6 \cdot 10^4/\text{g}$	$1,3 \cdot 10^2/\text{g}$	$10^6/\text{g}$
Coliformes totaux	$2,2 \cdot 10^2/\text{g}$	10/g	Non déterminé
Coliformes fécaux	$1,8 \cdot 10^2/\text{g}$	Absence/g	Non déterminé
<i>Escherichia coli</i>	Absence/g	Absence/g	$10^2/\text{g}$
<i>Staphylococcus aureus</i>	$5,8 \cdot 10^2/\text{g}$	Absence/g	$10^4/\text{g}$
<i>Streptococcus faecalis</i>	Absence/g	1/g	Non déterminé
<i>Salmonella</i>	Absence/25g	Absence/25g	Absence dans 25g
Interprétations	acceptable	satisfaisant	

Les produits analysés contiennent tous des FAMT ( $3,6 \cdot 10^4/\text{g}$  et  $1,3 \cdot 10^2/\text{g}$ ) mais à des concentrations inférieures aux critères microbiologiques de référence ( $10^6/\text{g}$ ). Cela peut être dû au séchage à l'air des pâtes de fruits. Les 2 produits finis comportent des coliformes fécaux et totaux à l'exception de la pâte de tamarin dans laquelle les coliformes fécaux sont absents. *E. coli* est absent dans les deux produits finis. Par contre, un bon nombre de *Staphylococcus aureus* croissent dans la pâte de papaye à raison de 580 germes/g, et ils sont absents dans la pâte de tamarin. *Streptococcus* est présent dans la pâte de tamarin mais absente dans la pâte de papaye. La *Salmonella* qui est une bactérie extrêmement pathogène est absente dans les 2 produits finis. Cependant la présence de certains microorganismes dans les 2 produits n'affecte en aucun cas leur innocuité puisque leurs concentrations sont inférieures aux normes.

Puisque les concentrations des bactéries sont inférieures aux critères de références dans le cas des 2 produits, cela permet de conclure que la pâte de papaye additionnée d'ananambo est microbiologiquement acceptable et la pâte de tamarin mélangée avec l'ananambo est microbiologiquement satisfaisante.

### III. ANALYSES SENSORIELLES

#### 3.1. Jury de dégustation

- 12 sujets sont retenus après qualification, ils sont entraînés à la quantification des perceptions.
- Les seuils de perception et de reconnaissance du jury de dégustation sont récapitulés dans le tableau 16

Tableau 16 : Seuil de perception et seuil de reconnaissance du jury sur les 4 saveurs de base

Saveurs de base	Seuil de perception (g/l)	Seuil de reconnaissance (g/l)
ACIDE (acide citrique)	0,061	0,172
SUCREE (saccharose)	3,083	7,667
SALEE (chlorure de sodium)	0,347	1,171
AMERE (chlorhydrate de quinine)	0,0006	0,0016

En général, les seuils de reconnaissance des 4 saveurs de base correspondent au moins au double des seuils de perception. La saveur amère est la plus facilement détectable, elle est perçue à faible concentration égale à 0,0006 g/l et reconnue à 0,0016g/l. Tandis que la saveur sucrée n'est reconnue qu'à une concentration égale à 7,667g/l. Ainsi les 12 sujets ayant participé à la séance sont donc moins sensibles aux goûts sucré et salé mais plutôt sensibles aux goûts amer et acide.

- 2 grandeurs caractérisent une réponse sensorielle : l'intensité I et la valeur hédonique Vh. Ce qui a permis de dresser le profil d'appréciation du jury consigné dans le tableau 17

Tableau 17 : Profil d'appréciation du jury pour les quatre saveurs de bases

saveurs	acide		sucrée		salée		amère	
concentration g/l	0,25		16,0		1,50		0,0050	
	Intensité	Vh	Intensité	Vh	Intensité	Vh	Intensité	Vh
Moyenne	2,5	3,7	2,8	5,8	1,9	3,1	4,4	1,2

Le jury a un profil sucré, la moyenne de la Vh est 5,8; ce même jury présente une aversion pour le goût amer (Vh= 1,2).

### 3.2. Analyse descriptive

#### 3.2.1. Génération des descripteurs

- 57 descripteurs ont été générés par les juges pour la pâte de papaye et 50 pour la pâte de tamarin. (annexe 3)
- Après suppression des termes synonymes (collant et gluant...), non pertinents (texture déformable...) et hédoniques (assez pâteux), 20 descripteurs sont retenus pour la pâte de papaye et 18 pour la pâte de tamarin. Certains descripteurs ont été combinés deux à deux (couleur marron clair à marron foncé...) (annexe 4).
- Les résultats du deuxième tri des descripteurs ont permis de décrire la pâte de papaye avec 14 descripteurs et la pâte de tamarin avec 15 descripteurs (annexe 5).
- Après tri statistique, 11 descripteurs ont été retenus pour les pâtes de papaye : couleur uniforme, couleur jaune à marron, brillant à mat, texture lisse à rugueuse, texture collante, odeur papaye, odeur caramel, texture en bouche collante, texture en bouche caoutchouteux, saveur papaye, arrière-goût sucré (annexe 6).
- Le tri statistique des descripteurs réduit à 9 le nombre de descripteurs pour les pâtes de tamarin : couleur uniforme, couleur marron clair à foncé, texture collante, odeur tamarin, texture en bouche sableuse, texture en bouche fondante, saveur sucrée, saveur tamarin, arrière-goût tamarin (annexe 6).
- Après discussion et entraînement, le descripteur *saveur ananambo* est introduit dans la description des pâtes de papaye. Le descripteur *collante* est modifié par *adhésive*, *texture en bouche sableuse* est modifié par *farineuse* et 2 descripteurs sont ajoutés pour la description des pâtes de tamarin : *texture molle* et *odeur ananambo*.

Il y a en tout 12 descripteurs pour la pâte de papaye : couleur uniforme, couleur jaune à marron, brillant à mat, texture lisse à rugueuse, texture adhésive, odeur papaye, odeur caramel, texture en bouche collante, texture en bouche caoutchouteux, saveur papaye, saveur ananambo, arrière-goût sucré.

Les 11 descripteurs pour les pâtes de tamarin sont : couleur uniforme, couleur marron clair à foncé, texture adhésive, texture molle, odeur tamarin, odeur ananambo, texture en bouche farineuse, texture en bouche fondante, saveur sucrée, saveur tamarin, arrière-goût tamarin.

### 3.2.2. Elaboration de profils sensoriels

#### 3.2.2.1. Profil sensoriel des pâtes de papaye

Les profils sensoriels des 4 pâtes de papayes sont schématisés dans l'annexe 7. Après mise en évidence des différences significatives des descripteurs des pâtes de papaye, les profils sensoriels des 4 pâtes de papaye sur les descripteurs significatifs sont représentés dans la figure 8.

Les descripteurs retenus pour l'élaboration du profil des 4 pâtes de papaye sont : couleur jaune à marron foncé, brillant à mat, texture en bouche (TB) élastique à caoutchouteux, TB collant, saveur (S) ananambo.

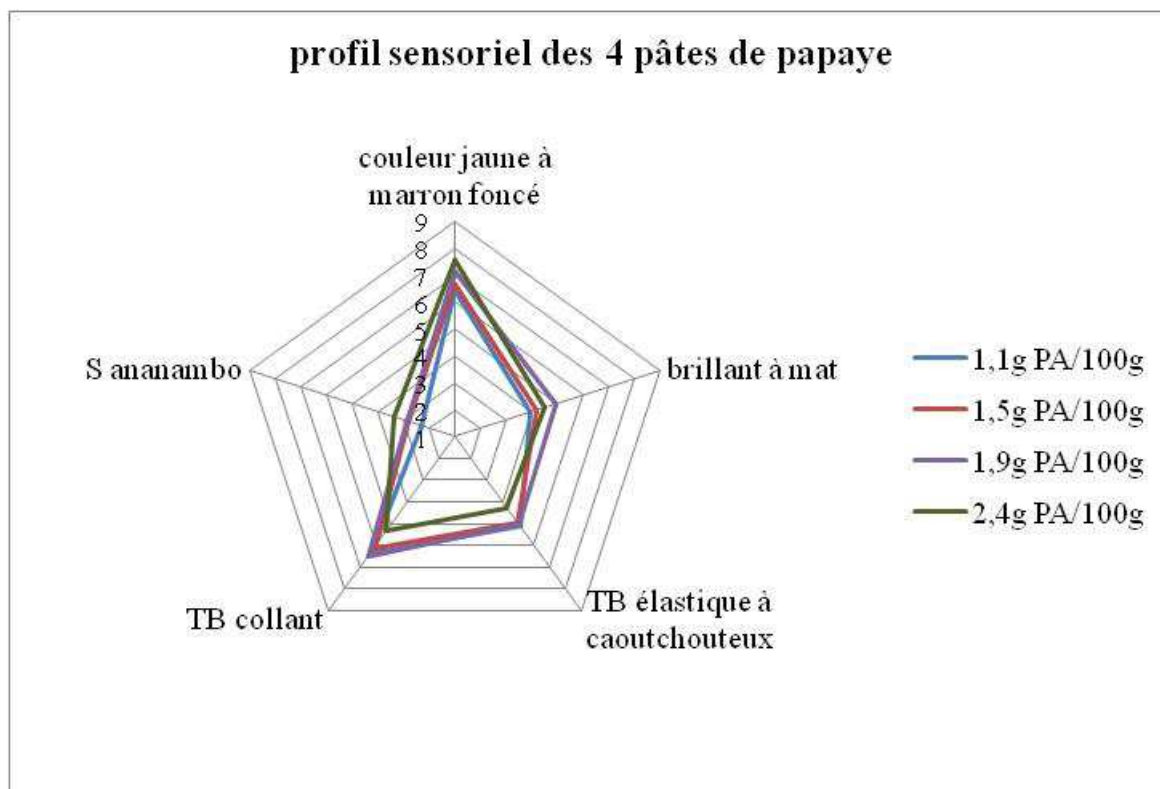


Figure 8 : Profils sensoriels combinés des 4 pâtes de papaye

La pâte 1,1g PA/100g est significativement la plus jaune des 4 pâtes de papaye tandis que la pâte avec 2,4g PA/100g est significativement la plus foncée. Les 2 pâtes 1,1g PA/100g et 1,5g PA/100g sont significativement les plus brillantes. La pâte à 2,4g PA/100g est la plus caoutchouteuse. La saveur ananambo est moins intense dans le produit fini à faible dose d'ananambo et est plus accentuée lorsque la teneur en ananambo augmente.

### 3.2.2.2.. Profil sensoriel des pâtes de tamarin

Les profils sensoriels des 4 pâtes de tamarin sont schématisés dans l'annexe 7. Après mise en évidence des différences significatives des descripteurs des pâtes de papaye, les profils sensoriels des 4 pâtes de tamarin sur les descripteurs significatifs sont représentés dans la seule figure 9.

Les descripteurs retenus pour l'élaboration du profil des 4 produits sont : texture (T) molle, odeur (O) ananambo, texture en bouche (TB) farineuse.

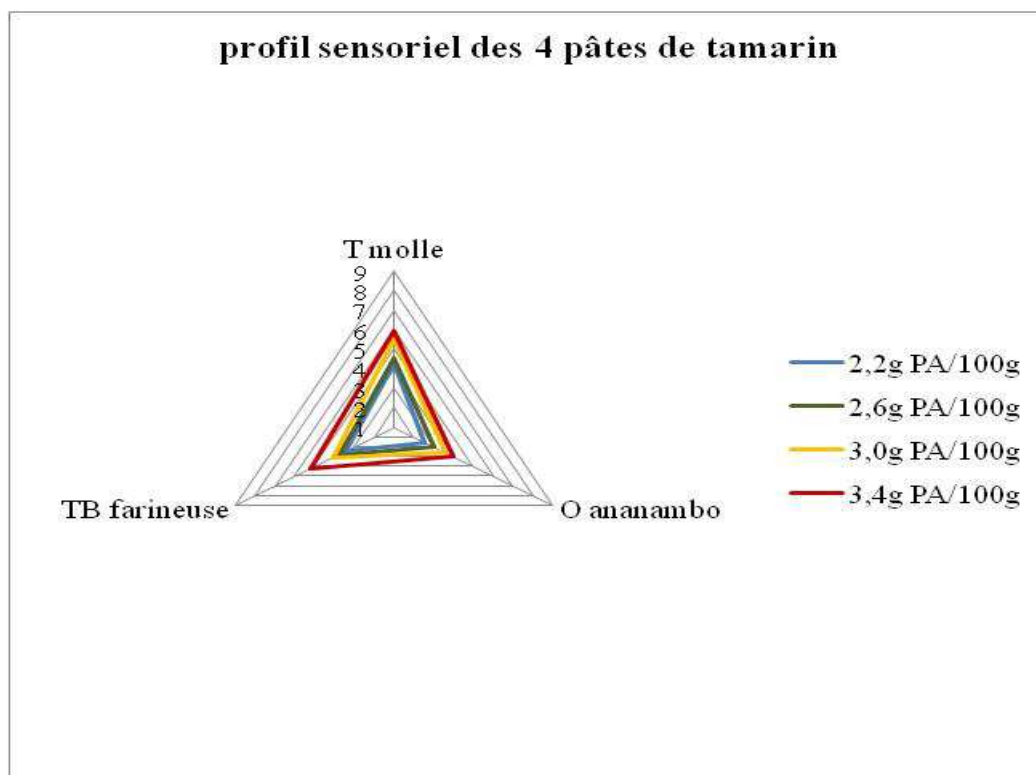


Figure 9 : Profils sensoriels combinés des 4 pâtes de tamarin

La pâte de tamarin avec 2,2g PA/100g est significativement la moins molle et la pâte avec 3,4g PA/100g est la plus molle des pâtes de tamarin. L'odeur d'ananambo est faible dans la pâte avec une dose faible d'ananambo, cette odeur est la plus intense dans la pâte à 3,4g PA/100g. Cette dernière est la plus farineuse des 4 pâtes de tamarin.

### 3.3. Epreuve hédonique

Les tests ont été menés sur 60 individus naïfs âgés de plus de 18 ans, de différents sexes et connaissant ou non les pâtes de fruits.

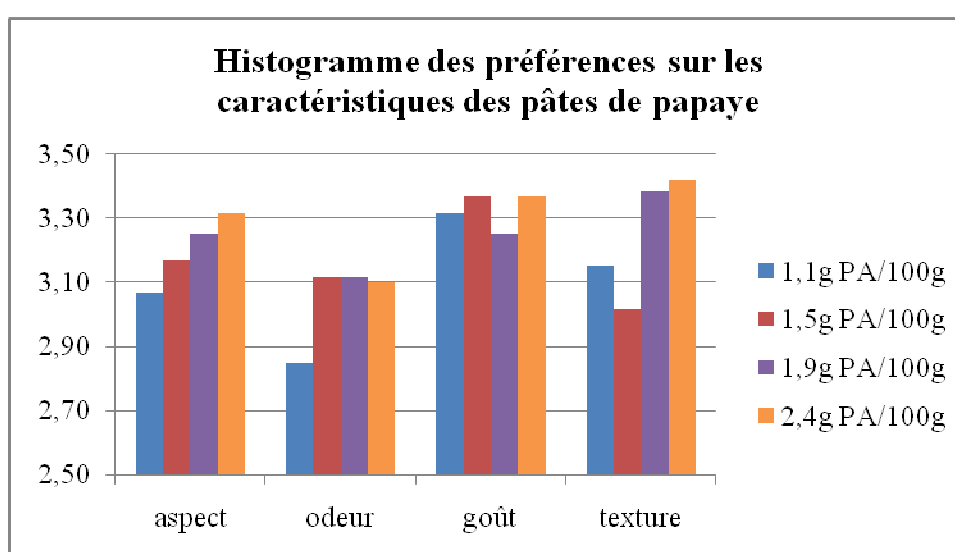
### 3.3.1. Pâte de papaye additionnée de poudre d'ananambo

Après analyse de la variance (ANOVA) des moyennes des  $V_h$ , les résultats consignés dans le tableau 18 montrent le groupe auquel appartient chaque pâte de papaye.

**Tableau 18** : Classement et regroupement des groupes non significativement différents pour les pâtes de papaye additionnées d'ananambo

Pâtes de papaye	Moyenne $V_h$	Regroupement
1,5g PA/100g	5,80	A
1,1g PA/100g	5,93	A
2,4g PA/100g	5,96	A
1,9g PA/100g	6,00	A

Les 4 pâtes de papaye ne sont pas significativement différentes, c'est-à-dire que les 4 pâtes de papaye sont autant appréciées les unes que les autres. Les valeurs hédoniques supérieures à la moyenne 5 affirment l'acceptabilité des produits.



**Figure 10** : Histogramme des préférences sur les caractéristiques des pâtes de papaye

Les valeurs hédoniques moyennes attribuées sont supérieures à la moyenne qui est de 2,5. Ces valeurs indiquent une acceptabilité des produits par les consommateurs potentiels. Les textures des pâtes avec 1,9g et 2,4g de PA/100g sont significativement plus appréciées que celle des 2 autres pâtes de papaye. 59% des sujets ayant participé au test hédonique ont manifesté leur envie de renouveler la consommation de pâtes de papaye.



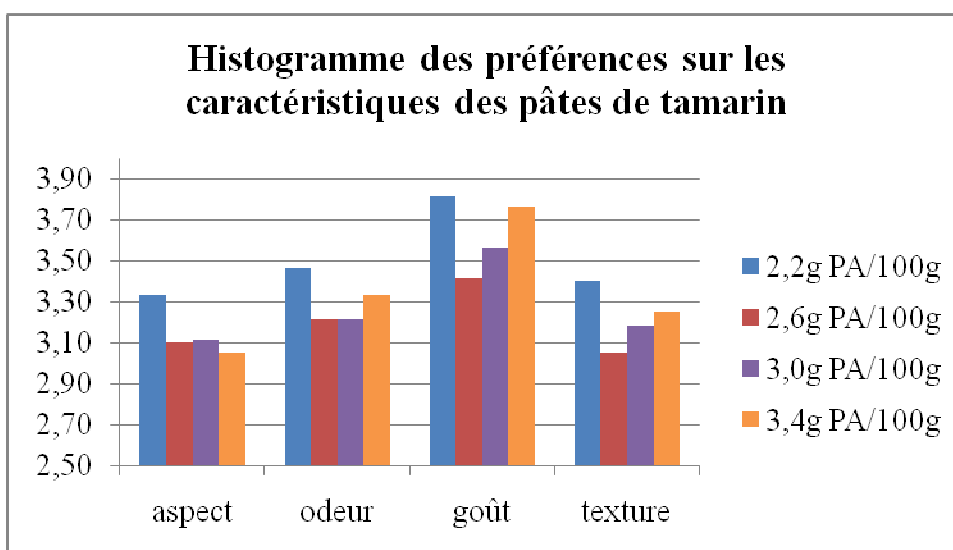
### 3.3.2. Pâte de tamarin additionnée de poudre d'ananas

L'analyse de la variance (ANOVA) permet de dresser le tableau 19 montrant le groupe auquel appartient chaque pâte de tamarin.

**Tableau 19:** Classement et regroupement des groupes non significativement différents pour les pâtes de tamarin additionnées d'ananas

Pâtes de tamarin	Moyenne Vh	Regroupement
2,6g PA/100g	6,350	A
3,0g PA/100g	6,350	A
3,4g PA/100g	6,367	A
2,2g PA/100g	6,667	A

Il n'y a pas de préférence significative pour les 4 pâtes de tamarin, elles sont toutes autant appréciées. Les valeurs hédoniques (autour de 6) attribuées par les consommateurs indiquent une bonne acceptabilité du produit.



**Figure 11 :** Histogramme des préférences sur les caractéristiques des pâtes de tamarin

Les valeurs hédoniques attribuées pour chaque caractéristique sont toutes supérieures à la moyenne 2,5. Les caractéristiques de la pâte de tamarin avec 2,2g PA/100g semblent être les plus appréciées. Les goûts des 2 pâtes de tamarin 2,2g et 3,4g PA/100g semblent avoir les mêmes appréciations. 67% des sujets naïfs testés ont manifesté leur envie de renouveler la consommation de pâtes de tamarin.

#### IV. COUT DE FABRICATION DES PATES DE FRUITS

Plusieurs caractéristiques déterminent la qualité d'un produit. Les qualités nutritionnelles, hygiéniques et organoleptiques ont été étudiées dans les paragraphes précédents. Cependant, une des caractéristiques non négligeable est le coût d'un produit. En effet, le rapport qualité/prix est primordial dans l'achat d'un produit pour estimer la qualité marchande.

##### 3.4. Coût de fabrication de la pâte de papaye

Une papaye moyenne pèse environ 650g et permet d'obtenir 450g de pulpe, à partir de laquelle la pâte de papaye est fabriquée. Avec 450g de papaye, on obtient 200g de pâte. Le prix de revient pour 200g de pâte de papaye est calculé comme suit :

	Quantité	Prix unitaire (Ariary)	Prix (Ariary)
Papaye	650 g	1000 /Kg	650
Sucre	113g	2400/Kg	272
Citron	1 unité	100/ pièce	100
Combustible			200
		Total	1222 Ariary

Le prix de revient pour la fabrication de 100g de pâte de papaye est de 611 Ariary.

##### 3.4. Coût de fabrication de la pâte de tamarin

200g de pâte de tamarin sont fabriqués à partir de 150 g de tamarin sans coques et 150g de sucre. Le prix de revient est calculé comme suit :

	Quantité	Prix unitaire (Ariary)	Prix (Ariary)
Tamarin	150g	800 /Kg	120
Sucre	150g	2400/Kg	360
Combustible			200
		Total	680 Ariary

Le prix de revient pour la fabrication de 100g de pâte de tamarin est de 340 Ariary.

# **DISCUSSIONS ET CONCLUSIONS**

## **I. ANALYSES NUTRITIONNELLES**

### **1.1. Humidité ou teneur en eau des échantillons**

Les teneurs en eau des pâtes de fruits sont inférieures à 20%. En effet, la pâte de fruit est un produit obtenu après avoir concentré une purée de fruit mélangée avec du sucre, puis séchée à l'air. Elle contient moins de 25% d'eau (PIDOUX, 1995). Selon le Codex alimentarius, la teneur en matières sèches solubles des confitures doit être dans tous les cas comprise entre 60 à 65% ou plus. Il n'y a pas de norme codex pour les pâtes de fruits, mais ces dernières doivent avoir une teneur en matière sèche supérieure ou égale à 75% [1]. L'activité de l'eau des confitures varie autour de 0,80 (NOUT, 2003), celle des pâtes de fruits également puisque leurs teneurs en eau sont assez semblables (respectivement 35% et 20%). De ce fait, elles sont microbiologiquement stables.

Il y a augmentation de la teneur en eau de la pâte de tamarin lorsqu'elles sont additionnées de poudre de feuilles d'ananambo : de 14,18% à 19,45% pour la pâte de tamarin. En effet, la pâte de fruit peut absorber de la vapeur d'eau. Cette teneur diminue pour la pâte de papaye (19,64% à 16,20%). La longue durée de séchage de la pâte de papaye (3 à 4 jours), comparée à celle du tamarin (2 jours), diminue significativement sa teneur en eau.

La poudre d'ananambo d'Antsiranana présente une teneur en eau (10,79%) élevée par rapport à celle de Toliary (5,02%) ayant été séchée à l'étuve (YOUSSOUF, 2001). Cette différence est due à l'absorption de l'humidité atmosphérique du local de séchage.

### **1.2. Mesure du pH**

Le pH des pâtes de fruits varie de 2 à 5. Il doit être compris entre 2,5 et 3,5 pour permettre une bonne gélification (JEANTET et al, 2007). Cependant, d'autres paramètres comme la teneur et le degré de méthylation des pectines du fruit conditionnent cette gélification. Ainsi, même si le pH du tamarin est autour de 2,5, sa gélification est difficile à réaliser contrairement à celle de la papaye dont le pH est supérieur à 3,5.

Une légère augmentation du pH est observée après addition de poudre d'ananambo : de 4,18 à 5,60 pour la pâte de papaye, et de 2,88 à 2,95 pour la pâte de tamarin. Ceci peut être dû à l'acidité apportée par la poudre d'ananambo (pH 5,56).

Ces valeurs de pH acides indiquent bien la présence de composés acides dans les pâtes de fruits. Le goût acide est très recherché dans les pâtes de fruits car il atténue la saveur sucrée susceptible de rassasier rapidement le consommateur.

### **1.3. Détermination de la teneur en lipides totaux**

La teneur en lipide des pâtes (0,08% pour la pâte de papaye et 0,51% pour la pâte de tamarin) est faible comparée à celle des fruits frais de l'ordre de 0,1% pour la papaye, 0,6% pour le tamarin (FAO). Pendant la cuisson une partie des lipides est dissoute dans l'eau de cuisson et les composés lipidiques thermolabiles comme les lipides membranaires sont détruits diminuant la présence des corps gras. Certains acides gras deviennent volatils sous l'effet de la chaleur. La teneur en lipide de la poudre d'ananambo est élevée (4,66%) par rapport à celle des feuilles fraîches (1,4% selon la FAO). En effet, le séchage contribue à l'élimination d'eau d'où l'augmentation de la teneur en lipides des feuilles d'ananambo.

### **1.4. Détermination de la teneur en protéines totales et protéines solubles**

La pulpe de papaye de Madagascar contient plus de protéines (2,12%) par rapport aux papayes d'Afrique (0,4%) (FAO). Ceci peut être dû au climat et à l'engrais utilisé dans les plantations de papayers.

Le tamarin est un fruit riche en protéines par rapport aux autres fruits. Cependant la pulpe séchée vendue au marché n'en contient que 2,63%, une valeur éloignée des pulpes de tamarin d'Afrique qui d'après la table de composition de la FAO comporte 5% de protéines. La période de récolte ainsi que la durée du stockage influent aussi sur la teneur en protéines des fruits frais. Les tamarins récoltés en période de fructification (Juin à Août et Novembre à Février) ont une teneur égale à 3,4% (RAJERISON, 1981).

Les protéines (brutes et solubles) se dégradent pendant la cuisson, certaines peuvent passer dans l'eau de cuisson ou subir la réaction de Maillard d'où la teneur en protéines brutes qui diminue après la cuisson. Sous l'effet de la chaleur, les liaisons de faible énergie sont rompues ainsi que les liaisons hydrogènes intra-moléculaires conférant la stabilité de la molécule (WEIL, 1994). Les protéines sont dénaturées et certaines liaisons peptidiques sont coupées libérant ainsi les acides aminés et favorisant la réaction de brunissement non enzymatique dans le produit. Les protéines solubles constituent environ la moitié des protéines totales des échantillons mais pour la pâte de papaye et la pulpe de tamarin les protéines solubles constituent en majorité les protéines totales.

Les ananambo d'Antsiranana réduits en poudre semblent être riches en protéines (36,31%). La diminution de l'humidité de la poudre (80,12% d'humidité à 10,79%) est la principale raison de cette teneur élevée en protéines.

### *Effets des traitements thermiques et de l'ajout de poudre d'ananambo sur la teneur en protéines des pâtes de fruits*

Tableau 20 : Variation de la teneur en protéines totale des échantillons après traitements

Echantillons	Protéines g/100g	Variation de protéines en g	Variation en %
pulpe de papaye	2,12	-	-
pâte de papaye	1,72	<b>-0,4</b>	<b>-18,9</b>
pâte de papaye+ 2,4g PA/100g	2,45	<b>0,73</b>	<b>42,4</b>
pulpe de tamarin	2,63	-	-
pâte de tamarin	1,41	<b>-1,22</b>	<b>-46,39</b>
pâte de tamarin + 3,4g PA/100g	2,28	<b>0,87</b>	<b>61,70</b>
poudre d'Ananambo d'Antsiranana	36,31	-	-

L'effet de la cuisson est non négligeable tant sur les protéines de la pulpe de papaye que sur celles du tamarin. La papaye perd près de 18,9% de ses protéines tandis que le tamarin en perd environ 46,39%. L'addition de poudre d'ananambo augmente la teneur en protéine de la pâte de papaye de 42,4% tandis que cette teneur est augmentée de 61,70% pour la pâte de tamarin. La quantité initiale de protéines de la pulpe de papaye est restaurée après addition de poudre d'ananambo.

En général, le but de la supplémentation ou de la complémentation est, au minimum, d'accroître la quantité de protéines assimilables d'environ 20 % (Codex alimentarius : CAC/GL 4-1989). Ce but est largement atteint en ce qui concerne la quantité de protéines.

#### **1.5. Détermination de la composition en acides aminés**

D'après les résultats de recherches effectuées par le centre technique de coopération agricole et rurale de l'union européenne, les feuilles de *Moringa oleifera* (ananambo) comporteraient presque tous les acides aminés [2].

L'absence de certains acides aminés dans les échantillons peut être due, d'une part à la conséquence de la décomposition du tryptophane lors de l'hydrolyse acide avec l'acide chlorhydrique (HCl). D'autre part, certains acides aminés peuvent réagir avec des sucres réducteurs (réaction de Maillard). Certains acides aminés sont présents dans l'échantillon

mais en faible quantité et ne sont pas révélés par la ninhydrine dont la sensibilité est variable en fonction des acides aminés. Les quantités d'acides aminés susceptibles d'être révélés par la ninhydrine varient entre 0,2 et 2µg, certains même comme l'arginine et l'histidine sont moins sensibles à la ninhydrine et la prise doit avoisiner 8µg (JUTISZ, 1960).

### ***Effets des traitements thermiques et de l'ajout de poudre d'ananambo sur la qualité des protéines des échantillons [2]***

Du point de vue qualité des protéines, la poudre d'ananambo (*Moringa oleifera*) contient la plupart des acides aminés dont la quantité est indiquée dans le tableau 21.

Tableau 21 : Composition moyenne en acides aminés des feuilles de *Moringa oleifera* [2]

Acides aminés	Quantité en mg pour 100g de matière sèche	Acides aminés	Quantité en mg pour 100g de matière sèche
Arginine**	1600	Valine*	1400
Histidine**	530	Acide aspartique	1670
Isoleucine*	1140	Acide glutamique	2470
Leucine*	2050	Sérine	840
Lysine*	1200	Glycine	960
Méthionine*	370	Alanine	1260
Phénylalanine*	1400	Proline	1230
Thréonine*	1080	Tyrosine	910
Tryptophane*	580	Cystéine	360

Source : <http://www.moringanews.org>

\* Acides aminés essentiels

\*\* Acides aminés essentiels spécifiques aux enfants

Ce tableau démontre que les feuilles de *Moringa* contiennent tous les acides aminés essentiels en proportion variable : de 360mg/100g (Cystéine) à 2470mg/100g de matière sèche (acide glutamique). Le facteur limitant est la méthionine. 18 acides aminés, y compris tous les acides aminés essentiels sont donc présents dans les 2 produits finis puisque la poudre d'ananambo n'a pas subi de cuisson.

### **1.6. Détermination de la teneur en glucides totaux et sucres simples**

En général, les pâtes de fruits sont riches en glucides (supérieur à 75%) car le sucre est un des principaux ingrédients des pâtes de fruits. La pâte de tamarin additionnée d'ananas fait exception (68,43%) et l'humidité de la pâte est encore assez élevée (19,45%). La teneur en sucres simples augmente légèrement. En effet, durant la cuisson les sucres simples sont libérés après hydrolyse du saccharose ou d'autres glucides du mélange et passent dans l'eau de cuisson. Puisque cette dernière est éliminée par évaporation, les sucres simples restent dans le produit fini, ainsi sa teneur augmente.

L'ananas d'Antsiranana a une teneur élevée en glucides totaux (37,19%) alors que la teneur en sucres simples est très faible (0,41%). En effet les glucides des feuilles sont surtout les glucides complexes comme l'amidon et les fibres. Cette valeur est faible par rapport aux sucres simples de l'ananas de Tuléar (0,88%) (YOUSSEF, 2001). Le climat semble être un facteur déterminant la composition nutritionnelle de l'ananas.

### **1.7. Détermination de la teneur en fibres**

La teneur en pectine de la papaye est plus faible par rapport à celle du tamarin. La teneur en acide pectique conditionne la réussite ou non de la gélification. Le mécanisme de gélification dépend des conditions du milieu (pH, teneur en saccharose), de la nature et de la concentration de la pectine, mais requiert toujours des molécules de plus d'une centaine de monomères. Une cuisson trop prolongée en milieu acide (cas du tamarin qui est un jus concentré) hydrolyse le polymère dont la longueur résiduelle ne permet plus la formation du réseau à l'origine du gel. En effet, ce sont les interactions pectiques intermoléculaires par liaisons hydrogènes qui sont responsables de la formation de gel. Que ce soit pour les pectines hautement ou faiblement méthylées, les paramètres à prendre en considération sont donc : la nature de la pectine (degré d'estérification, masse molaire) et sa concentration, le pH, la teneur en saccharose, la température et la durée de cuisson (LEYNAUD-ROUAUD et al).

Si le pH est bas (voisin de 2,5), le risque d'hydrolyse des pectines est alors très grand avec comme conséquence une réduction de la masse molaire et une impossibilité de formation du gel. C'est le cas de la pâte de tamarin dont la gélification a été difficile. La pâte de tamarin est considérée comme une « pâte de fruit molle » (LEYNAUD-ROUAUD et al, 1992).

Si la concentration en pectine augmente entre 0,2 et 1% (limite au-delà de laquelle le gel devient irrégulier), la formation du gel à partir de pectines hautement méthylées sera



réalisable à des pH plus élevées et à des teneurs plus basses en sucre (LEYNAUD-ROUAUD et al, 1992). C'est le cas de la pâte de papaye

### 1.8. Dosage des éléments minéraux

La teneur en magnésium des feuilles en poudre d'ananambo d'Antsiranana semble être très faible (27mg pour 100g de poudre de feuilles) par rapport à celle de Tuléar (348mg/ 100g feuilles fraîches), bien qu'elles soient séchées. La comparaison de la quantité d'éléments minéraux de la poudre de feuilles d'ananambo d'Antsiranana par rapport à la moyenne de celle produite dans le monde permet de mettre en évidence les caractéristiques de l'ananambo malgache.

Tableau 22 : Tableau comparatif des valeurs nutritionnelles des feuilles d'ananambo (*Moringa oleifera*) réduites en poudre, teneur exprimée pour 100g de poudre

	<i>Moringa oleifera</i> (moyenne) [2]	<i>Moringa oleifera</i> Antsiranana
Humidité	7%	10,79%
Protéines (g)	23	36,31
K (mg)	1200	1550
Ca (mg)	1950	3960
P (mg)	290	226
Mg (mg)	380	27

Ce tableau montre que l'ananambo d'Antsiranana est riche en protéines et en éléments minéraux, notamment le calcium qui est presque le double de la teneur moyenne. Les teneurs en potassium et phosphore avoisinent la moyenne. Cependant la teneur en magnésium de la poudre d'ananambo d'Antsiranana est très faible (27mg) par rapport à la moyenne (380mg).

La période et le lieu de récolte des feuilles peuvent avoir une influence sur la composition nutritionnelle des ananambo (*Moringa oleifera*).

### 1.9. Détermination de la valeur énergétique

La valeur énergétique d'un aliment indique la quantité d'énergie que fournit 100g consommés de cet aliment. La quantité ainsi que le taux de participation de chaque macronutriment dans l'apport énergétique globale sont affichés dans le tableau 23.

Tableau 23 : Energie fournie par les macronutriments

Echantillons	Energie fournie en Kcal/ 100g échantillon				Pourcentage de l'apport énergétique		
	Protéines	Lipides	Glucides	Totale	Protéines	Lipides	Glucides
Pulpe de papaye	8,48	0,9	36,28	<b>45,66</b>	18,6	1,97	79,46
Pâte de papaye	6,88	0,72	309,12	<b>316,72</b>	2,2	0,23	97,60
Pâte de papaye+ 2,4g PA/100g	9,8	1,35	318,8	<b>329,95</b>	3,0	0,41	96,62
Pulpe de tamarin	10,52	5,4	279,44	<b>295,36</b>	3,6	1,83	94,61
Pâte de tamarin	5,64	4,59	300,08	<b>310,31</b>	1,8	1,48	96,70
Pâte de tamarin + 3,4g PA/100g	9,12	5,67	273,72	<b>288,51</b>	3,2	1,97	94,87
Poudre d'Ananambo d'Antsiranana	145,24	41,94	148,76	<b>335,94</b>	43,2	12,48	44,28

Les protéines participent faiblement à la valeur énergétique des pâtes de fruits. Plus de 40% de la valeur énergétique des feuilles de *Moringa* proviennent des protéines. D'après le codex alimentarius, les matières protéiques végétales (MPV) sont des produits alimentaires obtenus à partir d'oléagineux, de légumineuses ou de céréales par réduction ou élimination de certains des principaux constituants non protéiques (eau, huile, amidon, autres glucides), de manière à obtenir une teneur protéique ( $N \times 6,25$ ) de 40 % ou plus. La teneur protéique est calculée sur la base du poids sec à l'exclusion des vitamines et des sels minéraux (Codex Stan 174-1989).

Puisque 100g de matière sèche de poudre d'ananambo contiennent 40,70g de protéines, la poudre de feuilles d'Ananambo peut donc être considérée comme source potentielle de matières protéiques végétales.

### **1.10. Etude des facteurs antinutritionnels**

Les facteurs antinutritionnels de l'ananas sont dans la majeure partie détectés dans les produits finis. La présence de ces facteurs peut entraver la réussite de la fortification protéique, plus particulièrement la présence de tanins et de polyphénols peut affecter la biodisponibilité des protéines (DERACHE, 1986). Cependant certains semblent disparaître. Il est possible qu'une interaction se soit produite au cours du mélange. La présence de composés réducteurs dans les pâtes de fruits est remarquable. Elle est due aux sucres réducteurs (glucose, fructose) issus de l'hydrolyse du saccharose.

### **CONCLUSION SUR LES ANALYSES NUTRITIONNELLES**

Nous pouvons conclure que les protéines des feuilles d'ananas d'Antsiranana sont riches en protéines et comportent presque tous les acides aminés essentiels. Les pâtes de fruits apportent une énergie considérable grâce à leur taux de glucides et plus particulièrement la pâte de papaye. La fortification en protéine de feuilles d'ananas des pâtes de fruits (papaye et tamarin) est réalisable.

## **II. ANALYSES MICROBIOLOGIQUES**

Les concentrations des FAMT ( $3,6 \cdot 10^3/\text{g}$  et  $1,3 \cdot 10^2/\text{g}$ ) sont encore en dessous du critère microbiologique de référence qui est de  $10^6/\text{g}$  donc le produit ne présente pas de risque pour le consommateur. Il faudra donc maîtriser les facteurs source de FAMT (conservation à l'air libre prolongée, hygiène et salubrité des locaux de travail...).

Habituellement, la présence de coliformes totaux dans les aliments prêts à être consommés indique un traitement thermique inefficace ou une contamination subséquente au traitement. Les coliformes ne sont généralement pas pathogènes. Ils peuvent aussi démontrer un mauvais nettoyage et une mauvaise désinfection d'appareils (ex. : mauvais lavage du plateau de séchage ou de la pelle utilisée lors de l'étalage des pâtes, ensachage dans des films non stériles...).

La présence d'*E. coli* dans un aliment prêt à consommer est un signe d'une présence potentielle de pathogènes entériques dans cet aliment et, de ce fait, rend ce dernier à risque pour la consommation humaine [8]. Il représente des conditions hygiéniques faibles ou un traitement thermique insuffisant. Il ne devrait pas être détecté dans un aliment prêt à consommer même si une tolérance est permise. L'absence d'*E. coli* dans les pâtes de fruits indique que ces dernières ne présentent aucun risque pour le consommateur.

En revanche, la présence de *S. aureus* dans les aliments chauffés et manipulés après cuisson est plutôt un indice de contamination humaine et probablement de mauvaises pratiques sur le plan des manipulations et de l'hygiène des manipulateurs (défaut d'hygiène). Elle peut aussi indiquer une recontamination par des matières premières au moment de l'ajout de poudre d'ananas ou des mauvaises conditions d'entreposage (cas du séchage en milieu ambiant des pâtes de fruits). L'ensemble de ces lacunes peut éventuellement entraîner des risques pour la santé humaine si des actions correctives ne sont pas appliquées. Utilisée comme indicateur lorsqu'une souche est productrice de coagulase, *S. aureus* est considérée comme potentiellement productrice d'entérotoxine et représente un risque. Dans ce cas, la production d'entérotoxine par la souche n'a pas à être démontrée. Les concentrations maximales dans les plans d'interprétation sont fixées, elles sont inférieures à la dose infectante, qui est de l'ordre de  $10^4$  germes/g. Les deux produits peuvent être consommés sans risque pour la santé.

Les Salmonelles sont pathogènes pour l'homme. La présence de *Salmonella* dans l'aliment est intolérable. La *Salmonella* est absente dans les pâtes de fruits.

Le *Streptococcus faecalis* est pathogène pour l'homme à des concentrations supérieures à 10/g. Cependant il est absent dans la pâte de papaye mélangée à la poudre d'ananas et la pâte de tamarin en contient 1/g, valeur inférieure à la norme.

## CONCLUSION SUR LES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

Les résultats, en comparaison avec les critères de référence, montrent que les pâtes de fruits ainsi fabriquées peuvent être consommées sans risque pour la santé du consommateur. Les règles d'hygiène rigoureuses doivent être respectées durant la fabrication des pâtes de fruits enrichies en protéines d'ananas.

Les pâtes de fruits fabriquées dans les règles plus strictes d'hygiène ont servi aux analyses sensorielles, afin de garantir la sécurité sanitaire des jurys et des consommateurs potentiels.

## III. ANALYSES SENSORIELLES

Les douze juges sélectionnés ont un seuil de reconnaissance inférieur à la moyenne pour l'acide citrique. En effet les juges reconnaissent le goût acide à 0,172g/l alors que la moyenne est de 0,42g/l ou 2 mM/l. Ils sont moins sensibles aux goûts sucrés et salés,

en effet, ils les reconnaissent qu'à des concentrations respectives de 7,667g/l et 1,171g/l qui sont supérieures à 6,846g/l (saccharose 20 mM/l) et 0,585g/l (NaCl 10mM/l). Le seuil pour la saveur amère correspond à la moyenne qui est de 0,0016g/l (quinine 8µM/l) (CAMPBELL & REECE, 2007).

Les juges ont été capables de différencier les gammes de pâtes de fruits à concentration variable d'ananambo grâce aux entraînements. Les pâtes de papaye avec ananambo sont différentes sur leur couleur, l'aspect de leur surface, leur texture aux doigts, leur texture en bouche et leur saveur ananambo. Les pâtes de tamarins diffèrent sur leur texture molle, leur texture en bouche farineuse et leur odeur ananambo. La présence d'ananambo est bien ressentie par les juges, soit par son odeur soit par sa saveur.

Toutefois, même si la flaveur de l'ananambo n'est pas masquée par celle des pâtes de fruits, elle n'affecte pas l'appréciation des consommateurs. L'acceptabilité est acquise car les consommateurs ont apprécié les 2 types de pâtes de fruits vues les valeurs hédoniques enregistrées pour ces produits.

Les pâtes de tamarin (Vh autour de 6) semblent plus appréciées que les pâtes de papaye (Vh autour de 5). Le pourcentage de consommateurs désirant renouveler la consommation de pâtes de tamarin est plus élevé (67%) que celui désirant consommer les pâtes de papaye dans l'avenir (59%).

## CONCLUSION SUR LES ANALYSES SENSORIELLES

Les pâtes de fruits additionnées d'ananambo sont acceptées par les consommateurs potentiels. Le fortifiant n'affecte que faiblement les qualités organoleptiques de l'aliment véhicule. Ainsi, l'association pâte de fruit- poudre d'ananambo est donc acceptable pour la conduite d'une fortification, en particulier l'association pâte de tamarin-poudre d'ananambo.

## IV. COUT DE FABRICATION DES PATES DE FRUITS

Le coût de fabrication des pâtes de fruits est faible : 611 Ariary pour 100g de pâte de papaye et 340 Ariary pour 100g de pâte de tamarin. Ces prix sont largement inférieurs aux prix des pâtes de fruits disponibles sur le marché (supérieurs à 1000 Ariary pour 100g). Le coût d'incorporation de la poudre d'ananambo dans les pâtes de fruits est minime puisqu'elle est ajoutée en très petite quantité.

# CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

En guise de conclusion, les résultats obtenus dans le cadre de notre travail, bien qu'ils soient encore préliminaires, ont permis :

- d'enrichir nos connaissances sur la papaye, le tamarin et l'ananambo d'Antsiranana ;
- d'obtenir des informations sur leurs valeurs nutritionnelles ;
- de faire des recherches sur les possibilités de transformation des fruits plus particulièrement la fabrication de pâtes de fruits à prix réduit ;
- de renforcer nos connaissances en microbiologie alimentaire ;
- de mettre en pratique nos acquis sur l'analyse sensorielle.

Toutefois, de nombreux paramètres sont encore à étudier

Ainsi, dans l'avenir, nous envisagerons de poursuivre cette étude en :

- mettant au point d'autres méthodes d'extraction de la pulpe de tamarin ;
- améliorant la présentation et la consistance des produits finis ;
- déterminant la quantité d'acides aminés dans les pâtes de fruits additionnées de poudre d'ananambo ;
- étudiant l'impact de cette fortification sur la santé des consommateurs, particulièrement les enfants dans les cantines scolaires, en déterminant le coefficient d'utilisation digestive (CUD) de l'ananambo et des produits finis et les effets des facteurs antinutritionnels qui y sont présents ;
- fabriquant d'autres produits à base de pâte de fruits fortifiés à l'ananambo.

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES



- ADRIAN J. POTUS J., FRANGINE R., 1991. La science alimentaire de A à Z. Chaire de biochimie industrielle et agroalimentaire. Conservatoire national des arts et des métiers, 2<sup>e</sup> Ed. Paris : Lavoisier Tec&Doc 477p.
- AFNOR, 1989. Contrôle de la qualité des produits alimentaires. Méthodes d'analyse officielle, 1<sup>ère</sup> ed. AFNOR, Paris, 374p
- AFNOR, 2002. Microbiologie alimentaire, méthode de routine et évaluation d'une méthode alternative. 8<sup>ème</sup> édition. Tome 2.
- AUDIGIE C., DUPONT G., ZONZAIN F., 1982. Principe des méthodes d'analyse biochimique. Tome 1, DOIN, Paris, 189p.
- BERTHILLIER A., 1972. La chromatographie et ses applications. Paris : Dunod, ; 199p
- COMELADE E., 1990. Technologie et hygiène alimentaire, 7<sup>ème</sup> Edition. 1<sup>er</sup> Cahier. Jacques Lanore, Malakoff.
- CRAPELET C., CRAPELET P., CRAPELET J., MEUNIER, 1995. Nutrition, alimentation et sport. Ed Vigot, Paris, 176p.
- DEFRANCESHI M., 1990. 144 manipulations de chimie générale et minérale. Marketing, Paris, 192p.
- DELORT-LAVAL J., 1981. Facteurs antinutritionnels. In : DEYMIE B., MULTON J. L. et SIMON D., 1981. Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires : analyse des constituants alimentaires. Apria, Paris. 4 : 365-395.
- DERACHE R., 1986. Toxicologie et sécurité des aliments. Lavoisier, Paris, p131-145.
- DLEAA : Direction des laboratoires d'expertises et d'analyses alimentaires, centre québécois d'inspection des aliments et de santé animale, 2009. Lignes directrices pour l'interprétation des résultats analytiques en microbiologie alimentaire, Québec, Canada.
- DREYWOOD R., 1946. Ind. And enz. Chem. Anal., Ed., pp 18 – 499
- DUPIN H., CUQ J., MALEWIAK M., LEYNAUD-ROUAUD C., BERTHIER A., 1992. Alimentation et nutrition humaines. ESF, Paris, 1533p.
- FAO. Food And Nutrition, 1996. Report of an FAO technical meeting, Paper Food Fortification: Technology and Quality Control, 60, 2<sup>nd</sup> Print. FAO, Rome.
- GODON B., LOISEL W., 1991. Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires. Analyse des constituants alimentaires, 2<sup>e</sup> Ed. Tome 4 Paris : Lavoisier Tec&Doc, p 201 - 217

- JEANTET R., CROQUENNEC T., SCHUCK P., BRULE G., 2007. Science des aliments. Biochimie. Microbiologie. Procédés. Produits. Technologie des produits alimentaires. Vol 2. Edition Technique et documentation, Lavoisier, Paris.
- JUDD W., CAMPBELL C., KELLOGG E., STEVENS P., 1999. Plant Systematics. A phylogenetic approach. Sinauer Associates, Inc, Sunderland, USA, 464p.
- JUTISZ M., 1960. Acides aminés et peptides. In : LEDERER E., 1960. Chromatographie en chimie organique et biologique. Applications en chimie biologique, Vol 2. Masson et Cie éditeurs, Paris.
- LARPENT J.P., 1997. Microbiologie des aliments : techniques de labo. Londres, Paris, New York : Technique et documentation Lavoisier, : 111-127.
- LASSOUDIERE A., GUEROUT R., FROSSARD P., 1968-1969. Le papayer. IFAC, Paris.
- LAURENT L., 1991. Eléments minéraux In : Multon J. L. Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires. 2<sup>e</sup> Ed. Tome 4. Paris : Lavoisier Tec et Doc, 1991, P 79 - 98
- LEVRAL G., VIERLING E., 1997. Microbiologie et toxicologie des aliments : hygiène et sécurité alimentaires, 2<sup>ed</sup>. Alsace-Lorraine : Doin éditeurs.
- LEYNAUD-ROUAUD C., LATOUR-RAULIN A., CUQ J-L., SERVILLE Y., 1992. Les légumes et les fruits. In : DUPIN H., CUQ J-L., MALEWIAK M-I., LEYNAUD-ROUAUD C., BERTHIER A-M. Alimentation et nutrition humaines. Paris: ESF éditeurs, 1992, p 965- 1096.
- LOISELEUR J., 1963. Technique de laboratoire : chimie physique et chimie biologique, 3<sup>e</sup> Ed. Tome 2. Paris : Tec et Doc, 1295p.
- LORIENT D., 1981. Point actuel sur le dosage des acides aminés dans les aliments. In : Colloque organisé à Rennes par le GAMS – OUEST et l'UNIVERSITE DE RENNES. Apria, 1981 ; p 153 - 173
- LOWRY O., ROSEBROUGH N., FARR A., 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent ; J. Biol. Chem, 193, pp 256 – 276
- MEYER A., DEJANA J., LECLERC H., 1984. Cours de microbiologie générale. Paris, Doin éditeur, 309p.
- MINOR L., RICHARD C., 1998. Méthodes de laboratoire pour l'identification des entérobactéries. Paris : institut Pasteur, 217p.

- MULTON J. L., 1991. Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires. Analyse des constituants alimentaires, 2<sup>e</sup> éd. Volume 4. Techniques et documentation Paris, 272p.
- MULTON J., 2002. Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires. 3<sup>ème</sup> édition. Technique et documentation, Paris.
- MURRAY P.R., BARON E.J., PFALLER M., TENOVER F.C., VULKEN R.H., 1999. Manual of clinical microbiology, 7<sup>ed</sup>, ASM Press, Washington D.C., p1526-1547.
- NOUT R. HOUNHOUIGAN J., VAN BOEKEL T., 2003. Les aliments. Transformation, conservation et qualité. Backhuys Publishers, Germany.
- ONN, 2004. Politique Nationale de Nutrition & Plan national d'action pour la Nutrition. République de Madagascar, Primature, 64p.
- ONU, 1957. Nutrition et alimentation tropicale. Tome 1. Ed ONU, Rome, 768p.
- PIDOUX J-P., 1995. Guide pour la préparation des fruits tropicaux. Edition FICB.
- RAHANDRAHA Th., CHANEZ M., BOITEAU P., 1963. Dosage à l'antrone de l'asiaticoside, ester – oside du *Centella asiatica*. In : Annales pharmaceutiques françaises, n°21, pp 313 - 320
- RAJERISON H., 1981. Contribution à la valorisation du fruit du tamarinier. Mémoire d'ingénieur ESSA Dép. IAA. Université d'Antananarivo.
- RELYVELD E., CHERMANN J., HERVE G., 1980. Les protéines. 2<sup>e</sup> Edition. Paris : Presse Universitaire de France, 127p
- ROUESSAC H., ROUESSAC F., 1994. Analyse chimique : Méthodes et techniques instrumentales modernes, 2<sup>e</sup> Ed. Paris : Masson, 303p
- SECALINE, 1996. Projet de sécurité alimentaire et de nutrition. Evaluation de la situation alimentaire et nutritionnelle à Madagascar. Faritany de Toliary SNSALT. Tome 1. Antananarivo, 74p.
- SECALINE, 1997. Situation alimentaire et nutritionnelle à Madagascar. Stratégie néonatale de sécurité alimentaire et de nutrition, 133p.
- STANLEY T.W., SHARPE M.E., HOLT J.G., 1989. Bergey's manual of systematic bacteriology. Philadelphia - Baltimore - New York – London –Buenos Aires – Hong Kong – Sydney – Tokyo . Lippincott Williams & Wilkins, 4 : p 2299-2648
- STARON T., 1980. L'alimentation humaine. Les nouvelles sources de protéines comestibles et les produits toxiques éventuellement présents dans les aliments. 2<sup>ème</sup> partie APRIA, Paris, p 165-393.

- WEIL, 1994. Biochimie générale, 7<sup>ème</sup> ed. Masson, Paris, 572p.
- WEINMAN S., MEHUL P., 2004. Toute la biochimie. DUNOD, Paris, 452p.
- WOLFF J., 1991. Analyse et dosage des lipides In : MULTON J.L. Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires : Analyse des constituants alimentaires, 2<sup>e</sup> Edition. Paris : Lavoisier Tec&Doc, 1991. Tome 4, p156 - 189
- YOUSSEF D. E., 2001. Détermination de la valeur nutritionnelle des feuilles de *Moringa oleifera* Lamarck consommées à Tuléar. Mémoire de DEA. Option biochimie appliquée aux sciences de l'alimentation et à la nutrition. Université d'Antananarivo.

#### e-bibliographie

- [1] Microsoft® Encarta® 2009 [DVD]. Microsoft Corporation, 2008.
- [2] <http://www.moringanews.org>
- [3] <http://www.codexalimentarius.net> : norme générale codex pour les matières protéiques végétales (MPV) CODEX STAN 174-1989
- [4] <http://www.codexalimentarius.net>: directives générales codex pour l'utilisation des matières protéiques végétales (mpv) dans les aliments. **CAC/GL 4-1989**
- [5] <http://www.ctht.org>
- [6] <http://www.fao.org>: food composition table for use in Africa.
- [7] <http://www.alpha-mos.com>
- [8] [http://www. Agr.gouv.qc.ca/qasa/cQiasa/dleaa.htm](http://www.Agr.gouv.qc.ca/qasa/cQiasa/dleaa.htm)

# ANNEXES

## ANNEXE 1 : Elaboration du panel de dégustation

### 1. Préparation des solutions pour les tests en vue de l'élaboration du panel de dégustation

#### Acide citrique

La solution mère d'acide citrique est préparée à partir de 1g d'acide citrique cristallisé dissout dans 1l d'eau distillée.

#### Chlorhydrate de quinine

0,020g de chlorhydrate de quinine est dissout dans 1l d'eau distillée pour la préparation de la solution mère.

#### Chlorure de sodium

6g de NaCl est dilué dans 1ml d'eau distillée afin d'obtenir la solution mère de chlorure de sodium.

#### Saccharose

La solution mère de concentration égale à 32g/l est obtenue par dilution de 32g de saccharose dans 1l d'eau distillée.

#### Préparation des différentes dilutions à partir de la solution mère

Substances témoins			Concentration (g/l)			
			Acide	Amère	Salée	Sucrée
			Acide citrique	Chlorhydrate de quinine	Chlorure de sodium	Saccharose
			1	0,020	6	32
Code des dilutions	Préparation		dilutions			
	Solution mère (ml)	Eau distillée (ml)				
G6	500	Quantité suffisante pour 1000	0,5	0,010	3	16
G5	250		0,250	0,005	1,5	8
G4	125		0,125	0,0025	0,75	4
G3	62		0,062	0,0012	0,37	2
G2	31		0,030	0,0006	0,18	1
G1	16		0,015	0,0003	0,09	0,5

## 2. Fiche distribuée pour la détermination des seuils de perception et de reconnaissance

Nom et prénoms : ..... ..... Date : .....
--

Code des récipients	1er	2è	3è	4è	5è	6è	7è	8è
Réponses								

Notation :

0 aucune impression perçue

X saveur perçue (seuil d'apparition)

XX saveur reconnue (seuil d'identification) accompagner les deux croix du nom de la saveur reconnue

Les concentrations des solutions utilisées pour l'élaboration du profil d'appréciation :

Code de dilution	Acide citrique (g/l)	Chlorhydrate de quinine (g/l)	Chlorure de sodium (g/l)	Saccharose (g/l)
G1	0,015	0,0003	0,09	0,5
G2	0,030	0,0006	0,18	1
G3	0,062	0,0012	0,37	2
G4	0,125	0,0025	0,75	4
G5	0,250	0,005	1,5	8
G6	0,5	0,010	3	16

# Profil d'appréciation du jury pour les 4 saveurs de bases

saveurs	acide		sucrée		salée		amère	
concentration g/l	0,25		16,0		1,50		0,0050	
jury	Intensité	Vh	Intensité	Vh	Intensité	Vh	Intensité	Vh
1	3,5	5	3	6	2	4	5	1
2	2	4	4	6	2	3	5	2
3	2	3	1	2	1	2	4	1
4	3,5	2,5	3	3	2	3	4	1
5	3,5	2,5	3	6	3	3	4	1
6	2,5	2	2	6	3	2	4	1
7	2	3	2	6	1	3	4	1
8	2	4	4	7	2	3	4	1
9	2	4	3	7	3	3	5	1
10	2,5	6	2	7	1	5	5	1
11	3,5	3	4	6	2	2	5	1
12	1,5	5	3	7	1	4	4	2
moyenne	2,5	3,7	2,8	5,8	1,9	3,1	4,4	1,2



## ANNEXE 2 : Fiche individuelle pour l'épreuve hédonique

### ANALYSE SENSORIELLE DES PÂTES DE FRUITS

### QUESTIONNAIRE POUR L'EPREUVE HEDONIQUE

#### Code produit :

A la vue du produit, avez-vous envie de le consommer?

NON

☐

Peut-être

☐






OUI

☐

Après avoir consommé, notez votre préférence globale :

1	2	3	4	5	6	7	8	9
extrêmement désagréable	Très désagréable	désagréable	Plutôt désagréable	Ni désagréable ni agréable	Plutôt agréable	agréable	Très agréable	Extrêmement agréable

Plus particulièrement :

	Je n'ai pas du tout aimé						J'ai beaucoup aimé
Aspect							
Odeur							
Goût							
Texture, consistance							

A l'avenir, si vous en aviez l'occasion, seriez-vous prêt à en consommer à nouveau ?

NON

☐

Peut-être

☐

OUI

☐

### ANNEXE 3 : Liste des descripteurs générés pour la description des pâtes de fruits

#### 1. Liste des descripteurs des pâtes de papaye

aspect ou apparence			texture	odeurs	goûts ou saveurs	texture en bouche	arômes	arrière-goûts
forme	couleur	surface						
irrégulière	marron foncé	brillant	molle	banane	sucré	collant	aviavy	sucré
	orange	mât	visqueux	spiruline	papaye	malléable	papaye	astringent
	jaune foncé	sec	lisse	tamarin	ananambo	lisse	anamamy	goût de feuille
	régulière	opaque	assez rugueuse	caramel		molle	sucré	acidulé
	uniforme		pâteuse	papaye		fondant	bonbon	
	brun		friable			dure	ravim-bomanga	
			cassant			granuleux	tamarin	
			grasse			élastique	banane	
			dure			masticable	miel	
			sablonneuse			moelleux	ananambo	
			malléable			grossier	floral	
			moelleuse					

## 2. Liste des descripteurs des pâtes de tamarin

aspect ou apparence			texture	odeurs	goûts ou saveurs	texture en bouche	arômes	arrière-goûts
forme	couleur	surface						
irrégulière	marron foncé	brillant	pâteuse	tamarin	sucré	malléable	tamarin	acide
	uniforme	lisse	assez rugueuse	fruits	acide	molle	brèdes	astringent
	teintée	granuleuse	visqueux	spiruline	tamarin	granuleux		sucré
	régulière	mât	molle	Ananambo	spiruline	sableux		tamarin
	brun	aspect de gomme	sablonneuse		acidulé	rugueuse		
	marron pointillé en noir		collant			collant		
			gluante			lisse		
			huileuse			grossier		
			déformable			fibreuse		
			sableux			facile à mâcher		
						fondant		
						grossier		
						friable		

#### ANNEXE 4 : Résultat du premier tri

	<b>Pâtes de papaye</b>
aspect	Forme irrégulière
	Brillant à mat
	Couleur uniforme
	Couleur jaune à marron
texture	Collant
	Lisse à rugueuse
odeurs	caramel
	tamarin
	papaye
saveurs	saveur sucré
	saveur papaye
	saveur ananambo
texture en bouche	molle à dure
	élastique à caoutchouteux
	collant
arrière goût	AG sucré
arôme	Ar miel
	Ar ananambo
	Ar papaye
	arôme floral

	<b>pâtes de tamarin</b>
aspect	Forme irrégulière
	Couleur uniforme
	Brillant à mat
	Couleur marron clair à foncé
texture	Grossier
	Lisse à rugueuse
	Collant
odeurs	tamarin
	ananambo
saveurs	saveur sucré
	saveur acide
	saveur tamarin
texture en bouche	fondant
	sableux
arrière goût	AG acide
	AG astringent
	AG tamarin
arôme	arôme tamarin

## ANNEXE 5: Deuxième tri et résultats

### 1. Pâte de papaye

	aspect				texture		odeurs			saveurs			texture en bouche			arrière goût	arôme			
	Forme irrégulière	Brillant à mat	Couleur uniforme	Couleur jaune à marron	Collante	Lisse à rugueuse	caramel	tamarin	papaye	saveur sucrée	saveur papaye	saveur ananambo	molle à dure	élastique à caoutchouteux	collant	AG sucré	Ar miel	Ar ananambo	Ar papaye	arôme floral
jugé 1	5	7	8	7	8	3	1	3	1	8	4	1	6	6	7	5	1	1	3	8
jugé 2	2	5	6	6	2	4	1	2	2	6	8	2	6	6	5	4	1	1	8	1
jugé 3	4	4	8	5	7	5	1	1	1	7	6	2	2	3	5	4	3	1	4	1
jugé 4	6	5	8	7	7	8	8	1	1	8	2	1	7	7	8	9	8	1	2	1
jugé 5	2	4	7	5	7	6	4	6	4	8	6	1	2	4	6	6	1	3	6	1
jugé 6	1	4	8	5	8	7	8	1	1	8	2	1	6	8	9	6	1	1	2	6
jugé 7	1	2	9	8	6	6	2	1	5	8	6	1	7	2	3	7	1	1	5	1
jugé 8	1	3	9	9	9	6	1	2	6	9	8	1	1	4	5	7	2	2	7	1
jugé 9	2	4	8	6	7	3	7	1	5	8	6	2	4	3	7	6	5	1	7	1
jugé 10	1	2	8	8	8	2	2	1	2	7	5	7	7	7	6	7	1	2	3	1
jugé 11	4	3	7	8	7	4	7	1	6	8	5	1	2	3	6	7	7	1	7	1
jugé 12	1	3	9	8	8	8	1	6	6	7	6	1	4	2	6	8	1	1	1	1
somme des intensités cumulées	30	46	95	82	84	62	43	26	40	92	64	21	54	55	73	76	32	16	55	24
moyenne des notes	2,50	3,83	7,92	6,83	7,00	5,17	3,58	2,17	3,33	7,67	5,33	1,75	4,50	4,58	6,08	6,33	2,67	1,33	4,58	2,00

Calcul de la moyenne géométrique M

	aspect				texture		odeurs			saveurs			texture en bouche			arrière goût	arôme			
	Forme irrégulière	Brillant à mat	Couleur uniforme	Couleur jaune à marron	T Collante	T Lisse à rugueuse	O caramel	O tamarin	O papaye	saveur sucré	saveur papaye	saveur ananambo	TB molle à dure	TB élastique	TB collant	AG sucré	Ar miel	Ar ananambo	Ar papaye	arôme floral
fréquences de citation	7	12	12	12	12	12	7	5	8	12	12	4	11	12	12	12	5	3	11	2
fréquences % de citation	58,33	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	58,33	41,67	66,67	100,00	100,00	33,33	91,67	100,00	100,00	100,00	41,67	25,00	91,67	16,67
somme intensité	30	46	95	82	84	62	43	26	40	92	64	21	54	55	73	76	32	16	55	24
somme intensité %	27,78	42,59	87,96	75,93	77,78	57,41	39,81	24,07	37,04	85,19	59,26	19,44	50,00	50,93	67,59	70,37	29,63	14,81	50,93	22,22
M	40,25	65,26	93,79	87,14	88,19	75,77	48,19	31,67	49,69	92,30	76,98	25,46	67,70	71,36	82,21	83,89	35,14	19,25	68,32	19,25

Résultat du 2<sup>ème</sup> tri

descripteurs	Couleur uniforme	saveur sucrée	T Collante	Couleur jaune à marron	AG sucré	TB collant	saveur papaye	T Lisse à rugueuse	TB élastique à caoutchouteux	Ar papaye	TB molle à dure	Brillant à mat	O papaye	O caramel	Forme irrégulière	Ar miel	O tamarin	saveur ananambo	Ar ananambo	arôme floral
M	93,79	92,30	88,19	87,14	83,89	82,21	76,98	75,77	71,36	68,32	67,70	65,26	49,69	48,19	40,25	35,14	31,67	25,46	19,25	19,25

## 2. Pâtes de tamarin

	aspect				texture			odeurs		saveurs			texture en bouche		arrière goût			arôme
	Forme irrégulière	Couleur uniforme	Brillant à mat	Couleur marron clair à foncé	Grossier	Lisse à rugueuse	Collant	tamarin	ananambo	saveur sucré	saveur acide	saveur tamarin	fondant	sableux	AG acide	AG astringent	AG tamarin	arôme tamarin
jugé 1	9	4	3	6	2	3	7	9	1	4	7	8	3	2	6	1	7	9
jugé 2	3	5	5	6	3	6	7	7	1	2	8	8	5	3	7	2	7	8
jugé 3	1	8	2	9	3	5	9	8	1	4	8	6	1	4	2	1	1	8
jugé 4	1	8	6	7	4	6	6	8	2	4	7	8	3	2	2	2	1	6
jugé 5	2	7	5	7	3	2	5	8	1	1	8	6	7	2	7	6	7	8
jugé 6	2	7	3	5	2	3	5	7	1	7	6	1	5	2	1	1	3	9
jugé 7	3	8	2	7	7	6	7	9	1	5	5	8	3	6	1	8	6	8
jugé 8	2	1	5	9	7	7	9	6	7	5	8	9	9	8	9	1	8	7
jugé 9	5	6	2	6	2	3	6	4	5	4	7	7	6	8	7	4	7	5
jugé 10	1	7	6	8	3	3	6	7	1	5	7	8	6	2	6	1	7	9
jugé 11	4	8	7	5	2	7	6	8	1	3	9	4	6	2	8	1	4	8
jugé 12	1	8	9	8	6	6	8	9	8	8	8	8	1	6	6	6	1	7
Somme intensité cumulées	34	77	55	83	44	57	81	90	30	52	88	81	55	47	62	34	59	92
moyenne des notes	2,83	6,42	4,58	6,92	3,67	4,75	6,75	7,50	2,50	4,33	7,33	6,75	4,58	3,92	5,17	2,83	4,92	7,67

Calcul de la moyenne géométrique M

	aspect				texture			odeurs		saveurs			texture en bouche		arrière goût			arôme
	Forme irrégulière	Couleur uniforme	Brillant à mat	Couleur marron clair à foncé	T Grossier	T Lisse à rugueuse	T Collant	O tamarin	O ananambo	saveur sucré	saveur acide	saveur tamarin	TB fondant	TB sableux	AG acide	AG astringent	AG tamarin	arôme tamarin
fréquences de citation	8	11	12	12	12	12	12	12	4	11	12	11	10	12	10	6	9	12
fréquences % de citation	66,67	91,67	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	33,33	91,67	100,00	91,67	83,33	100,00	83,33	50,00	75,00	100,00
somme intensité	34	77	55	83	44	57	81	90	30	52	88	81	55	47	62	34	59	92
somme intensité %	31,48	71,30	50,93	76,85	40,74	52,78	75,00	83,33	27,78	48,15	81,48	75,00	50,93	43,52	57,41	31,48	54,63	85,19
M	45,81	80,84	71,36	87,67	63,83	72,65	86,60	91,29	30,43	66,43	90,27	82,92	65,14	65,97	69,17	39,67	64,01	92,30

Résultat du 2<sup>ème</sup> tri

descripteurs	arôme tamarin	O tamarin	saveur acide	Couleur marron clair à foncé	T Collant	saveur tamarin	Couleur uniforme	T Lisse à rugueuse	Brillant à mat	AG acide	saveur sucré	TB sableux	TB fondant	AG tamarin	T Grossier	Forme irrégulière	AG astringent	O ananambo
M	92,30	91,29	90,27	87,67	86,60	82,92	80,84	72,65	71,36	69,17	66,43	65,97	65,14	64,01	63,83	45,81	39,67	30,43



## ANNEXE 6 : Tri statistique

### 1. Pâtes de papaye

Résultat 2ème TRI Papaye : données pour l'ACP

	Brillant à mat	Couleur uniforme	Couleur jaune à marron	T Collante	T Lisse à rugueuse	O caramel	O papaye	saveur sucré	saveur papaye	TB molle à dure	TB élastique à caoutchou teux	TB collant	AG sucré	Ar papaye
jugé 1	7	8	7	8	3	1	1	8	4	6	6	7	5	3
jugé 2	5	6	6	2	4	1	2	6	8	6	6	5	4	8
jugé 3	4	8	5	7	5	1	1	7	6	2	3	5	4	4
jugé 4	5	8	7	7	8	8	1	8	2	7	7	8	9	2
jugé 5	4	7	5	7	6	4	4	8	6	2	4	6	6	6
jugé 6	4	8	5	8	7	8	1	8	2	6	8	9	6	2
jugé 7	2	9	8	6	6	2	5	8	6	7	2	3	7	5
jugé 8	3	9	9	9	6	1	6	9	8	1	4	5	7	7
jugé 9	4	8	6	7	3	7	5	8	6	4	3	7	6	7
jugé 10	2	8	8	8	2	2	2	7	5	7	7	6	7	3
jugé 11	3	7	8	7	4	7	6	8	5	2	3	6	7	7
jugé 12	3	9	8	8	8	1	6	7	6	4	2	6	8	1

**Matrice de corrélation :**

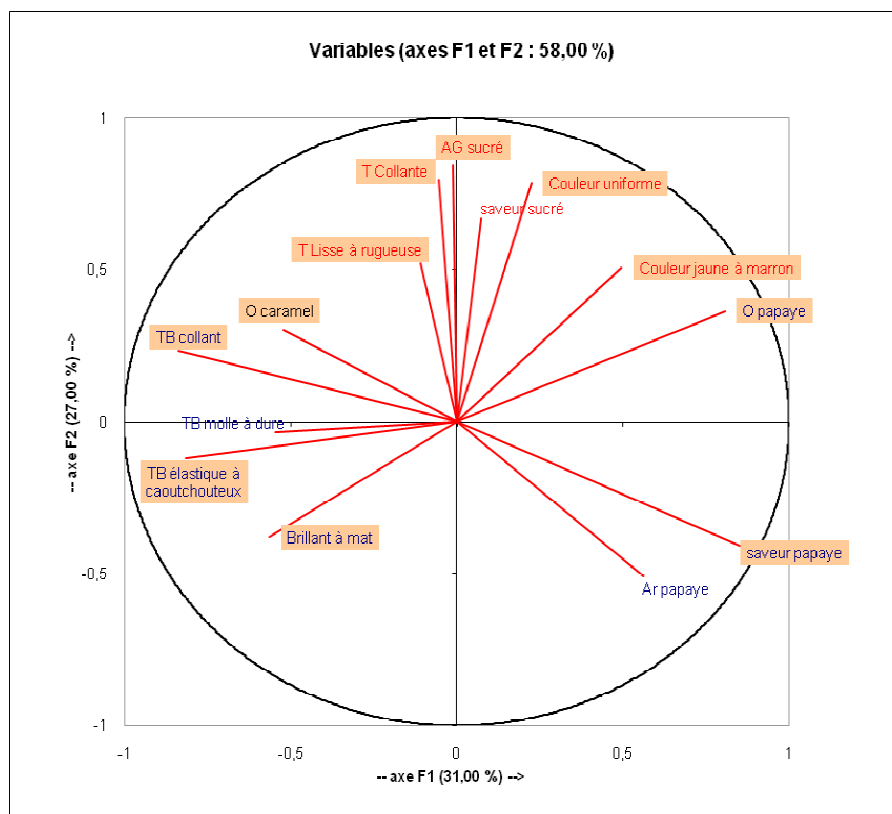
	Brillant à mat	Couleur uniforme	Couleur jaune à marron	T Collante	T Lisse à rugueuse	O caramel	O papaye	saveur sucré	saveur papaye	TB molle à dure	TB élastique à caoutchouteux	TB collant	AG sucré	Ar papaye
Brillant à mat	1	-0,372	-0,431	-0,184	-0,087	0,046	-0,572	-0,055	-0,281	0,142	0,404	0,462	-0,404	-0,077
Couleur uniforme	-0,372	1	0,492	0,689	0,363	-0,181	0,292	0,476	-0,088	0,022	-0,307	-0,124	0,494	-0,482
Couleur jaune à marron	-0,431	0,492	1	0,295	-0,022	-0,274	0,553	0,277	0,225	0,028	-0,241	-0,366	0,591	0,005
T Collante	-0,184	0,689	0,295	1	0,156	0,120	0,165	0,664	-0,350	-0,273	-0,025	0,331	0,449	-0,476
T Lisse à rugueuse	-0,087	0,363	-0,022	0,156	1	0,193	0,111	0,215	-0,253	-0,060	-0,090	0,141	0,498	-0,423
O caramel	0,046	-0,181	-0,274	0,120	0,193	1	-0,059	0,360	-0,661	0,099	0,283	0,680	0,374	-0,051
O papaye	-0,572	0,292	0,553	0,165	0,111	-0,059	1	0,338	0,533	-0,511	-0,755	-0,434	0,379	0,411
saveur sucré	-0,055	0,476	0,277	0,664	0,215	0,360	0,338	1	-0,223	-0,308	-0,092	0,174	0,416	0,065
saveur papaye	-0,281	-0,088	0,225	-0,350	-0,253	-0,661	0,533	-0,223	1	-0,478	-0,568	-0,766	-0,358	0,685
TB molle à dure	0,142	0,022	0,028	-0,273	-0,060	0,099	-0,511	-0,308	-0,478	1	0,540	0,191	0,160	-0,443
TB élastique à caoutchouteux	0,404	-0,307	-0,241	-0,025	-0,090	0,283	-0,755	-0,092	-0,568	0,540	1	0,645	-0,038	-0,308
TB collant	0,462	-0,124	-0,366	0,331	0,141	0,680	-0,434	0,174	-0,766	0,191	0,645	1	0,181	-0,452
AG sucré	-0,404	0,494	0,591	0,449	0,498	0,374	0,379	0,416	-0,358	0,160	-0,038	0,181	1	-0,389
Ar papaye	-0,077	-0,482	0,005	-0,476	-0,423	-0,051	0,411	0,065	0,685	-0,443	-0,308	-0,452	-0,389	1

*En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil  $\alpha=0,050$  (test bilatéral)*

<b>Contributions des variables (%) :</b>											
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
Brillant à mat	7,422	3,781	1,810	10,831	0,072	45,556	0,383	19,042	0,010	0,031	1,895
Couleur uniforme	1,174	16,177	6,164	9,119	0,022	0,029	13,077	0,091	17,708	21,192	1,482
Couleur jaune à marron	5,770	6,747	6,700	3,000	18,259	10,988	9,244	0,315	3,722	16,839	12,982
T Collante	0,066	16,653	1,129	18,652	4,569	7,237	2,675	0,148	0,261	3,871	0,590
T Lisse à rugueuse	0,278	7,093	0,021	0,447	52,664	13,988	0,206	11,763	0,148	0,113	4,415
O caramel	6,371	2,413	19,528	19,200	0,059	3,138	3,914	1,920	0,049	14,383	0,024
O papaye	15,236	3,488	3,623	4,655	0,053	0,102	2,379	8,171	13,458	18,240	14,101
saveur sucré	0,126	11,761	15,255	2,360	6,443	9,467	19,212	5,587	0,790	8,142	0,313
saveur papaye	17,258	4,461	0,044	0,459	0,008	1,209	2,885	3,240	21,729	0,020	14,232
TB molle à dure	6,988	0,031	23,402	10,521	3,178	1,275	18,333	2,269	8,745	9,813	0,114
TB élastique à caoutchouteux	15,532	0,392	0,660	0,438	9,526	0,997	5,172	40,324	3,802	0,447	0,687
TB collant	16,402	1,433	6,580	0,045	0,250	0,396	13,596	2,471	25,868	0,992	0,395
AG sucré	0,003	18,752	0,607	15,489	0,000	2,259	5,744	0,276	2,427	2,525	47,167
Ar papaye	7,375	6,818	14,477	4,786	4,896	3,358	3,181	4,385	1,281	3,393	1,604

Les descripteurs, tb molle à dure, brillant à mat, ar papaye, odeurs papaye, saveur papaye, tb élastique, tb collant contribuent à la formation de l'axe F1  
les descripteurs t lisse à rugueuse, couleur jaune à marron, ar papaye, couleur uniforme, t collante, saveur sucrée, ag sucré contribuent à la formation de l'axe F2.

## Graphique sur l'analyse en composantes principales



Le descripteur *o caramel* ne contribue que faiblement à l'axe F1. *Savour papaye* et *ar papaye* sont proches, le descripteur *savour papaye* contribue beaucoup plus à la construction de l'axe F1. *Savour sucrée* et *AG sucré* sont proches, mais *AG* contribue fortement à la construction de l'axe F1. Les 11 descripteurs mis en évidence sont retenus.

## 2. Pâtes de tamarin

Résultat du 2<sup>ème</sup> tri des descripteurs : données pour l'ACP

descripteurs	Couleur uniforme	Brillant à mat	marron clair à foncé	T Grossier	T Lisse à rugueuse	T Collant	O tamarin	savoir sucré	savoir acide	savoir tamarin	TB fondant	TB sableux	AG acide	AG tamarin	arôme tamarin
jugé 1	4	3	6	2	3	7	9	4	7	8	3	2	6	7	9
jugé 2	5	5	6	3	6	7	7	2	8	8	5	3	7	7	8
jugé 3	8	2	9	3	5	9	8	4	8	6	1	4	2	1	8
jugé 4	8	6	7	4	6	6	8	4	7	8	3	2	2	1	6
jugé 5	7	5	7	3	2	5	8	1	8	6	7	2	7	7	8
jugé 6	7	3	5	2	3	5	7	7	6	1	5	2	1	3	9
jugé 7	8	2	7	7	6	7	9	5	5	8	3	6	1	6	8
jugé 8	1	5	9	7	7	9	6	5	8	9	9	8	9	8	7
jugé 9	6	2	6	2	3	6	4	4	7	7	6	8	7	7	5
jugé 10	7	6	8	3	3	6	7	5	7	8	6	2	6	7	9
jugé 11	8	7	5	2	7	6	8	3	9	4	6	2	8	4	8
jugé 12	8	9	8	6	6	8	9	8	8	8	1	6	6	1	7

**Matrice de corrélation :**

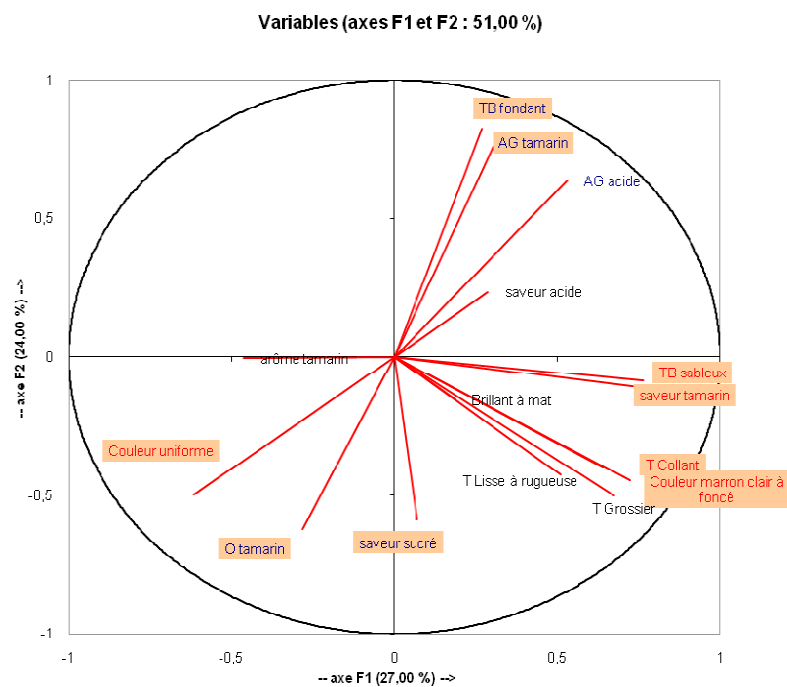
Contributions des variables (%) :

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
Couleur uniforme	9,436	6,982	1,001	6,074	2,508	7,957	1,366	6,646	25,175	22,646	3,013
Brillant à mat	0,866	0,689	28,849	1,423	14,157	6,319	9,150	0,144	1,654	0,474	11,924
Couleur marron clair à foncé	10,225	4,449	0,014	3,542	4,874	2,492	20,375	29,060	0,760	0,289	3,231
T Grossier	11,375	7,060	1,126	1,805	7,821	9,151	0,968	8,743	2,577	7,484	14,370
T Lisse à rugueuse	6,516	5,102	5,213	1,381	2,182	0,315	47,918	0,471	2,892	12,989	3,672
T Collant	13,043	5,649	0,028	2,403	3,620	19,910	1,898	1,131	0,291	1,314	0,003
O tamarin	1,968	10,908	6,079	18,171	0,024	3,911	1,210	1,808	6,485	24,239	19,073
saveur sucré	0,117	9,765	3,415	1,998	34,183	6,890	10,498	7,724	0,462	1,502	10,875
saveur acide	2,046	1,546	31,245	1,998	3,765	10,322	0,071	0,298	2,241	1,512	1,043
saveur tamarin	13,332	0,320	0,002	5,356	7,979	19,368	4,075	9,622	7,605	7,307	1,284
TB fondant	1,791	19,118	0,001	0,008	10,563	0,208	0,383	24,899	0,898	0,320	17,503
TB sableux	14,578	0,205	9,302	6,846	0,229	0,251	0,063	0,849	28,967	0,395	1,293
AG acide	7,029	11,444	9,955	0,017	0,696	0,048	1,898	6,928	10,794	0,026	6,683
AG tamarin	2,356	16,762	2,859	11,007	0,679	3,985	0,083	1,015	6,493	6,252	0,108
arôme tamarin	5,322	0,001	0,911	37,969	6,720	8,874	0,044	0,662	2,707	13,251	5,925

Les descripteurs couleurs uniformes, couleur marron clair à foncé, t grossier, t collant, saveur tamarin, tb sableux contribuent à la formation de l'axe F1.

Les descripteurs o tamarin, saveur sucré, tb fondant, ag acide, ag tamarin contribuent à la formation de l'axe F2

## Graphique sur l'analyse en composantes principales



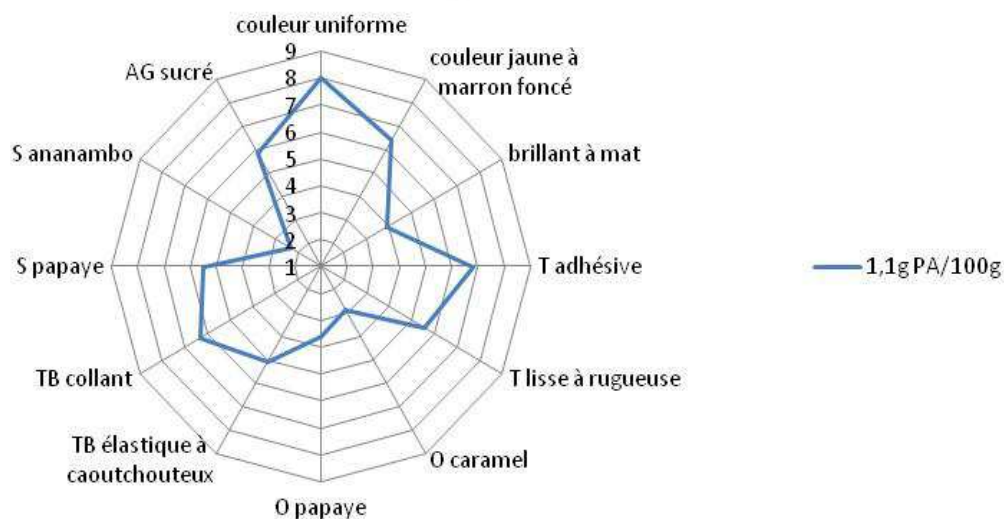
Les descripteurs: arôme tamarin, saveur acide, brillant à mat, T lisse à rugueuse, T grossier ne contribuent que faiblement à la construction des axes F1 et F2. T lisse à rugueuse et t grossier sont synonymes. T grossier et tb sableux forment un angle inférieur à  $45^\circ$ . AG acide et AG tamarin sont synonymes. 9 descripteurs sont retenus



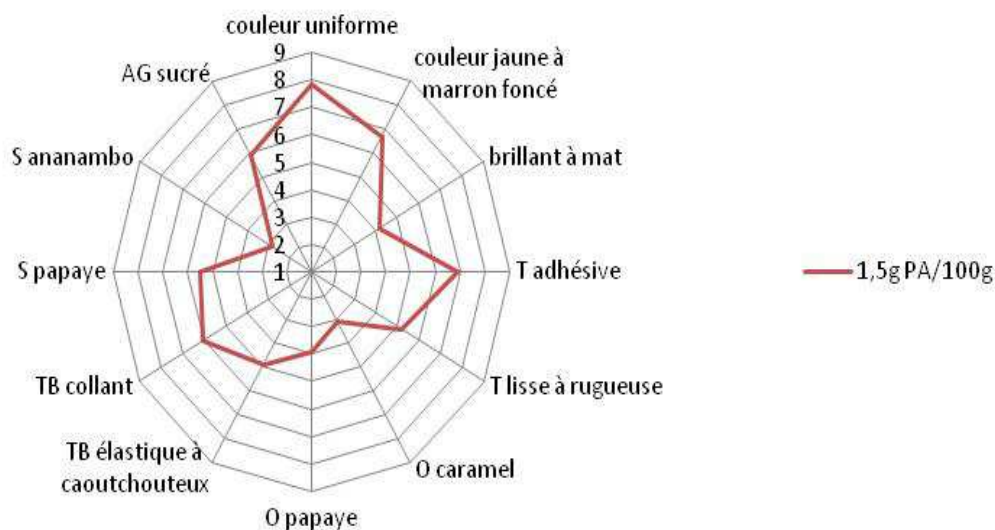
## ANNEXE 7. Elaboration des profils sensoriels

### 1. Profil sensoriel des pâtes de papaye

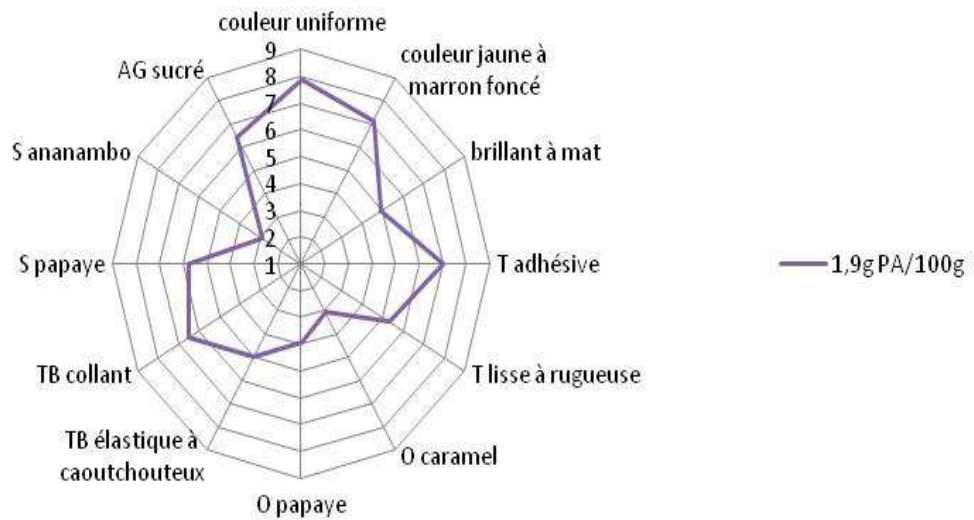
#### Profil sensoriel de la pâte de papaye avec 1,1g PA/100g



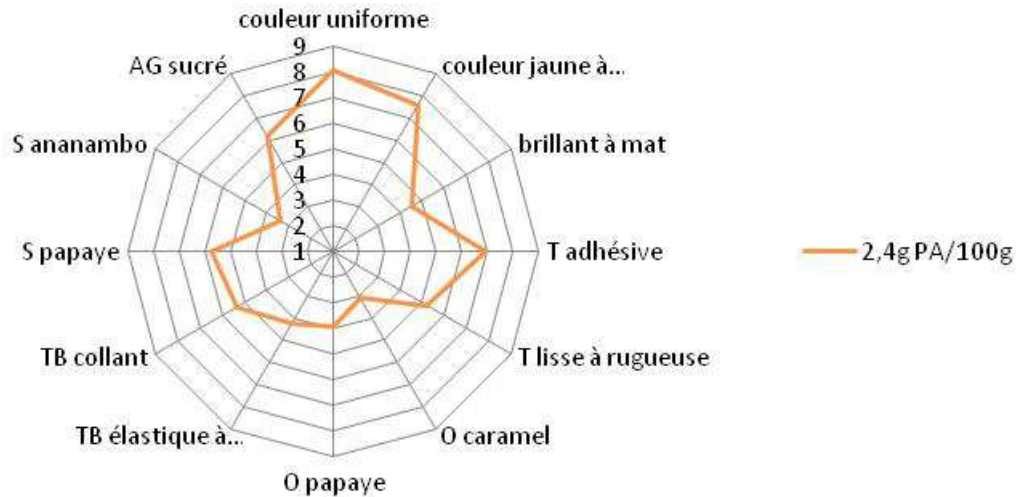
#### Profil sensoriel de la pâte de papaye avec 1,5g PA/100g



### Profil sensoriel de la pâte de papaye avec 1,9g PA/100g



### Profil sensoriel de la pâte de papaye avec 2,4g PA/100g



Les descripteurs ayant une note moyenne supérieure à 5 sont caractéristiques du produit.

# Mise en évidence de différences significatives des descripteurs par l'ANOVA

descripteurs	p value	1,1g PA/100g	1,5g PA/100g	1,9g PA/100g	2,4g PA/100g	différence significative
couleur uniforme	0,355	8,00	7,83	7,92	8,08	non
		0,426	0,389	0,289	0,289	
couleur jaune à marron foncé	0,004	6,42	6,67	7,17	7,58	oui
		1,084	0,492	0,577	0,900	
brillant à mat	0,039	3,92	4,17	4,92	4,50	oui
		0,900	0,835	0,900	0,798	
T adhésive	0,952	6,83	6,92	7,00	6,92	non
		0,718	0,793	0,603	0,669	
T lisse à rugueuse	0,317	5,58	5,17	5,33	5,17	non
		0,515	0,577	0,778	0,577	
O caramel	0,935	2,83	3,08	3,08	3,08	non
		0,937	1,505	1,084	0,996	
O papaye	0,918	3,58	3,92	3,92	3,92	non
		1,505	1,240	1,621	1,240	
TB élastique à caoutchouteux	0,096	5,08	4,92	5,00	4,25	plutôt oui
		0,669	1,084	1,128	0,452	
TB collant	0,017	6,33	6,08	6,50	5,33	oui
		0,778	0,793	1,000	1,073	
S papaye	0,863	5,50	5,50	5,75	5,75	non
		1,243	1,000	0,866	0,866	
S ananambo	0,096	2,33	2,83	2,92	3,42	plutôt oui
		0,651	0,835	0,900	1,505	
AG sucré	0,199	5,83	5,92	6,50	6,17	non
		0,937	0,669	0,798	0,835	

Les descripteurs retenus pour l'élaboration du profil des 4 produits sont :

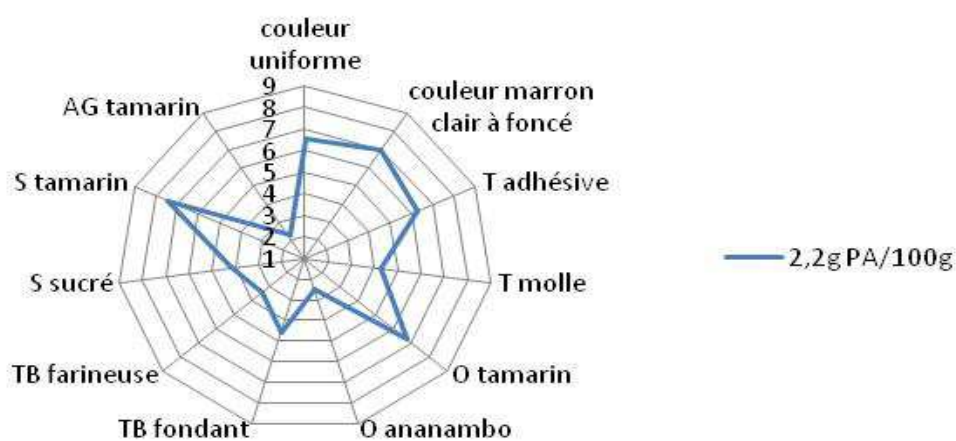
Couleur jaune à marron foncé, brillant à mat, Texture en bouche élastique à caoutchouteux, Texture en bouche collante, Saveur ananambo.

Mise en évidence de la plus petite différence significative par le test de Fisher.

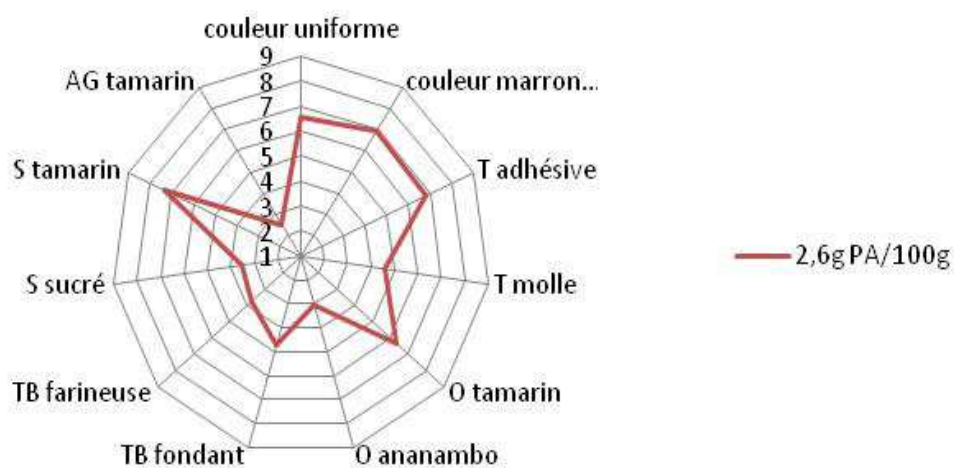
LSD de Fisher				
	1,1g PA/100g	1,5g PA/100g	1,9g PA/100g	2,4g PA/100g
couleur jaune à marron foncé	A	AB	BC	C
brillant à mat	A	A	B	AB
TB élastique à caoutchouteux	B	AB	B	A
TB collante	B	AB	B	A
S ananambo	A	AB	AB	B

## 2. Profil sensoriel des pâtes de tamarin

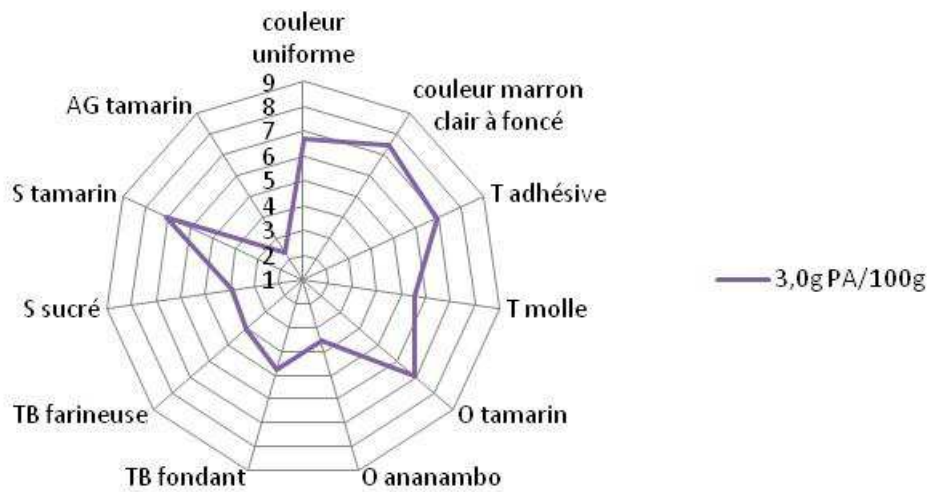
### Profil sensoriel de la pâte de tamarin avec 2,2g PA/100g



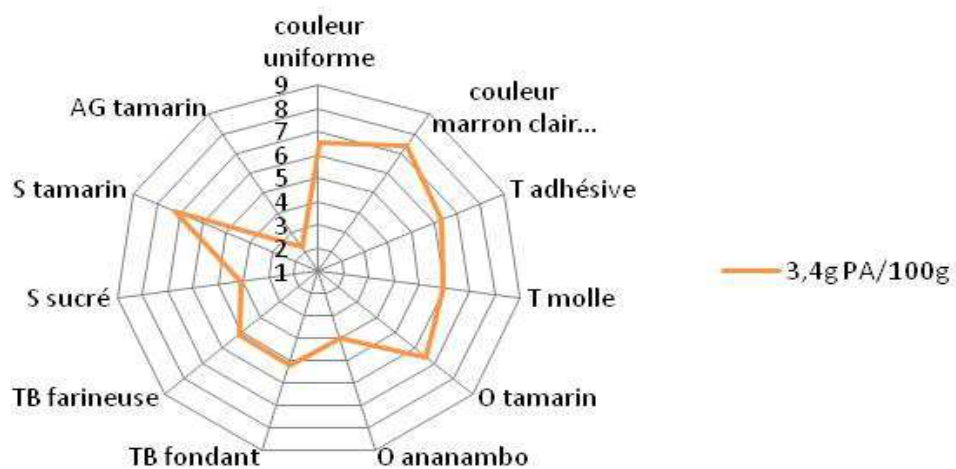
### Profil sensoriel de la pâte de tamarin avec 2,6g PA/100g



### Profil sensoriel de la pâte de tamarin avec 3,0g PA/100g



### Profil sensoriel de la pâte de tamarin avec 3,4g PA/100g



Les descripteurs ayant une note moyenne supérieure à 5 sont caractéristiques du produit.

Mise en évidence des différences significatives par l'ANOVA

descripteurs	p value	2,2g PA/100g	2,6g PA/100g	3,0g PA/100g	3,4g PA/100g	différence significative
couleur uniforme	0,915	6,50 0,674	6,58 0,669	6,67 0,651	6,50 0,674	non
couleur marron clair à foncé	0,097	6,92 0,669	6,92 0,669	7,42 0,515	7,42 0,793	non
T adhésive	0,419	6,25 1,422	6,83 0,835	6,92 0,669	6,33 1,614	non
T molle	0,018	4,25 1,545	4,58 1,443	5,50 1,382	5,92 1,165	oui
O tamarin	0,280	6,75 0,754	6,33 0,888	6,92 0,793	6,58 0,515	non
O ananambo	0,004	2,50 0,905	3,00 0,739	3,58 1,240	4,00 1,044	oui
TB fondant	0,594	4,58 0,996	4,67 1,073	4,75 1,138	5,17 1,267	non
TB farineuse	< 0,0001	3,42 0,669	3,75 0,754	4,08 0,900	5,17 1,115	oui
S sucrée	0,473	4,17 1,337	3,50 0,798	3,92 1,311	4,08 0,900	non
S tamarin	0,542	7,42 0,515	7,33 0,492	7,08 0,669	7,25 0,622	non
AG tamarin	0,919	2,25 0,965	2,50 1,168	2,33 0,778	2,25 1,055	non

Mise en évidence de la plus petite différence significative par le test de Fisher.

	LSD Fisher (croissant)			
	2,2g PA/100g	2,6g PA/100g	3,0g PA/100g	3,4g PA/100g
T molle	A	AB	BC	C
O ananambo	A	AB	BC	C
TB farineuse	A	A	A	B

## ANNEXE 8 : Composition du réactif D

Réactif D : mélange de A/B/C (100 ; 1 ; 1) (V/V/V)

A : solution de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  à 2% (P/V) dans NaOH 0,1N

B : solution de sulfate de cuivre à 1% (P/V) dans l'eau distillée

C : solution de tartrate double de sodium et potassium à 2,4% (P/V) dans l'eau distillée



**Title** : «Fortification in proteins of tropical fruits : *Carica papaya* case and *Tamarindus indica* by using *Moringa oleifera* leaves from Antsiranana»

**Author** : NDRIANAIVO Elia Njara

**Abstract** :

*Moringa oleifera* grows easily in different regions of Madagascar, especially in Antsiranana. Their leaves, rich in proteins, are eaten by the population on the Coast but neglected by those on Highlands due to food habit rigidity. *Carica papaya* and *Tamarindus indica* are tropical fruits available along the year.

This study aims at increasing the consumption of proteins by blending *Moringa oleifera* leaves with *Carica papaya* and *Tamarindus indica* pastes.

Microbiological and nutritional analysis were carried out to show the effects of the mixture of *Moringa* powder and fruit pastes. The sensory analysis allowed to know the degree of acceptance of the mixture.

*Papaya* and *Tamarindus* pastes mixed with *Moringa* leaf powder are microbiologically acceptable. Sensory analysis showed that these products are well appreciated. So, the fruits pastes with a higher level of *Moringa* respectively, 2.4% for *Papaya* paste and 3.4% for *Tamarindus*, were selected to be the final products. The addition of *Moringa* leaf powder increases the quantity of protein in the fruit pastes: 42.4% for *Papaya* and 61.7% for *Tamarindus*. We also noticed an increase of potassium and sodium in the order of 5 to 20%. Final products provide important quantity of energy: 329.95Kcal/100g for *Papaya* and 288.51Kcal/100g for *Tamarindus*.

The results of this study showed that the mixture of *Moringa* leaf powder and fruit pastes are favourable to the protein fortification.

**Key words** : *Moringa oleifera*, *Carica papaya*, *Tamarindus indica*, fruit paste, protein fortification, microbiological analysis, nutritional analysis, sensory analysis.

**Advisor** : Pr. Louisette RAZANAMPARANY

**Titre du mémoire** : « Fortification protéique des fruits tropicaux : cas de la papaye (*Carica papaya*) et du tamarin (*Tamarindus indica*), par l'utilisation des feuilles d'ananambo (*Moringa oleifera*) d'Antsiranana. »

**Auteur** : NDRIANAIVO Elia Njara

**Résumé** :

L'ananambo (*Moringa oleifera*) est une plante qui pousse facilement dans les différentes régions de Madagascar, en particulier à Antsiranana. Ses feuilles, riches en protéines, sont consommées par la population côtière mais négligées par celle des hautes terres du fait de la rigidité des habitudes alimentaires. La papaye (*Carica papaya*) et le tamarin (*Tamarindus indica*) sont des fruits tropicaux disponibles toute l'année.

L'objectif de l'étude est d'augmenter l'ingéré protéique des consommateurs potentiels en incorporant la poudre de feuilles d'ananambo dans les pâtes de papaye et de tamarin.

Plusieurs analyses ont été menées sur la qualité microbiologique des pâtes de fruits additionnées d'ananambo, puis les valeurs nutritionnelles des produits ont été déterminées afin de mettre en exergue les effets de l'incorporation de poudre d'ananambo dans les produits. Enfin, des analyses sensorielles ont permis de connaître l'acceptabilité des pâtes de fruits additionnées d'ananambo.

Les pâtes de papaye et les pâtes de tamarin additionnées de poudre d'ananambo sont acceptables du point de vue microbiologique. Les analyses sensorielles ont montré que les pâtes de papaye et de tamarin additionnées d'ananambo sont toutes appréciées. Les pâtes de fruits avec des concentrations les plus élevées en poudre d'ananambo ont été choisies comme produits finis, soit 2,4% pour la pâte de papaye et 3,4% pour la pâte de tamarin. L'incorporation de poudre d'ananambo dans les pâtes de fruits entraîne une augmentation de 42,4% des protéines de la pâte de papaye et 61,70% de celles de la pâte de tamarin. Les éléments minéraux subissent aussi une augmentation considérable tels le potassium et le sodium dont les variations se situent entre 5 à 20%. Les produits finis apportent une quantité importante d'énergie : 329,95Kcal/100g de pâte de papaye et 288,51Kcal/100g de pâte de tamarin.

Les résultats de cette étude démontrent que l'association poudre d'ananambo-pâtes de fruits est favorable pour une conduite de fortification protéique.

**Mots clés** : *Moringa oleifera*, *Carica papaya*, *Tamarindus indica*, pâtes de fruits, fortification protéique, analyses microbiologiques, analyses nutritionnelles, analyses sensorielles.

**Encadreur** : Pr. RAZANAMPARANY Louissette

**Titre du mémoire** : « Fortification protéique des fruits tropicaux : cas de la papaye (*Carica papaya*) et du tamarin (*Tamarindus indica*), par l'utilisation des feuilles d'ananambo (*Moringa oleifera*) d'Antsiranana. »

**Auteur** : NDRIANAIVO Elia Njara

**Résumé** :

L'ananambo (*Moringa oleifera*) est une plante qui pousse facilement dans les différentes régions de Madagascar, en particulier à Antsiranana. Ses feuilles, riches en protéines, sont consommées par la population côtière mais négligées par celle des hautes terres du fait de la rigidité des habitudes alimentaires. La papaye (*Carica papaya*) et le tamarin (*Tamarindus indica*) sont des fruits tropicaux disponibles toute l'année.

L'objectif de l'étude est d'augmenter l'ingéré protéique des consommateurs potentiels en incorporant la poudre de feuilles d'ananambo dans les pâtes de papaye et de tamarin.

Plusieurs analyses ont été menées sur la qualité microbiologique des pâtes de fruits additionnées d'ananambo, puis les valeurs nutritionnelles des produits ont été déterminées afin de mettre en exergue les effets de l'incorporation de poudre d'ananambo dans les produits. Enfin, des analyses sensorielles ont permis de connaître l'acceptabilité des pâtes de fruits additionnées d'ananambo.

Les pâtes de papaye et les pâtes de tamarin additionnées de poudre d'ananambo sont acceptables du point de vue microbiologique. Les analyses sensorielles ont montré que les pâtes de papaye et de tamarin additionnées d'ananambo sont toutes appréciées. Les pâtes de fruits avec des concentrations les plus élevées en poudre d'ananambo ont été choisies comme produits finis, soit 2,4% pour la pâte de papaye et 3,4% pour la pâte de tamarin. L'incorporation de poudre d'ananambo dans les pâtes de fruits entraîne une augmentation de 42,4% des protéines de la pâte de papaye et 61,70% de celles de la pâte de tamarin. Les éléments minéraux subissent aussi une augmentation considérable tels le potassium et le sodium dont les variations se situent entre 5 à 20%. Les produits finis apportent une quantité importante d'énergie : 329,95Kcal/100g de pâte de papaye et 288,51Kcal/100g de pâte de tamarin.

Les résultats de cette étude démontrent que l'association poudre d'ananambo-pâtes de fruits est favorable pour une conduite de fortification protéique.

**Mots clés** : *Moringa oleifera*, *Carica papaya*, *Tamarindus indica*, pâtes de fruits, fortification protéique, analyses microbiologiques, analyses nutritionnelles, analyses sensorielles.

**Encadreur** : Pr. RAZANAMPARANY Louisette