

2024

# Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)

Yamuremye, Vital

UB, EANSI

---

<https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/1896>

*Téléchargé depuis le dépôt institutionnel officiel de l'Université du Burundi*

**UNIVERSITE DU BURUNDI**

**EAST AFRICAN NUTRITIONAL SCIENCES INSTITUTE (EANSI)**

**DEPARTEMENT: SCIENCES DES ALIMENTS ET NUTRITION**



**Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et  
des propriétés physicochimiques de la farine de la patate  
douce à chair orange (PDCO)**

**Par:**

**YAMUREMYE Vital**

**Sous la Direction de:**

**Professeur KAKANA Pascal**

**Mémoire présenté et défendu en vue de  
l'obtention du diplôme de Master en  
Sciences des Aliments et Nutrition  
Spécialité: Technologie et Qualité des  
Aliments**

**Bujumbura, Octobre 2024**

**IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY**

Professeur BARARUNYERETSE Prudence: Président

Dr MUGANI Richard: Secrétaire

Professeur KAKANA Pascal: Membre

**DEDICACE**

A ma très chère épouse;

A mes chers enfants;

A mes très chers parents;

A tous ceux qui me sont chers;

Je dédie ce mémoire.

## **REMERCIEMENTS**

Tout travail de recherche, même s'il est souvent signé par un individu, représente une création collective et il est essentiel de reconnaître toutes les personnes qui ont contribué à son aboutissement.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude au Professeur KAKANA Pascal, Directeur de ce mémoire. Malgré ses nombreuses responsabilités, il a accepté de nous guider avec bienveillance. Ses conseils avisés, sa rigueur scientifique et sa disponibilité ont été d'une aide précieuse tout au long de notre recherche.

Nous remercions également le personnel du laboratoire du Kenya Bureau of Standards (KBS) pour leur soutien dans l'analyse des échantillons. Leur expertise et leur assistance ont été déterminantes pour la qualité de notre travail.

Nos remerciements s'adressent également à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, en particulier ceux de l'EANSI. Leur dévouement et leur passion pour l'enseignement ont façonné notre parcours académique.

Une mention spéciale va à ma chère épouse, dont le soutien inconditionnel et les encouragements constants ont été une source de motivation. Je remercie également mes parents pour leur guidance et leur soutien tout au long de ma vie.

Enfin, nous souhaitons exprimer notre reconnaissance à ma famille en générale et en particulier à la famille NZISABIRA Willy, pour leur soutien indéfectible dans nos recherches. Votre fierté face à nos accomplissements est un encouragement inestimable.

À tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail, vous méritez bien plus qu'un simple merci. Votre aide a été essentielle, et nous vous en sommes profondément reconnaissant.

**YAMUREMYE Vital**

## **RESUME**

La patate douce à chair orange est mise en avant comme une solution pour combattre la carence en vitamine A, un problème de santé publique majeur touchant particulièrement les enfants et les femmes enceintes ou allaitantes. L'objectif principal de cette étude était de caractériser cette variété de patate douce et d'évaluer l'évolution de sa qualité après transformation en farine et conservation. Pour ce faire, des échantillons de patate douce à chair orange ont été achetés sur un marché local à Nairobi, puis épluchés et découpés en chips. Ces chips ont été divisées en deux lots : un lot a été blanchi, tandis que l'autre est resté non traité. Tous les chips ont ensuite été séchés au soleil pendant une semaine, trois heures par jour. Des analyses ont été réalisées au laboratoire du Kenya Bureau of Standards (KBS) sur les échantillons de chips et de farine conservés pour une évaluation ultérieure. Les résultats ont montré que 100 g de matière sèche de la patate douce fraîche contenait des niveaux significatifs de protéines, lipides, glucides,  $\beta$ -carotène, calcium et fer avec respectivement  $3,45 \pm 0,01$  g,  $1,48 \pm 0,05$  g,  $87,22 \pm 0,25$  g,  $28,03 \pm 0,15$  mg,  $78,14 \pm 2,26$  mg et  $2,44 \pm 0,05$  mg. Les analyses physico-chimiques après séchage ont révélé une diminution des valeurs nutritionnelles dans les farines blanchies et non blanchies, notamment une perte significative de  $\beta$ -carotène. Ces pertes correspondent à: 14% et 30% pour les protéines, 40% et 21% pour les lipides, 2,8% et 1,1% pour les glucides, 62% et 51% pour le  $\beta$ -carotène, 9% et 8% pour les cendres par rapport à la patate douce fraîche, respectivement dans la farine de tranche de patate douce blanchies et dans la farine des tranches de patate douce non blanchies. Après trois mois de conservation, certaines valeurs nutritionnelles ont varié, avec des diminutions ou augmentations observées dans les farines stockées dans les proportions suivantes respectivement dans les chips conservée et dans la farine conservée: 5,4% et 10% pour les protéines, 7,8% pour les lipides, 3,8% et 5% pour les glucides, 45% et 50% pour le  $\beta$ -carotène, 29% et 41% pour l'eau (augmentation) les quantités de cendres, de calcium et de Fer n'ont pas varié. L'analyse microbiologique a également été effectuée, montrant la présence de micro-organismes dans les farines mais sans détection de pathogènes tels que les coliformes ou *Staphylococcus aureus*. Le blanchiment et la conservation des chips de patate douce à chair orange semblent efficaces pour réduire les pertes nutritives et ralentir le développement microbien, ce qui pourrait avoir des implications importantes pour la sécurité alimentaire et la nutrition dans les régions touchées par la carence en vitamine A.

Mots clés: PDCO, analyse microbiologique, propriétés physicochimiques,  $\beta$ -carotène

## **ABSTRACT**

The orange-fleshed sweet potato is highlighted as a solution to combat vitamin A deficiency, a major public health issue affecting children and pregnant or breastfeeding women. The main objective of this study was to characterize this variety of sweet potato and evaluate the changes in its quality after processing into flour and storage. To achieve this, samples of orange-fleshed sweet potato were purchased from a local market in Nairobi, then peeled and cut into chips. These chips were divided into two batches: one batch was blanched, while the other remained untreated. All chips were then sun-dried for a week, three hours per day. Analyses were conducted at the Kenya Bureau of Standards (KBS) laboratory on the samples of chips and flour stored for further evaluation. The results showed that 100 g of dry matter from fresh sweet potato contained significant levels of protein, lipids, carbohydrates,  $\beta$ -carotene, calcium, and iron, with values of  $3.45\pm 0.01$  g,  $1.48\pm 0.05$  g,  $87.22\pm 0.25$  g,  $28.03\pm 0.15$  mg,  $78.14\pm 2.26$  mg, and  $2.44\pm 0.05$  mg respectively. Physicochemical analyses after drying revealed a decrease in nutritional values in both blanched and unblanched flours, particularly a significant loss of  $\beta$ -carotene. These losses corresponded to 14% and 30% for protein, 40% and 21% for lipids, 2.8% and 1.1% for carbohydrates, 62% and 51% for  $\beta$ -carotene, and 9% and 8% for ash compared to fresh sweet potato, respectively in the flour from blanched sweet potato slices and the flour from unblanched sweet potato slices. After three months of storage, some nutritional values varied, with decreases or increases observed in the stored flours in the following proportions respectively in the preserved chips and the stored flour: 5.4% and 10% for protein, 7.8% for lipids, 3.8% and 5% for carbohydrates, 45% and 50% for  $\beta$ -carotene, and an increase of 29% and 41% for water; the quantities of ash, calcium, and iron did not vary. Microbiological analysis was also performed, showing the presence of microorganisms in the flours but without detecting pathogens such as coliforms or *Staphylococcus aureus*. Blanching and storing orange-fleshed sweet potato chips appear to be effective in reducing nutritional losses and slowing microbial development, which could have significant implications for food security and nutrition in regions affected by vitamin A deficiency.

Keywords: OFSP, microbiological analysis, physicochemical properties,  $\beta$ -carotene.

**TABLE DES MATIERES**

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY .....	i
DEDICACE.....	ii
REMERCIEMENTS .....	iii
RESUME.....	iv
ABSTRACT .....	v
TABLE DES MATIERES .....	vi
LISTE DES FIGURES.....	ix
LISTE DES TABLEAUX .....	x
SIGLES ET ABBREVIATIONS .....	xi
AVANT- PROPOS.....	xii
I. INTRODUCTION GENERALE .....	1
I.1. Contexte et justification .....	1
I.2. Problématique.....	2
I.3. Objectifs de recherche .....	3
I.3.1. Objectif global .....	3
I.3.2. Objectifs spécifiques.....	3
I.4. Hypothèses de travail .....	3
II. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE .....	4
II.1. L'origine et taxonomie de la patate douce .....	4
II.2. Importance de la patate douce.....	5
II.2.1. Economie et sécurité alimentaire .....	5
II.2.2. Propriétés fonctionnelles et effets bénéfiques de la patate douce sur la santé .....	8
II.2.3. La PDCO comme alternative plus nutritive aux variétés traditionnelles .....	10
II.3. Composition chimique de la PDCO.....	10
II.4. Gestion des produits de la récolte .....	12
II.4.1. Traitement physique: le blanchiment .....	12
II.4.2. Traitements chimiques.....	12
II.4.3. Transformation .....	13
II.4.4. Séchage de la patate douce .....	13
II.4.5. Différentes méthodes de séchage .....	14
II.5. Conservation .....	14
II.5.1. Problématique de la conservation.....	14

II.5.2. Importance de l'activité de l'eau dans la conservation des aliments .....	15
II.6. Altérations des aliments .....	16
II.6.1. Définition de l'altération des aliments .....	16
II.6.2. Facteurs d'altération des aliments .....	17
II.6.3. Formes d'altération des aliments.....	17
II.6.4. Dégradation du $\beta$ -carotène .....	20
II.6.5. Détérioration des protéines.....	22
II.6.6. Détérioration des lipides.....	23
II.7. Croissance microbienne .....	23
II.7.1. Les facteurs qui influencent le comportement et la croissance des microorganismes .....	24
II.7.2. Cinétique de la croissance microbienne .....	25
III: EXPERIMENTATIONS.....	26
III.1. Echantillonnage et production des farines .....	26
III.2. Analyses physico-chimiques et nutritionnelles.....	27
III.2.1. Teneur en eau .....	27
III.2.2. Teneur en lipides .....	27
III.2.3. Teneurs en protéines totales .....	27
III.2.4. Teneur en cendres.....	29
III.2.5. Teneurs en glucides totaux .....	29
III.2.6. Teneurs en $\beta$ -carotène .....	29
III.2.7. Teneur en éléments minéraux (Fe et Ca).....	30
III.3. Analyse microbiologique .....	30
III.3.1. Préparation des milieux de culture.....	31
III.3.2. Préparation de dilution.....	31
III.3.3. Ensemencement .....	31
III.3.4. Incubation .....	31
III.3.5. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale .....	32
III.3.6. Recherche des germes pathogènes.....	33
III.3.7. Recherche des microorganismes d'altération .....	34
IV: RESULTATS ET DISCUSSION .....	36
IV.1. Analyse microbiologique .....	36
IV.2. Composition physico-chimique .....	37
IV.3. Evolution microbiologique et des propriétés physico-chimiques.....	38

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*

IV.3.1. Evolution microbiologique.....	38
IV.3.2. Evolution des Propriétés physico-chimiques .....	39
IV.4. Discussion des résultats .....	41
IV.4.1. Séchage et blanchiment de la PDCO.....	41
IV.4.2. Conservation de la farine de PDCO .....	41
V. CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	43
VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	45
VII. ANNEXES .....	53

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Effets bénéfiques de la patate douce sur la santé.....	9
Figure 2: Taux relatifs de réaction des principaux agents de dégradation des matrices alimentaires en fonction de l'activité de l'eau.....	16
Figure 3: Schéma réactionnel du brunissement enzymatique .....	18
Figure 4: Etapes de la réaction de Maillard.....	19
Figure 5: Formation de différents produits de dégradation des caroténoïdes à partir d'un composé précurseur tel que le $\beta$ -carotène .....	20
Figure 6: Dégradation des caroténoïdes .....	21
Figure 7: Clivage 7'-8' et 9'-10' du $\beta$ -carotène et formation de 5,6 époxy- $\beta$ -ionone et dihydroactinidiolide (DHA) de $\beta$ -ionone. ....	22
Figure 8: Mécanismes de la peroxydation des lipides.....	23
Figure 9: Nature des facteurs environnementaux agissant sur le comportement des microorganismes dans les aliments. ....	24
Figure 10: Cinétique de la croissance d'une population microbienne pour une température constante.....	25
Figure 11: Schéma méthodique de la recherche.....	26
Figure 12: Evolution microbiologique dans la farine de PDCO .....	39
Figure 13: Patate douce à chair orange .....	54
Figure 14: Tranche de patate douce à chair orange.....	54

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1: Statistiques mondiale de la production de patate douce (en tonnes) .....	6
Tableau 2: Superficie emblavée en patate douce dans le monde de 2005 à 2013 (en hectares) 6	6
Tableau 3: Production de la patate douce en Afrique de 2005 à 2013 (en tonnes) .....	7
Tableau 4: Avantages pour la santé associés à la consommation de patates douces .....	9
Tableau 5: Composition chimique de la patate douce à chair orange par différents auteurs ...	11
Tableau 6: Composition chimique de patate douce à chair orange, jaune et pourpre .....	11
Tableau 7: Description simplifiée des germes recherchés, leurs températures et durées d'incubation.....	32
Tableau 8: Charge microbienne de la PDCO fraîche et des farines de PDCO.....	36
Tableau 9: Composition physico-chimique de 100 g de PDCO en fonction de son état .....	37
Tableau 10: Composition en caroténoïdes et en vitamines de la PDCO par différents auteurs .....	53

## **SIGLES ET ABBREVIATIONS**

Ca: Calcium

CIP: Centre International de la Pomme de terre

CVA: Carence en Vitamine A

EANSI: East African Nutritional Sciences Institute

EOR : Espèces d'Oxygène Réactive

FAO: Food and Agriculture Organization

FAOSTAT: Food and Agriculture Organization-Statistics

Fe: Fer

g: gramme

ISABU: Institut de Sciences Agronomiques du Burundi

ISO: International Standards Organisation

KBS: Kenya Bureau of Standards

Max: Maximum

mg/l: milligramme par litre

mg: milligramme

Min: Minimum

ml: millilitre

OFSP: Orange Sweet Potato

OMS: Organisation Mondiale pour la Santé

PDCO: Patate douce à chair orange

pH: Potentiel d'Hydrogène

ppm: partie par million

RVS: Rappaport-Vassiliadis au sauja

TAAT: Technologies pour la Transformation de l'Agriculture en Afrique

TPD: Tranches de Patate douce non traitées

TPDB: Tranche de patate douce blanchies

UFC: Unité Formant Colonies.

UNICEF: United Nations International Children's Emergency Fund

UNO: United Nations Organization

WHO: World Health Organization

β: bêta

## **AVANT- PROPOS**

La réalisation de ce travail s'inscrit dans le cadre de l'obtention du diplôme de Mastère en Sciences des Aliments et Nutrition, spécialité: Technologie et Qualité des Aliments. Ce travail a pour objet: « Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physico-chimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)».

Dans ce travail nous nous sommes focalisés sur l'analyse de certains paramètres physico-chimique de la patate douce à chair orange et de certaines espèces de microorganisme qui altèrent la qualité des aliments pendant la conservation. Une technique de transformation simple et un mode de conservation artisanal a été illustré pour permettre aux gens pauvres de profiter régulièrement des bienfaits de la patate douce surtout dans la lutte contre la carence en vitamine A.

Des difficultés n'ont pas manqué au cours de cette étude surtout ceux liés au temps et aux moyens financiers qui étaient insuffisants pour faire l'analyse de tous les paramètres physicochimiques et de toutes les espèces microbiennes d'altération.

## **I. INTRODUCTION GENERALE**

### **I.1. Contexte et justification**

La sécurité alimentaire demeure un défi majeur dans de nombreux pays en développement. Avec une population mondiale de 8,2 milliards d'habitants en 2024 et de 9,7 milliards en 2050 (UNO, 2024), il est impératif d'augmenter considérablement la production alimentaire pour répondre à cette demande croissante. En parallèle, la carence en micronutriments, qui touche environ deux milliards de personnes à travers le monde, entraîne des problèmes de santé graves tels que la cécité, une immunité affaiblie et des retards de développement physique et cognitif. Cette forme de "faim cachée" affecte particulièrement les femmes et les enfants en Afrique, où près de 50 % des enfants de moins de cinq ans souffrent d'une carence en vitamine A, 60 % d'anémie souvent causée par une carence en fer, et 25 % sont déficients en zinc (WHO, 2021; UNICEF, 2022).

Les pays africains perdent chaque année plusieurs millions de dollars à cause des carences en vitamines et minéraux (Banque Mondiale, 2020). Pour lutter contre ces carences, diverses stratégies sont mises en œuvre, notamment la fortification, la supplémentation, la diversification alimentaire et l'utilisation d'aliments de base biofortifiés. Cependant, l'insuffisance des infrastructures sanitaires et les ressources financières limitées des ménages ruraux pauvres nécessitent une approche alternative à la supplémentation et à la fortification (Hagenimana & Low, 2000).

L'utilisation d'aliments biofortifiés, comme la patate douce à chair orange (PDCO), est justifiée comme une approche durable pour atteindre une large part de la population rurale souvent exclue des autres interventions (FAO, 2018). La PDCO est sélectionnée pour sa teneur élevée en caroténoïdes provitamine A et constitue une source régulière de micronutriments essentiels.

Lorsqu'un aliment de base contient une grande quantité d'un micronutriment essentiel comme la vitamine A, nous l'appelons biofortifié. Les PDCO sont sélectionnées de manière conventionnelle. En plus, tous les types de patate douce sont également une bonne source de vitamines C et E, de plusieurs vitamines B et de minéraux magnésium et potassium. Par conséquent, la PDCO est un super aliment. Les supers aliments sont des aliments riches en nutriments considérés comme particulièrement bénéfiques pour la santé et le bien-être (Jan law 2018). En Afrique subsaharienne, les racines et tubercules constituent les plus importantes cultures alimentaires. Ces racines et tubercules sont principalement le manioc (*Manihot esculenta*), la patate douce (*Ipomea batatas*), l'igname (*Dioscorea sp.*), la pomme de terre (*Solanum tuberosum*) et le taro (*Colocasia esculenta*) (Ndangwi, 2015).

La patate douce produit plus de biomasse et de nutriments par hectare que toute autre culture dans le monde. Elle est généralement cultivée sans fertilisant et sans irrigation, elle peut produire à des altitudes pouvant atteindre 2500 mètres au-dessus du niveau de la mer et dans des conditions de températures pouvant varier de 15 à 33° C. La patate douce a des périodes de plantation et récolte flexibles, elle est peu exigeante en termes d'entretien et est précoce. La

patate douce a joué un rôle important dans l'histoire en sauvant des populations de la famine dans plusieurs régions du monde CIP Nairobi (2013).

Au Burundi, la patate douce, avec des racines à chair blanche et jaune, est cultivée dans toutes les provinces et représente la troisième culture de grande importance après le manioc et la banane. En 2016, sa production s'élevait à 746048 tonnes, soulignant son rôle crucial dans la sécurité alimentaire du pays (ISABU, 2018). Cette culture résiliente est largement cultivée à travers le pays et est considérée comme l'une des cultures clés pour la sécurité alimentaire. Récemment, un regain d'intérêt s'est manifesté pour des cultures non conventionnelles qui présentent des atouts potentiels tant pour le développement local que pour l'industrie (Kapseu, 1993).

La patate douce joue un rôle important dans la production agricole et la nutrition. Son adaptabilité à différentes zones climatiques, le faible besoin en intrants pour sa production, sa facilité de culture, son cycle végétatif court (environ trois mois), ainsi que sa richesse nutritive en termes énergétiques, offrent des possibilités exceptionnelles pour générer des revenus (Ndangwi, 2015).

La malnutrition chronique demeure un problème majeur au Burundi, touchant un enfant sur deux de moins de cinq ans. La déficience en vitamine A est particulièrement préoccupante, avec une prévalence de 25% chez les enfants de moins de cinq ans. De plus, seulement 10% des enfants âgés de 6 à 23 mois atteignent les normes minimales d'alimentation (AGVSAN, 2023). Dans ce contexte, la patate douce à chair orange se révèle être une solution complémentaire efficace aux efforts de supplémentation et de fortification. Elle est particulièrement adaptée aux populations pauvres qui n'ont pas accès aux produits « premix » importés, représentant environ 87% de la population burundaise (ISABU, 2018).

## **I.2. Problématique**

Dans les pays développés, après la récolte des patates douces, on pratique le pré-stockage par subérification qui s'effectue avec une température de séchage d'environ 30 °C, humidité relative : 85 à 90%, pendant 7 jours. Les tubercules peuvent rester dans les champs en petits tas. Il faut les couvrir la nuit avec de la paille ou avec des sacs en jute si la température descend en-dessous de 25 °C. Ce processus permet de protéger les racines contre diverses maladies (Hayma, 2004). Cependant, dans les tropiques, la conservation des patates douces pose un défi majeur. Les racines sont sujettes à plusieurs pourritures causées par des champignons tels que *Ceratocystis fimbriata*, entraînant des pertes significatives pour les producteurs (Bell et al., 2000). Pour améliorer la conservation, plusieurs techniques ont été recommandées. Certaines visent à réduire la charge microbienne tandis que d'autres freinent les réactions biochimiques d'altération (Bit, 1980). Une mauvaise technique de transformation peut entraîner d'importantes pertes qualitatives et quantitatives d'où la nécessité de faire une étude des procédés de transformation et de conservation de la patate douce à chair orange sur sa valeur nutritive afin de préserver ses qualités nutritives.

### **I.3. Objectifs de recherche**

#### **I.3.1. Objectif global**

Notre travail intitulé « **contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physico-chimiques de la farine de la patate douce à chair orange** » a pour objectif global de caractériser la patate douce à chair orange et sa farine après séchage et après 3 mois de conservation.

#### **I.3.2. Objectifs spécifiques**

Nous avons comme objectifs spécifiques:

1. Déterminer la composition physicochimique et la charge microbienne de la PDCO fraîche;
2. Déterminer les propriétés physicochimiques et la charge microbienne de la farine de la PDCO;
3. Suivre l'évolution microbiologique et des paramètres physicochimiques dans la farine de PDCO conservée.
4. Trouver le mode de transformation optimale et simple de la PDCO en farine;

#### **I.4. Hypothèses de travail**

Pour pouvoir mener à bien notre travail de recherche, nous avons défini quelques hypothèses dont la vérification nous permettra de tirer des conclusions sur nos objectifs spécifiques.

1. Le blanchiment et le séchage ont un impact sur la qualité de la farine de PDCO.
2. Le mode de conservation a un impact sur le développement des microbes dans la farine de PDCO.
3. Le mode de conservation a un impact sur les propriétés physicochimiques de la farine de PDCO.

Notre travail commencera par une introduction générale suivie par une revue de la littérature puis de matériel et méthodes utilisés. Viendra ensuite la présentation et la discussion des résultats pour terminer avec une conclusion générale et quelques recommandations.

## II. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

### II.1. L'origine et taxonomie de la patate douce

Depuis que l'agriculture a commencé, les producteurs ont toujours sélectionné, utilisé, échangé et transporté les semences agricoles sur de courtes et longues distances. La sélection naturelle a également joué sur ces plantes. Par conséquent, il est difficile de retracer l'origine et l'évolution de ces plantes agricoles. L'histoire orale et écrite ainsi que les marqueurs moléculaires sont utilisés pour essayer de retracer l'origine des différentes cultures. La patate douce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), n'est pas originaire d'Afrique. Elle a été domestiquée il y a au moins 5 000 ans en Amérique tropicale (Low et al. 2013).

Le centre primaire de diversification se trouve au nord-ouest de l'Amérique latine (Colombie, Equateur et Pérou) et dans certaines parties de l'Amérique centrale, comme le Guatemala, où existe une grande diversité de patates douces autochtones. On trouve également des centres de diversification secondaires en Asie (particulièrement en Chine et dans le sud-est asiatique), en Océanie (Nouvelle-Guinée) et en Afrique de l'est (Huaman et al., 1999). Actuellement, la patate douce est une culture que l'on rencontre partout sous les tropiques. La patate douce était déjà largement cultivée depuis Zanzibar jusqu'en Egypte et utilisée comme aliment ou comme matière première pour la fabrication de la bière au temps de l'expédition de Speke-Grant dans les années 1860 (Low et al. 2013).

Suivant la variété, la couleur de l'enveloppe externe va du blanc au jaune, à l'orange ou au violet. La chair du tubercule, de saveur sucrée et de couleur variable (blanche, jaune, rouge ou pourpre) est très riche en amidon (Kokou et al. 2018). Cette plante, qui fournit un aliment de meilleure qualité que la plupart des autres plantes cultivées pour leurs racines et tubercules, a été et est encore un aliment de base traditionnel important pour les populations habitant les régions côtières et les îles du bassin de l'océan Pacifique (Bell et al., 2000).

La patate douce est connue sous le nom scientifique de *Ipomoea batatas*. Cette importante plante tropicale est une racine de féculent provenant de tige rampante de la famille des *convolvulaceae*. De façon globale, il existe plus de 600 espèces dans le genre *Ipomoea*, et 13 d'entre elles sont dans l'espèce *batatas*. Toutes ces 13 espèces sont originaires des Amériques, parmi lesquelles la patate douce est la seule espèce cultivée; et la seule qui est hexaploïde ( $6x = 90$ ) (Cavalcante-Alves, 1996). Ces espèces sauvages ne se reproduisent pas naturellement par croisement avec la patate douce à cause de leur différence au niveau du nombre et de l'organisation chromosomique, mais également à cause de leur complexe incompatibilité ainsi que leur problème de stérilité. Bien que les chercheurs s'appuient sur les biotechnologies, des expérimentations sur les espèces sauvages sont menées pour tenter d'améliorer certains aspects de la patate douce (Bell et al., 2000).

Il existe plusieurs variétés de patate douce. En fonction de la variété la membrane (la peau) extérieure peut être blanche, jaune, rouge, violette ou brune et la chair blanche, jaune, orange

et violette. Il y a une large gamme de goûts et de textures parmi les différentes variétés de patates douces. (Ndangwi, 2015). En 2011, environ 8 millions d'hectares de terres cultivables dans le monde ont été utilisées pour produire la patate douce, et plus de 64% de la production mondiale de la patate douce provenait des pays en voie de développement (FAOSTAT, 2015).

## **II.2. Importance de la patate douce**

La patate douce se révèle d'une importance capitale dans le domaine de la sécurité alimentaire, de l'économie voir de la santé sur base des différentes propriétés fonctionnelles dont elle dispose.

### **II.2.1. Economie et sécurité alimentaire**

Selon une étude réalisée en Ouganda en 2020 par le Bureau de Coordination Technique de Technologies pour la Transformation de l'Agriculture en Afrique (TAAT en sigle), chaque dollar investi dans la nutrition rapporte 30 dollars US en termes de santé, de la scolarisation et de la productivité. Les agriculteurs peuvent gagner un revenu en vendant du matériel de plantation. Dans l'est et le centre de l'Ouganda, un seul agriculteur peut gagner environ 400 dollars US par mois en vendant des vignes et des produits de PDCO au début des pluies (TAAT, 2020).

L'Asie enregistre la plus grande production avec plus de 75 %, puis l'Afrique avec 20 %, l'Amérique 4 % et l'Europe 1 % ; la production de l'Océanie étant très faible. Les superficies emblavées sont de 4,02 millions d'hectares en Asie et de 3,74 millions d'hectares en Afrique (tableau 1). Concernant la superficie cultivée, l'Asie et l'Afrique couvre presque la totalité de la surface cultivée (Tableau 2). En Afrique, le Nigéria est le premier pays producteur, suivent l'Ouganda, la Tanzanie, le Madagascar, le Rwanda, le Burundi et le Kenya. (FAOSTAT, 2015) (tableau 3).

La patate douce est commercialisée à l'intérieur des pays, d'un pays à un autre et dans le monde. En Afrique, la commercialisation est limitée et se fait souvent sur de courtes distances pour limiter les pertes dues aux conditions de transport. Selon la FAO (FAOSTAT, 2012), La patate douce est un produit encore considéré comme exotique dans la plupart des pays à travers le monde, notamment les pays occidentaux; elle est encore peu connue non seulement à cause des difficultés liées à sa commercialisation et à sa conservation, mais aussi à cause du faible investissement dont elle fait l'objet. La patate douce est donc avant tout autoconsommée dans les pays producteurs.

Néanmoins, avec la mondialisation et l'impact des diasporas sur les modèles de consommation, les volumes échangés ont fait un bond en progressant de plus de 54% entre 2004 et 2009. En 2009, sur les 102,32 millions de tonnes de patate douce produite à travers le monde, seulement une quantité de 188 794 tonnes s'est retrouvée sur le marché mondial, soit à peine 0,18 %. Moins de 80 pays en exportent et seulement 13 d'entre eux représentent 90% des exportations globales (Nzue 2015).

**Tableau 1: Statistiques mondiale de la production de patate douce (en tonnes)**

Continent	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Moyenne
Asie	110 154 322	88 513 353	83 124 127	85 711 293	84223730	81 586 410	82 913 092	79264935	78485070	85 997 370
Afrique	14 181 741	14 763 985	14 485 761	15 219 598	16134120	17 547 095	18 086 441	18286319	20131097	16 537 351
Amérique	2 825 577	2 707 715	2 861 996	2 817 933	2 970 520	3 306 868	3 527 725	3 575 830	3 655 845	3 138 890
Océanie	662 741	726 670	750 915	752 642	763 592	790 714	790 512	754 122	780 900	752 534
Europe	60 726	72 726	59 867	63 375	56 681	53 209	54 126	51 359	56 454	58 725

Source FAOSTAT (2015)

**Tableau 2: Superficie emblavée en patate douce dans le monde de 2005 à 2013 (en hectares)**

Continent	2 005	2 006	2 007	2 008	2 009	2 010	2 011	2 012	2 013	Moyenne
Asie	5 416 251	4 436 064	4 423 690	4 508 119	4 300 965	4 273 274	4 186 612	4 046 795	4 022 439	4 401 579
Afrique	3 154 186	3 299 377	3 305 928	3 043 219	3 613 488	3 654 376	3 597 095	3 493 185	3 738 692	3 433 283
Amerique	305 478	252 399	297 733	290 834	310 728	340 486	319 995	279 841	278 415	297 323
Océanie	118 323	123 461	127 675	133 199	135 123	135 275	135 315	135 684	138 024	131 342
Europe	4 438	6 222	5 218	5 421	4 566	4 105	4 185	4 054	4 279	4 721

Source FAOSTAT (2015)

**Tableau 3: Production de la patate douce en Afrique de 2005 à 2013 (en tonnes)**

<b>Pays</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>Moyenne</b>
<b>Nigeria</b>	3 205 000	3 462 000	2 432 000	3 318 000	3 300 000	3 300 000	3 300 000	3 400 000	3 450 000	3 240 778
<b>Ouganda</b>	2 604 000	2 628 000	2 653 710	2 707 000	2 766 000	2 838 000	2 554 000	2 645 700	2 587 000	2 664 823
<b>Tanzanie</b>	1 414 820	1 396 400	1 322 000	1 379 000	1 417 390	2 424 200	3 573 302	3 018 175	3 470 304	2 157 288
<b>Madagascar</b>	878 500	886 518	894 553	902 665	910 857	919 127	1 102 950	1 110 000	1 130 000	970 574
<b>Rwanda</b>	885 648	777 034	841 000	826 000	803 228	840 072	845 098	1 005 305	1 081 223	878 290
<b>Burundi</b>	849 784	837 311	873 663	896 883	926 319	966 343	955 103	659 593	839 715	867 190
<b>Kenya</b>	671 709	724 646	811 531	894 781	1 034 204	820 971	759 471	859 549	1 150 359	858 580
<b>Mozambique</b>	508 840	677 870	861 430	902 556	900 000	920 000	860 000	900 000	890 000	824 522
<b>Egypte</b>	350 000	351 577	363 560	258 983	357 266	370 905	274 935	319 247	320 000	329 608
<b>Cameroun</b>	206 447	221 342	211 037	235 728	266 078	288 970	307 955	327 126	348 618	268 145
<b>Mali</b>	133 129	185 434	283 006	317 060	236 759	204 728	280 000	265 000	250 000	239 457
<b>Guinée</b>	190 268	194 930	199 705	204 598	204 461	235 000	227 121	230 000	230 000	212 898
<b>Sierra Léone</b>	99 927	104 925	110 172	113 478	176 969	206 189	210 313	220 829	225 246	163 116
<b>Zambie</b>	66 926	101 287	75 664	106 523	200 450	252 867	146 614	163 484	188 355	144 686
<b>Ghana</b>	95 000	97 567	101 937	112 268	122 148	120 000	130 000	135 000	135 000	116 547
<b>Benin</b>	64 005	53 830	68 810	72 909	63 695	77 263	49 015	69 829	64 860	64 913
<b>Côte d'Ivoire</b>	46 403	47 935	49 517	51 002	45 580	47 039	45 139	46 549	47 914	47 453
<b>Sénégal</b>	27 809	33 784	38 000	40 000	60 000	70 000	40 600	30 000	37 000	41 910

**Source : FAOSTAT (2015)**

La patate douce est consommée de plusieurs façons, notamment directement sans transformation industrielle. La méthode la plus traditionnelle est une cuisine, où la patate douce est consommée avec ou sans assaisonnement, en remplacement du pain ou d'autres féculents. La cuisson et la réduction en purée sont utilisées comme ingrédient principal ou comme substitut partiel de la farine de blé dans la fabrication de conserves et plats salés, tels que purée, pâtisseries et tartes salées gâteaux, (Antonio *et al.*, 2011).

Malgré le fait que la patate douce est meilleur marché que d'autres cultures, cette ressource abondante est encore mal utilisée. Cependant, dans la plupart des pays en voie de développement, la patate douce est principalement consommée cuite dans l'eau. Les tiges et les feuilles servent aussi de fourrage vert ou sec, principalement pour les bovins, les tubercules des variétés très riches en amidon étant plutôt utilisés pour les porcs. Dans certains pays, cette utilisation est assez importante, ainsi par exemple à Madagascar, 30 % de la production est destinée à l'alimentation animale (Bell *et al.*, 2000).

La patate douce peut également servir à la production d'alcool. En effet, outre l'amidon, les tubercules de patate douce contiennent aussi de l'ordre de 6 % de saccharose qui peut servir à la production d'alcool par fermentation et distillation. La présence de saccharose rend également les tubercules aptes à la production de fécule qui, mélangée à du sucre, donne un sirop utilisé en brasserie. Par ailleurs, la patate douce est utilisée dans la production d'acide lactique ou polylactique destiné à la fabrication des plastiques biodégradables (Adam, 2005).

### **II.2.2. Propriétés fonctionnelles et effets bénéfiques de la patate douce sur la santé**

La forte teneur en certains sels minéraux et vitamines, en plus des diverses molécules antioxydantes, fait de la patate douce une plante à multiples vertus médicinales (Kokou *et al.* 2018). Les racines de patates douces sont considérées comme un aliment fonctionnel, car elles procurent, en plus des nutriments, d'autres bienfaits physiologiques. Ils sont riches en composés phytochimiques comme les caroténoïdes, les tocophérols, les composés phénoliques, les tanins, les flavonoïdes, les saponines et les anthocyanes, dont les concentrations varient selon la couleur de la chair et la variété.

Ces composés phytochimiques bioactifs, individuellement ou collectivement, ont des activités antioxydantes, cardioprotectrices, antidiabétiques, hépato-protectrices, neuroprotectrices, anti-inflammatoires et antimicrobiennes, ainsi que des propriétés de régulation intestinale et de prévention de la carence en vitamine A. Les effets qui en résultent sont la lutte contre les maladies et le renforcement du système immunitaire, ce qui, en fin de compte, favorise la santé et la longévité (Amagloh *et al.*, 2021).

L'analyse de la composition a révélée que les variétés de patates douces à chair orange constituent une source supérieure de  $\beta$ -carotène, alors que les variétés de patates douces à chair violette présentent d'excellentes teneurs en anthocyanes. Au contraire, les variétés de patates douces à chair blanche ne contiennent pratiquement pas de  $\beta$ -carotène. Par conséquent, les apports alimentaires des patates douces sont fortement recommandés en raison de leurs propriétés bénéfiques indéniables pour la santé. Elles offrent également des applications potentielles dans les industries alimentaires pour des aliments nouveaux à valeur ajoutée (Alam, 2021). La figure 1 montre les différents effets bénéfiques de la patate douce sur la santé.

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*



**Figure 1: Effets bénéfiques de la patate douce sur la santé**

Source: Amagloh *et al.* (2021)

Selon Amagloh *et al.* (2021), la consommation de la patate douce offre plusieurs avantages et bienfaits pour notre santé. Le tableau 4 nous montre les bienfaits, les composés bioactifs et la couleur de la patate douce qui les procure.

**Tableau 4: Avantages pour la santé associés à la consommation de patates douces**

Bienfaits pour la santé	Composé bioactif	Couleur de la patate douce
Capacité antioxydante (piégeage des radicaux libres)	Composés phénoliques, anthocyanes, caroténoïdes, tocophérols, flavonoïdes, acide ascorbique	Blanche, crème, jaune, orange, pourpre
Propriétés anticancéreuses (Colorectal, vessie, sein, pancréas, poumon, prostate)	Anthocyanes, acide ascorbique, caroténoïdes	Orange, pourpre
Neuroprotection	Acide caféoylquinique, anthocyanines	Pourpre
Réduction de la pression artérielle systolique	Anthocyanes	Pourpre
Hépatoprotecteur (amélioration de la fonction hépatique)	Anthocyanines, composés phénoliques	Blanc, pourpre
Activité antimicrobienne	Composés phénoliques, anthocyanes, flavonoïdes	Blanche, crème, pourpre

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*

<b>Bienfaits pour la santé</b>	<b>Composé bioactif</b>	<b>Couleur de la patate douce</b>
Propriétés antidiabétiques (diminution de la glycémie et de la résistance à l'insuline)	Composés phénoliques, fibres alimentaires, amidon résistant	Blanche, crème, orange, Violette
Anti-obésité	Anthocyanines, fibres alimentaires, amidon résistant	Blanche, pourpre
Propriétés anti-inflammatoires	Anthocyanines, caroténoïdes, fibres alimentaires, acides gras à chaîne courte	Orange, pourpre
Protection cardiovasculaire	Caroténoïdes, fibres alimentaires	Orange

Source: Amagloh et *al.* (2021).

### **II.2.3. La PDCO comme alternative plus nutritive aux variétés traditionnelles**

Une gamme de variétés améliorées de patate douce à chair orange a été développée pour les systèmes agricoles africains qui possèdent des caractéristiques localement importantes telles qu'une teneur accrue en bêta-carotène et en fer, une résistance aux virus et à la sécheresse, une survie de la vigne, une matière sèche élevée, une faible teneur en sucre, tolérance à la salinité, résistance ou évitement des charançons et maturité précoce être (Jan law 2018). La PDCO améliore la sécurité nutritionnelle des communautés en améliorant l'apport en provitamine A et en augmentant la productivité et la résilience au stress. La transition vers des variétés à chair orange est simple et tout à fait acceptable pour les femmes, les hommes et les enfants, car la patate douce est un aliment de base essentiel pour de nombreuses personnes en Afrique. Les vignes de patate douce peuvent également être utilisées pour être mélangées à du fourrage animal, ce qui améliore leur teneur en protéines et leur qualité. Du matériel végétal pour les variétés améliorées de PDCO est disponible dans la plupart des pays (Centre d'échange TAAT. 2020).

### **II.3. Composition chimique de la PDCO**

La composition chimique de la patate douce dépend de la variété, du type de sol et la période de culture (Ruiz, 1984). C'est un légume nutritif et une excellente source de vitamines. Le Tableau 5 présente la composition chimique et nutritionnelle de tubercules de patate douce à chair orange selon plusieurs auteurs et le tableau 6 montre la composition chimique des différentes variétés de patate douce.

**Tableau 5: Composition chimique de la patate douce à chair orange par différents auteurs**

Humidité	Protéines	Lipides	Glucides	cendres	β-carotène en mg/g	Sources
4,4	6,6	1,3	84,6	3,2	-	Gurkin (1999)
7,14	2,48	0,44	86,86	1,98	0,389	Satheesh Neela Salomon W. Fanta (2019)
10,97	4,8	0,39	90,13	2,11	-	Rodrigues et al. (2016)
-	1,44-2,50	0,3-0,95	86,87		0,177-0,994	Lyimo et al (2010)
7,13-7,15	1,98-2,98	0,25-0,63	86,42-87,30	1,24-2,70	0,387-0,391	Hossain (2019)
-	4,13	0,87	90,13	2,68	0,512	Rwiz (1984)
7,2-7,4	2,3-2,5	0,4-0,8	86,3-86,9	1,16-1,3	-	Ndangwi (2015)
4,2	2,48	1,12	88,01	4,33	-	Endrias et al. (2016)

« - »: les valeurs n'ont pas été déterminées par les auteurs.

**Tableau 6: Composition chimique de patate douce à chair orange, jaune et pourpre**

Paramètres	chair orange	Chair jaune	Chair pourpre
Eau	7,14±0,01	7,02±0,08	6,45±0,03
Cendres	1,98±0,74	1,86±0,43	1,88±0,44
Protéines	2,48±0,50	2,38±0,00	2,17±0,40
Lipides	0,44±0,19	0,50±0,30	0,55±0,46
Fibres	2,1±0,00	2,4±0,00	2,34±0,00
Glucides	86,86±0,44	85,80±0,61	85,28±0,61
Caroténoïdes total mg/g	0,3892±2,18	0,1389±7,54	0,1162 ±1,80

**Source: Hossain MB (2019)**

La patate douce est énergétique, riche en vitamines et en minéraux (potassium majoritairement), en fibres alimentaires et en protéines. En outre, la PDCO est composée de glucides variant de 84 à peu près 90% (sur base de la matière sèche), principalement sous forme d'amidon. Selon les travaux de Ndangwi (2015), sa teneur en sucres et en amidon est fortement dépendante de la variété, ce qui fait évoluer sa valeur nutritionnelle entre 110 et 125 calories pour 100 g. C'est également une bonne source de vitamines A et B (cette dernière étant sous différentes formes chimiques: thiamine, riboflavine, niacine). Sa teneur en eau est importante et elle contient peu de protéines et de lipides. La patate douce contient des minéraux variés tel que le calcium, le phosphore, le potassium, le magnésium, le soufre et le sodium.

Selon CIP (2018) les feuilles de la patate douce sont également très nutritives et peuvent être consommées comme n'importe quel autre légume vert. Les tubercules frais contiennent généralement une faible teneur en matières solides solubles, mais celle-ci tend à augmenter au cours du stockage sous l'effet de la déshydratation. La patate douce fraîche contient entre 16 et

40 % de masse sèche, composée principalement de glucides (entre 75 et 90 % de glucides totaux) sous forme d'amidon, de sucres, de cellulose, de pectine et d'hémicellulose (Bouwkamp, 1985).

## **II.4. Gestion des produits de la récolte**

Les pertes alimentaires post-récolte constituent une des principales limites de l'atteinte de la sécurité alimentaire dans les pays en développement (Olaoye & Onilude, 2008; Olaoye & Ade-Omowaye, 2011). Selon la FAO, environ 50% des produits agricoles périssables (fruits, légumes, racines et tubercules), et environ 30% des céréales vivrières (maïs, mil et riz) sont perdus après la récolte en Afrique de l'Ouest (FAOSTAT, 2016). Les facteurs en cause sont des technologies de récolte et de transformation inappropriées, des installations de stockage insuffisantes ou inexistantes, un mauvais système de conditionnement et de transport et des pratiques du marché inadéquat. La mise en place de bonnes pratiques de gestions post-récolte constitue dès lors une solution durable pour améliorer la disponibilité de certaines cultures ou aliments locaux (Keding *et al.*, 2013).

### **II.4.1. Traitement physique: le blanchiment**

Le blanchiment est un traitement thermique, réalisé par immersion du produit dans un bain d'eau chaude, par passage dans une atmosphère de vapeur ou par chauffage ohmique. Sa durée est de quelques minutes, dans une gamme de températures de 85 à 100 °C. Il permet de détruire les enzymes susceptibles d'altérer les légumes ou les fruits avant leur traitement ultérieur. Il permet de limiter certaines pertes nutritionnelles comme la destruction des vitamines, et permet l'élimination de l'air et des gaz occlus dans les tissus des végétaux améliorant leur aptitude à la réhydratation (Dermesonlouoglou *et al.*, 2008). Selon les travaux de Jangchud *et al.* (2003), les propriétés physico-chimiques des farines préparées à partir de deux variétés de patates douces sont affectées par le blanchiment: ce prétraitement ralenti un certain nombre de modifications sensorielles, tels que des changements de saveur et de couleur. Le blanchiment facilite la gélatinisation de l'amidon conduisant ainsi au changement de la structure interne et influence le taux et la qualité du produit après séchage. Le traitement des patates douces à 90 °C pendant 1min permet de supprimer complètement l'activité enzymatique (Ndangwi C. 2015)

### **II.4.2. Traitements chimiques**

Plusieurs méthodes ont été utilisées pour réduire la décoloration enzymatique. Certains auteurs ont utilisé un traitement chimique à base de pyrophosphate d'acide de sodium pour faire disparaître le brunissement et ont éliminé la coloration des chips de pommes de terre en les plongeant dans le métabisulfite de sodium. Ces prétraitements chimiques doivent être utilisés avec précaution, car selon Van Hall (2000), les sulfites peuvent poser des problèmes de santé comme des réactions asthmatiques chez les individus sensibles. Par contre, il a été démontré que le calcium joue un rôle important dans le maintien de la qualité des fruits et des légumes. Le chlorure de calcium (CaCl<sub>2</sub>) a montré son efficacité dans la stabilisation de la couleur des

tranches de pomme fraîchement coupées (Zhu *et al.*, 2007; Ahmed *et al.*, 2010). Les travaux de Ndangwi (2015) ont montré que le chlorure de calcium peut réduire le brunissement dans la farine de PDCO. Il a été également démontré que le chlorure de calcium fournit ainsi un pouvoir oxydant (Lewicki, 1998). L'influence des prétraitements chimiques sur la qualité de farine de patate douce a été étudiée en utilisant 1% de sulfite d'hydrogène de sodium ou 1 % de chlorure de calcium à différentes températures de séchage (55, 60 et 65 °C). Ces résultats ont montré que le prétraitement chimique au chlorure de calcium suivi d'un séchage à 65 °C permettait d'obtenir une farine de qualité optimale (Ahmed *et al.*, 2010).

### **II.4.3. Transformation**

La transformation consiste à préparer les aliments en vue de leur consommation ou d'une utilisation ultérieure. Elle comprend, entre autres, le nettoyage de base, l'épluchage, le découpage, le séchage, le broyage, l'extraction du jus, la mise en conserve, la cuisson et le séchage. La transformation des aliments joue un rôle important dans la sécurité alimentaire, en particulier lorsque l'agriculture ne fournit pas assez de produits frais. Elle contribue également à la nutrition en prolongeant la durée de vie des matières premières et en favorisant la sécurité sanitaire et la préservation de la valeur nutritionnelle de nombreux aliments. Les études sur la transformation de la patate douce à chair orange en chips, en pain, en poudre, etc. ont montré une amélioration des réserves en vitamine A des populations, en particulier des femmes et de jeunes enfants (Gebremedhin *et al.*, 2013).

### **II.4.4. Séchage de la patate douce**

La transformation de la patate douce en farine est une technique simple dont le procédé n'est pas coûteux. Il contient plus de calories que les farines de céréales habituelles. Pour obtenir de la farine à partir des tubercules de la patate douce, il faut procéder comme suit: laver soigneusement les tubercules et les éplucher, les découper en lamelles (fines tranches) appelées « chips » pour permettre un séchage rapide, les sécher au soleil jusqu'à ce que les chips soient complètement secs, les concasser pour en réduire la grosseur, les faire moule (écraser) dans un moulin à marteau pour obtenir la farine blanche.

Le taux de transformation étant de 20 %, prévoir environ 5 kg de patate douce fraîche pour obtenir 1 kg de farine. Pour une farine de qualité, il faut conserver la couleur blanchâtre de la farine par l'utilisation d'agents anti-brunissant comme le bisulfite de sodium qui arrêtent le développement microbien et améliorer la qualité de la farine. Avant de découper en chips, plonger les racines fraîches pendant une heure dans de l'eau salée (8 à 10g de sel pour 1 l d'eau) et améliorer la valeur nutritive totale du pain ordinaire. Mélanger ensuite la farine de patate douce à la farine de blé dans les proportions d'une part de farine de patate pour cinq parts de farine de blé. Ceci permet de réduire le coût du pain ordinaire à base de blé et valorise le travail du producteur de patates (Adabe *et al.* 2021)

Le séchage provoque une réduction de l'activité d'eau du produit, c'est-à-dire que l'eau devient peu disponible pour les micro-organismes et les réactions chimiques. L'activité de l'eau est l'une

des propriétés les plus importantes pour la transformation, conservation et le stockage des aliments. Elle quantifie le degré de liaison de l'eau avec le produit et par conséquent, sa disponibilité pour agir en tant que solvant ou réactif et ainsi participer aux transformations chimiques, biochimiques et microbiologiques (Labuza, 1980).

On considère généralement qu'un produit est stable lorsque son activité d'eau ( $a_w$ ) est inférieure ou égale à 0,65 (Thebud & Santarius, 1982).

#### **II.4.5. Différentes méthodes de séchage**

L'omniprésence du séchage dans les différents domaines d'activités industrielles conduit à ce que le vocable « séchoir » englobe une grande variété d'opérations unitaires différentes. A titre d'illustration, on peut citer le séchage solaire, par atomisation, à l'étuve et bien d'autres, tels que les séchages électriques.

##### **a. Le séchage solaire**

Le séchage solaire est pratiqué depuis longtemps et c'est le séchage solaire direct à l'air libre qui a été adopté de par sa simplicité d'utilisation et sa gratuité. Cette méthode se pratique simplement en exposant directement les produits aux rayons solaires.

##### **b. Le séchage solaire amélioré**

Plusieurs types de séchoirs ont été mis au point dans le monde pour profiter de l'énergie solaire. Dans ces séchoirs solaires, les produits disposés sur des claies sont mis dans une enceinte plus ou moins fermée pour les protéger des souillures et contaminations potentielles.

##### **c. Le séchage thermique**

Parmi les techniques d'élimination d'eau par voie thermique, trois mécanismes de séchage peuvent être mis en œuvre pour extraire l'eau d'un produit: le séchage par ébullition, par entraînement et par sublimation (lyophilisation).

#### **II.5. Conservation**

La conservation des récoltes est le principal défi du développement du secteur agricole surtout dans les pays en voie de développement.

##### **II.5.1. Problématique de la conservation**

Dans les pays développés, après la récolte des patates douces, on pratique le pré-stockage par subérification qui s'effectue avec une température de séchage d'environ 30 °C, humidité relative : 85 à 90%, pendant 7 jours. Les tubercules peuvent rester dans les champs en petits tas. Il faut les couvrir la nuit avec de la paille ou avec des sacs en jute si la température descend en-dessous de 25 °C. Ce dernier protège les racines de nombreuses maladies pendant le stockage et prolonge la durée de conservation après le stockage de la racine. Par ailleurs, le pré-

stockage améliore la saveur et la texture de la racine. Après le pré-stockage, les patates douces peuvent être stockées pendant 4 à 7 mois dans des conditions appropriées, notamment avec une bonne ventilation. On nettoie les patates douces en les brossant ou en les lavant et parfois même en les cirant avant de les emballer dans des boîtes, des caisses ou des paniers destinés au marché (Hayma, 2004).

Un des problèmes majeurs posés par la production de la patate douce sous les tropiques est celui de sa conservation. Les patates douces sont attaquées par un certain nombre de pourritures, dont la pourriture noire causée par le champignon *Ceratocystis fimbriata*. Ces derniers détériorent les patates douces après la récolte, lors du transport et durant la conservation, causant des pertes très importantes dans les lots expédiés (Bell *et al.*, 2000).

Le stockage dans les exploitations agricoles est difficile et les tubercules sont généralement ramassés et consommés au cours de la courte période de récolte. Cependant, une extension de la durée de conservation pourrait prolonger le délai de commercialisation de ces tubercules, ainsi qu'améliorer la sécurité alimentaire et les revenus des producteurs. Pour retarder la dégradation et permettre une bonne conservation, plusieurs techniques ont été préconisées (Hayma, 2004).

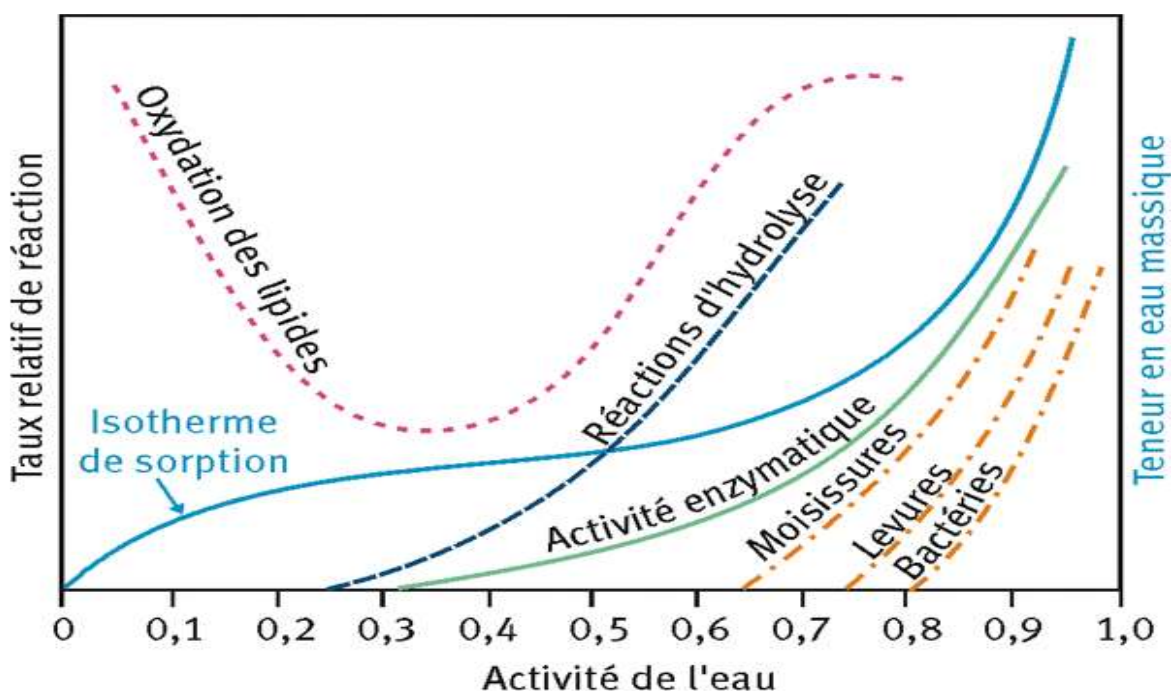
### **II.5.2. Importance de l'activité de l'eau dans la conservation des aliments**

Dans les années 1950, les scientifiques ont commencé à découvrir l'existence d'une relation entre la tendance relative à la dégradation d'un aliment et la quantité d'eau qu'il contient [Scott, 1953]. Selon Labuza (1980), l'eau active est le facteur le plus important quant à la stabilité d'un aliment. C'est donc l'activité de l'eau (Activity of Water ou  $A_w$  en sigle) qui est la quantité d'eau libre ou disponible dans un produit compris entre 0 et 1, en tant que quantité thermodynamique et non pas la teneur en humidité qui définit la disponibilité de l'eau d'un système, qui doit traduire la stabilité du produit au cours de sa conservation. En effet, de nombreuses réactions de dégradation "biochimique" (oxydation, stabilité des couleurs, du goût, des vitamines, des arômes...) ainsi que la capacité de formation de moisissures et de croissance des microbes sont directement influencées par la valeur de l'activité de l'eau (Albitar, 2011).

Les tubercules à racine ou à tige ont des exigences de stockage particulières à cause de leur teneur en humidité élevée (60 à 80 % quand ils sont frais). Il faut éviter d'une part la dessiccation et d'autre part la pourriture causée par une humidité trop élevée de l'air environnant les tubercules. Le concept d'« activité de l'eau ( $a_w$ ) » a été défini dès 1953 par W. J. Scott (Scott, 1953) pour l'industrie agro-alimentaire afin de qualifier l'état hydrique des produits à humidité intermédiaire. C'est l'une des propriétés les plus importantes du traitement, de la conservation et du stockage des aliments.

On quantifie le degré de liaison de l'eau avec le produit, et par conséquent, sa disponibilité pour agir en tant que solvant et participer à des réactions chimiques, biochimiques et

microbiologiques (Labuza, 1980). Contrairement aux mesures quantitatives comme la teneur en eau gravimétrique qui quantifie la quantité totale d'eau dans un produit, la mesure de l'*aw* est un indicateur de l'intensité des interactions entre l'eau et les autres molécules de l'aliment, telles que les glucides, les lipides et les protéines (figure 2); il s'agit d'une analyse qualitative. Ainsi, l'*aw* illustre le statut de l'énergie de l'eau et, par conséquent, son degré de disponibilité et sa mobilité dans un produit (Baldet & Colas, 2012).



**Figure 2: Taux relatifs de réaction des principaux agents de dégradation des matrices alimentaires en fonction de l'activité de l'eau**

Source: (Labuza *et al.*, 1972)

L'eau intervient dans les réactions chimiques (comme substrat dans les cinétiques de réaction) et dans de nombreux processus physiques d'évolution des aliments (facteur de mobilité dans l'évolution de la structure physique de l'aliment). Lorsqu'elle est rare ou inexistante, les micro-organismes ne peuvent pas se développer. C'est pourquoi le séchage est une des méthodes permettant d'empêcher la détérioration des aliments.

## **II.6. Altérations des aliments**

L'altération des aliments pendant la conservation constitue un obstacle majeur de plusieurs agriculteurs et commerçants. Elle est de différentes formes et causée par plusieurs facteurs.

### **II.6.1. Définition de l'altération des aliments**

C'est une modification que subit un produit alimentaire par rapport à sa constitution spécifique, ce qui modifie sa valeur nutritionnelle et/ou le rend impropre à la consommation. L'altération dépend de la composition de l'aliment, et elle peut toucher n'importe quelle partie, soit le

produit en tant que tel ou l'emballage et l'étiquette. L'aliment altéré a une incidence directe sur la santé du consommateur et peut provoquer souvent des intoxications graves voire même mortelles.

Les techniques de conservation alimentaire sont appliquées en vue de maîtriser et limiter la perte de la qualité des aliments. Cette détérioration peut être provoquée par des microorganismes et/ou diverses réactions physico-chimiques qui ont lieu après la récolte ou l'abattage. Tout procédé de conservation a cependant pour priorité de réduire au minimum les risques d'apparition ou de développement des microorganismes provoquant l'altération des aliments ou des intoxications alimentaires (Alzamora *et al.*, 2004).

### **II.6.2. Facteurs d'altération des aliments**

La disponibilité de l'eau ( $a_w$ ), le pH et la température sont les principaux facteurs qui contrôlent la rapidité avec laquelle s'effectuent l'altération des aliments et la croissance des microorganismes (Alzamora *et al.*, 2004). Lorsque l' $a_w$  augmente, l'énergie de liaison entre l'eau et les autres molécules décroît. Celle-ci devient alors de plus en plus mobilisable pour les réactions chimiques indésirables; il s'agit en particulier des phénomènes d'oxydation et du développement de bactéries ou de champignons (Figure 3). Ces réactions peuvent alors rapidement induire la dégradation ou simplement un vieillissement accéléré du produit (Baldet & Colas, 2012).

Le rancissement est une des principales réactions de détérioration des aliments à faible ou moyenne teneur en eau; il s'observe même pour des activités d'eau comprises entre 0 et 0,2 environ. L'oxydation des lipides constitue souvent le facteur limitant de la conservation de certains aliments déshydratés ou à teneur moyenne en eau (Bolland & Gee, 1946). La croissance des bactéries est généralement impossible lorsque l' $a_w$  est inférieure à 0,9. Les moisissures et les levures sont inhibées respectivement vers une  $a_w$  de 0,7 et 0,8, sauf certaines moisissures et levures osmophiles qui peuvent se développer jusqu'à des  $a_w$  de 0,6. L'addition d'antioxydants ou une élévation de la teneur en eau peut agir sur les réactions d'altération, en particulier le brunissement non-enzymatique.

### **II.6.3. Formes d'altération des aliments**

Il existe plusieurs facteurs d'altération des aliments, ils sont répartis en deux catégories à savoir les facteurs intrinsèques dont le pH, l'activité de l'eau, la structure physique, le potentiel d'oxydoréduction et la présence d'agents antimicrobiens naturels et les facteurs extrinsèques dont la température et l'humidité relative du milieu ainsi que la présence de gaz (Dr Cheroual E A 2020). L'altération post-cueillette des fruits et légumes peut prendre les formes suivantes: pourriture due aux moisissures brunes, bleues, roses ou grises; croissance superficielle de moisissures; noircissement des tissus (anthracnose); pourriture aigre; pourriture du bout de la tige; pourriture due aux levures... L'apparition de la pourriture est généralement associée à la production microbienne d'enzymes dégradant les parois cellulaires. Au fur et à mesure que les tubercules mûrissent, ils deviennent plus sensibles aux effets des microorganismes provoquant

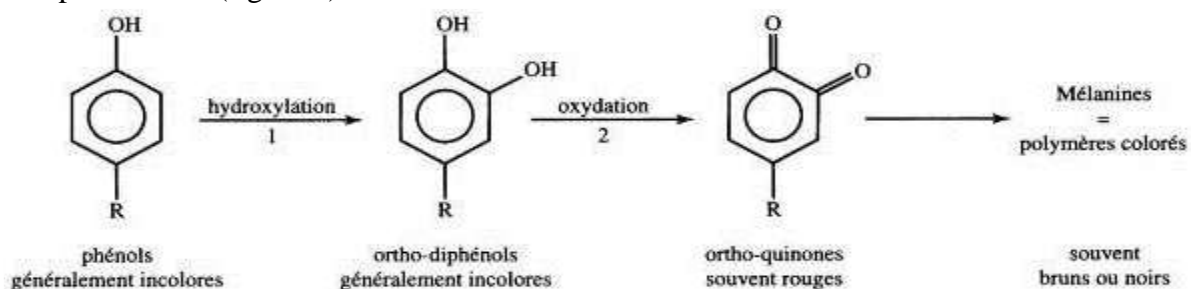
l'altération, d'une part, parce que leur production de composants antifongiques diminue, et d'autre part, à cause de la dégradation des parois cellulaires. L'altération est également favorisée par des conditions de température d'humidité élevées après la récolte.

### a. Brunissement enzymatique

Parmi les caractéristiques organoleptiques des aliments, la couleur est l'une des principales propriétés sur laquelle se base le consommateur pour évaluer la qualité des aliments. Le brunissement enzymatique est l'une des réactions qui affecte le plus la couleur des fruits et des légumes. Cependant, le brunissement enzymatique est aussi une réaction très néfaste pour le marché des fruits et légumes. Mal contrôlé, ce phénomène est responsable de plus de la moitié des pertes économiques dans le secteur de la transformation des fruits et légumes (Whitaker & Lee, 1995).

Ces lourdes pertes ont suscité un intérêt considérable dans la compréhension et le contrôle de l'activité de la polyphénol-oxydase dans les aliments. Les salades et autres légumes feuillus, les pommes de terre et autres tubercules riches en amidon tels que les patates douces et l'igname, de même que les champignons, les pommes, les bananes, les pêches et encore beaucoup d'autres fruits ou légumes sont particulièrement sensibles au brunissement enzymatique. Ces pertes sont d'autant plus cruciales que la détérioration des produits a lieu en fin de chaîne de production, peu de temps avant l'achat par le consommateur, alors que des coûts (stockage, manutention, transport) ont déjà été engendrés. Il est donc primordial de contrôler le brunissement enzymatique depuis la récolte jusqu'à l'achat par le consommateur afin de minimiser les pertes et maintenir la valeur économique du produit.

Les premières étapes du brunissement enzymatique correspondent à la transformation enzymatique de composés phénoliques en polymères colorés, le plus souvent bruns ou noirs. Les enzymes responsables du brunissement appartiennent au groupe des phénolases, qui ont le cuivre comme groupement prosthétique (Cheftel & Cheftel, 1984). Ces enzymes ont en effet besoin du dioxygène pour être actives. Ce mécanisme commence par une hydroxylation des composés phénoliques, suivie d'une oxydation enzymatique menant à la formation de quinones (orthoquinones de couleur rouge). Les quinones et les amines réagissent pour donner les composés bruns (figure 3).



**Figure 3: Schéma réactionnel du brunissement enzymatique**

Source: Ndongwi (2015)

## b. Réaction de Maillard

Le brunissement non-enzymatique ou encore réaction de Maillard (Maillard, 1912 in Ndangwi 2015), désigne un ensemble complexe de réactions résultant d'une interaction entre les glucides (les sucres réducteurs) et les protéines (les acides aminés), provoquant la formation de pigments bruns ou noirs (mélanoides) et de substances volatiles et sapides influençant fortement les qualités sensorielles d'un produit (Figure 4).

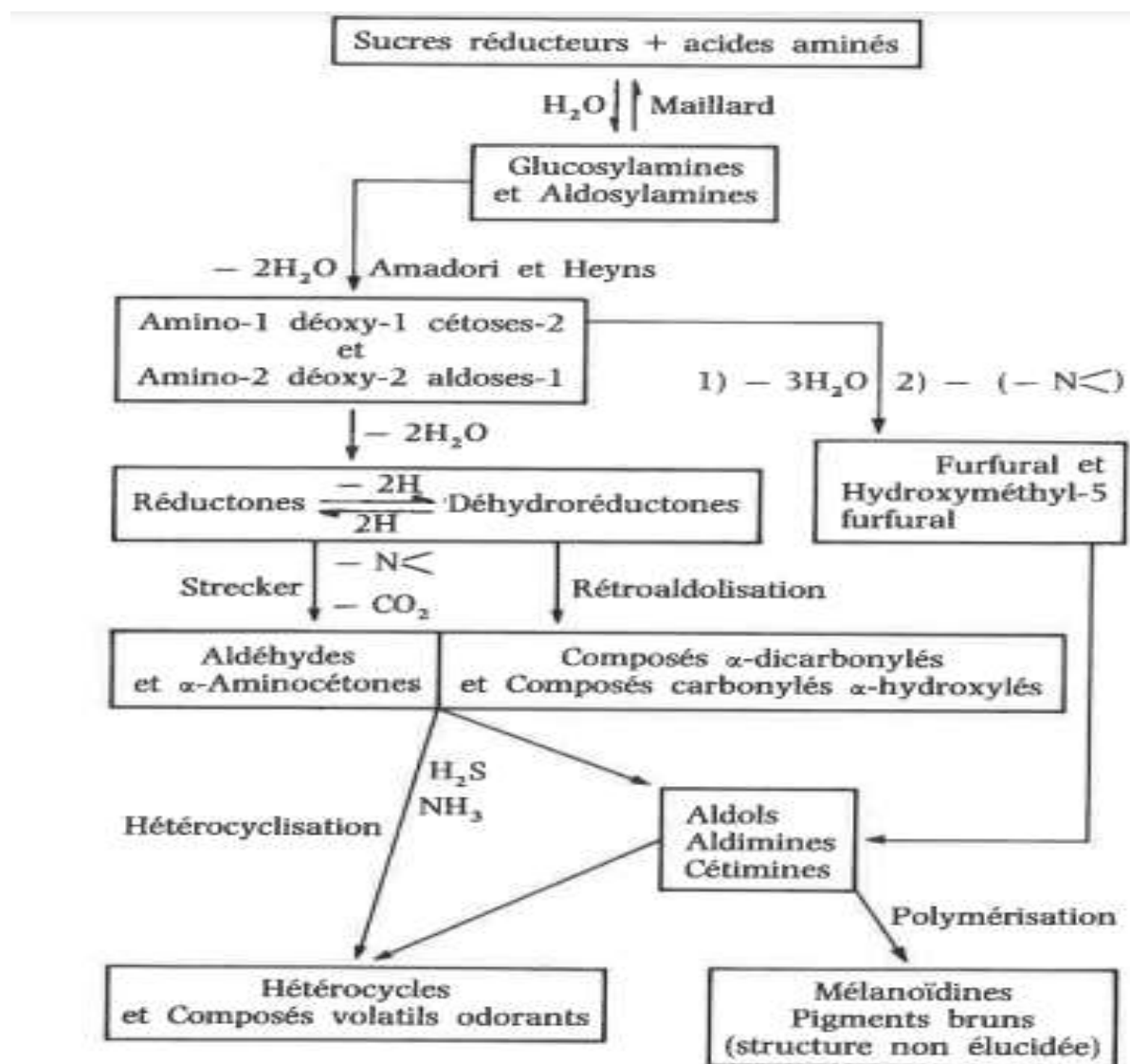


Figure 4: Etapes de la réaction de Maillard

Source: Machiels & Istasse (2002) in Ndangwi (2015)

Elle a lieu lors du stockage des aliments ou plus fréquemment lors de leur traitement par des processus thermiques. En plus de son rôle prépondérant dans le développement des saveurs, il a aussi été démontré qu'elle est responsable de la formation de couleurs, d'antioxydants et d'agents cancérigènes (Manzocco *et al.*, 2011). Elle peut aussi réduire de manière drastique la valeur nutritionnelle des aliments en diminuant la teneur et donc la disponibilité des acides aminés essentiels (Kaanane & Labuza, 1989; Machiels & Istasse, 2002).

## II.6.4. Dégradation du $\beta$ -carotène

Les principales causes naturelles sont l'oxygène, le chauffage et la lumière. Ceux-ci pourraient jouer un rôle dans la dégradation des caroténoïdes dans les produits alimentaires tels que la patate douce exposés à l'environnement pendant le séchage (Aurélié Bechoff 2010).

### a. Facteurs de dégradation du $\beta$ -carotène

La perturbation de la matrice cellulaire de l'aliment par la transformation rend les caroténoïdes plus vulnérables à la dégradation oxydative (Kósambo *et al.* 1998). Selon Siens et Coll (2005), les facteurs menant à la dégradation du  $\beta$ -carotène sont (figure 5):

1. L'état de dégradation par les enzymes endogènes;
2. Les réactions des radicaux;
3. Les rayons Ultraviolets;
4. La chaleur (température);
5. Les cellules phagocytaires (HOCl);
6. L'auto-oxydation dépendant du  $PO_2$ ;
7. Toutes les réactions physiologiques oxydatives.

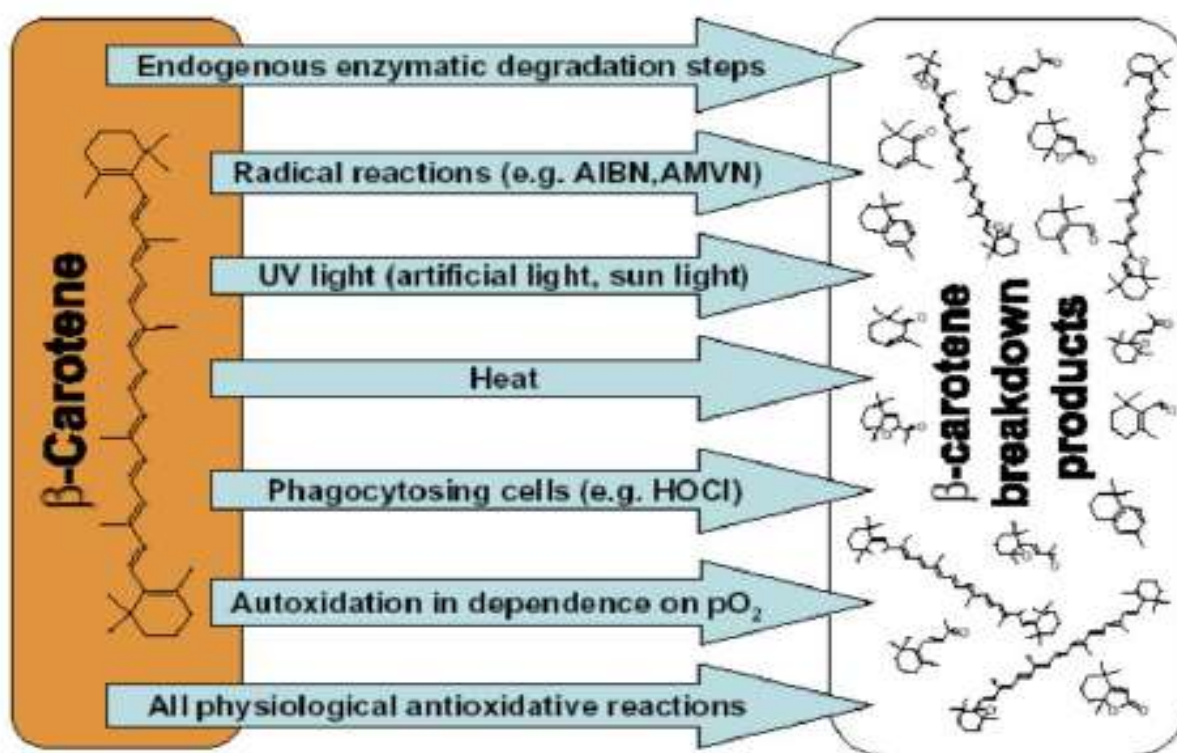
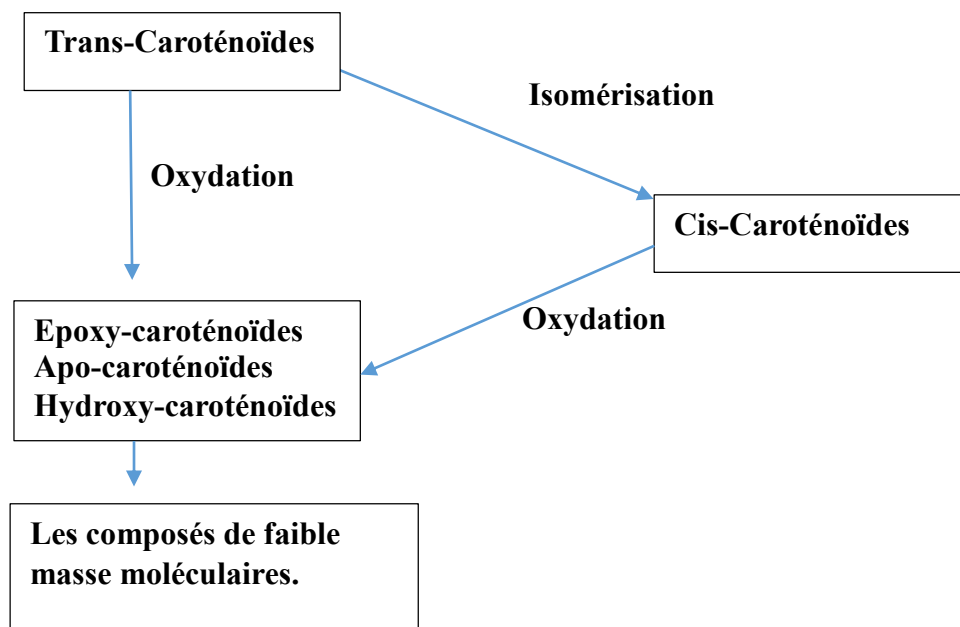


Figure 5: Formation de différents produits de dégradation des caroténoïdes à partir d'un composé précurseur tel que le  $\beta$ -carotène

Source: Siens et coll. (2005).

### **b. Mécanisme de dégradation**

La dégradation chimique se produit au cours du traitement par deux phénomènes: l'isomérisation et oxydation (figure 6).



**Figure 6: Dégradation des caroténoïdes**

Source: Siems *et al.* 2005

### **c. Produits de dégradation des caroténoïdes**

Le  $\beta$ -carotène est dégradé dans une réaction de propagation radicalaire en chaîne. Les produits de l'oxydation de  $\beta$ -carotène sont divers et comprennent: des produits de poids moléculaire élevé, tels que divers l'apo- $\beta$ -caroténal (8' ; 10' ; 12' ; 14' ; 15'), qui se dégrade davantage ; et les produits à chaîne courte, tels que des composés parfumés appelés norisoprénoïdes (Siems *et al.* 2005). Deux types de clivage asymétrique du trans- $\beta$ -carotène, 7'-8' et 9'-10', conduisent à la formation de  $\beta$ -cyclocitral et de  $\beta$ -apo-8'caroténal;  $\beta$ -ionone et  $\beta$ -apo-10'caroténal respectivement (figure 7).

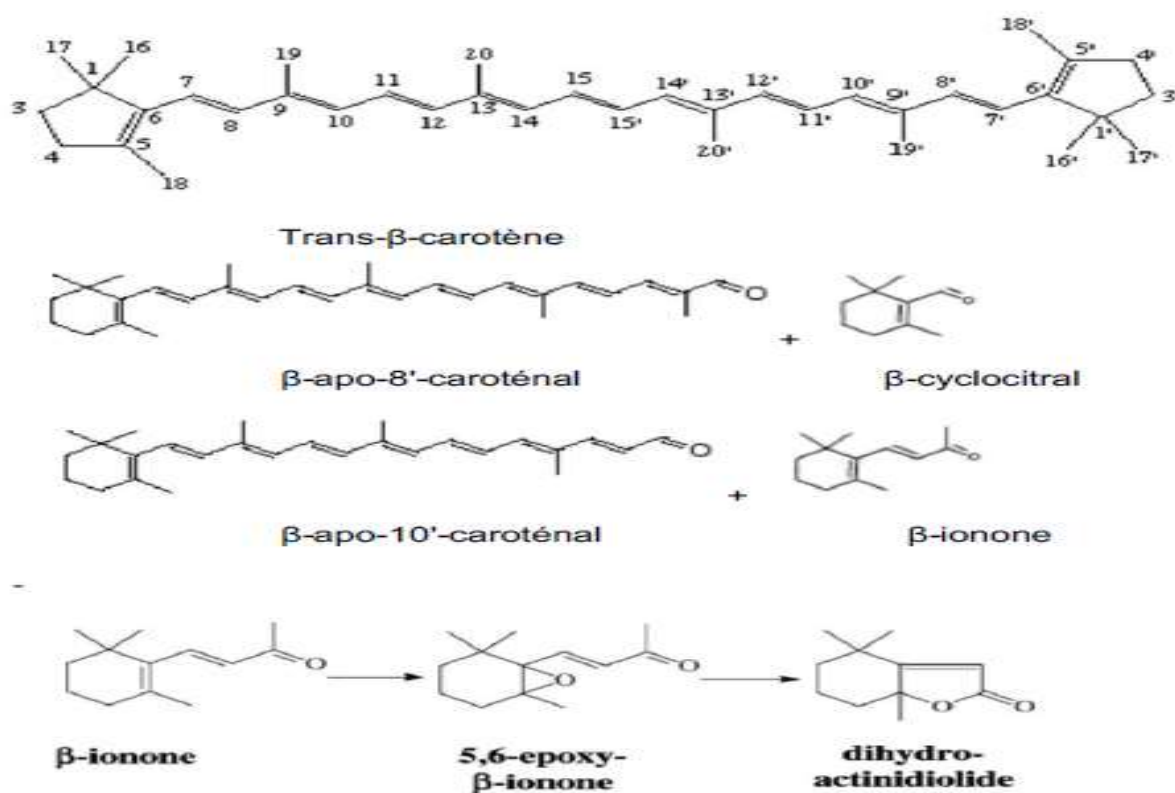


Figure 7: Clivage 7'-8' et 9'-10' du β-carotène et formation de 5,6 époxy-β- ionone et dihydroactinidiolide (DHA) de β-ionone.

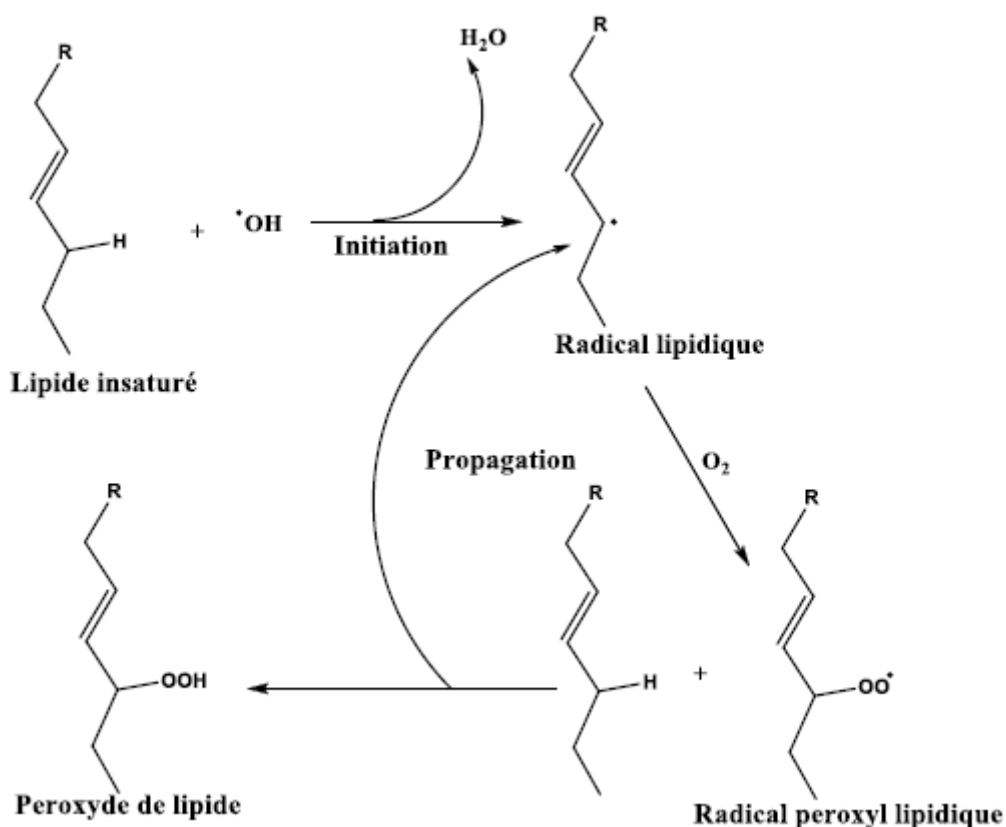
Source: Mordi et coll. (1993) ; Waché et coll. (2003).

### II.6.5. Détérioration des protéines

La toxicité des espèces d'oxygène réactive (EOR) s'exerce également sur les protéines. En effet, elles sont capables de réagir avec les différents acides aminés des chaînes de protéines, altérant également leur fonction. Les plus sensibles à leur action sont les acides aminés aromatiques comme le tryptophane, la tyrosine, l'histidine, sur lesquels le radical H s'additionne, modifiant la conformation de la protéine (Christelle K. R. 2006, Dean RT *et al.* 1997). Sur les acides aminés contenant un atome de soufre tels que la cystéine et la méthionine, l'oxydation par les radicaux libres conduit à la formation de ponts de disulfures, donc l'agrégation de plusieurs molécules de protéines. Les EOR sont aussi capables de couper les liaisons peptidiques et de former ainsi des fragments de protéines. Par ailleurs, le radical H, mais aussi l'anion superoxyde O<sub>2</sub><sup>-</sup>, s'attaquent également aux protéines des tissus de soutien, comme le collagène du tissu conjonctif. L'oxydation de ces acides aminés conduit à la modification de la conformation spatiale et à une altération de la fonction protéique (Christelle K. R. 2006, Dean RT *et al.* 1997). Les protéines oxydées perdent leur capacité à se fixer correctement sur un récepteur ou à fixer spécifiquement un ligand, altérant la signalisation cellulaire.

## II.6.6. Détérioration des lipides

L'attaque des radicaux libres au sein des doubles liaisons lipidiques membranaires induit des processus de peroxydations en cascade (figure 8). Ceci aboutit à la désorganisation complète de la membrane et altérant de ce fait ses fonctions d'échange, de barrière et d'information (Davies KJ 2000)



**Figure 8: Mécanismes de la peroxydation des lipides**

Source: Koala M.

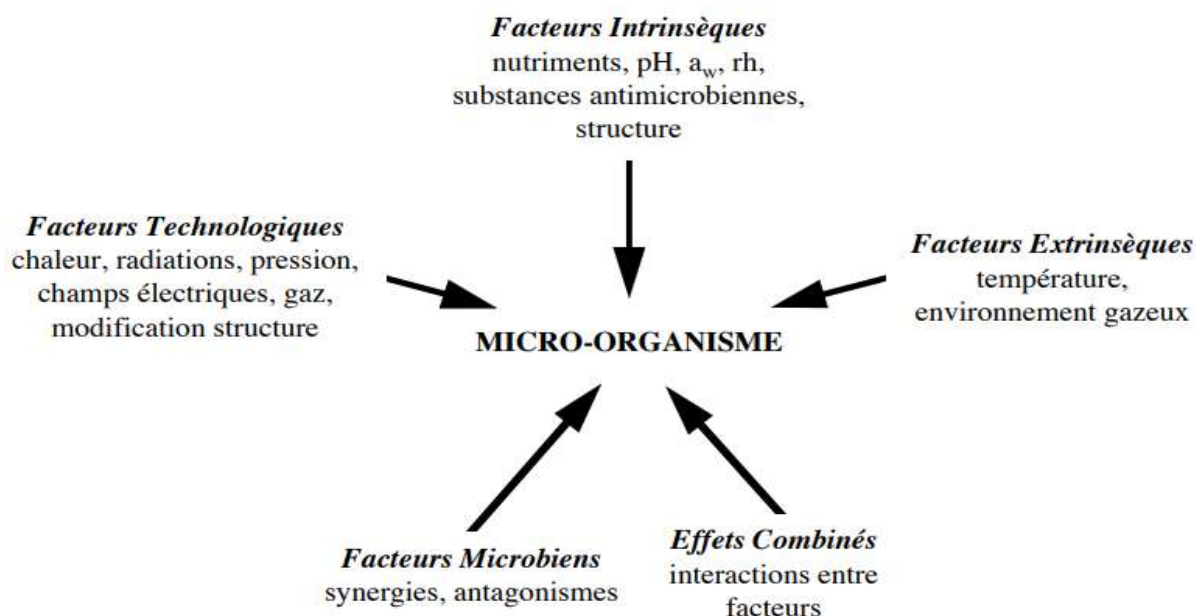
## II.7. Croissance microbienne

La notion de **croissance bactérienne** recouvre deux aspects: la croissance de la cellule bactérienne (taille, masse, volume), et le phénomène de division cellulaire (population). Pour simplifier, on assimile souvent la croissance à la division cellulaire. Le plus simple est de considérer la croissance comme un ensemble de réactions (du métabolisme) conduisant à la synthèse de biomasse bactérienne. La croissance est alors définie par l'augmentation de biomasse sèche. L'étude de la croissance bactérienne consiste en la détermination des paramètres de croissance pour une souche bactérienne donnée.

### **II.7.1. Les facteurs qui influencent le comportement et la croissance des microorganismes**

Les facteurs écologiques susceptibles d'agir sur le comportement et donc la croissance des micro-organismes au sein des aliments sont classés en cinq groupes (Mossel et Ingram, 1955; Mossel, 1983). Il existe (figure 9):

1. Les facteurs intrinsèques: ce sont les caractéristiques physico-chimiques d'un aliment. Ils englobent le pH, l'activité de l'eau, le potentiel d'oxydoréduction, les substances antimicrobiennes, la composition en nutriments et la structure de l'aliment;
2. Les facteurs technologiques: ce sont les traitements délibérément appliqués aux aliments généralement dans le but de détruire la flore microbienne. Ils consistent pour l'essentiel en l'application de chaleur, de radiations U.V. ou ionisantes, de hautes pressions hydrostatiques, ou en des modifications de la structure de l'aliment (émulsions);
3. Les facteurs extrinsèques: Ils sont appliqués pendant la conservation des denrées alimentaires. Ils consistent essentiellement en l'utilisation de froid positif ou négatif et d'atmosphères modifiées;
4. Les facteurs microbiens: ce sont les interactions qui peuvent exister avec les autres microorganismes présents dans l'aliment. Ils peuvent favoriser ou ralentir la croissance des microorganismes étudiés;
5. Les effets combinés: ce sont les interactions qui peuvent exister entre les facteurs cités auparavant. L'effet d'un facteur écologique sur un micro-organisme est généralement dépendant du niveau des autres facteurs. On peut ainsi observer des synergies ou des antagonismes entre les facteurs. Les synergies entre facteurs environnementaux ont été illustrées par Leistner et Rödel (1976) avec le concept des barrières ("hurdle concept").



**Figure 9: Nature des facteurs environnementaux agissant sur le comportement des microorganismes dans les aliments.**

Source: Leistner et Rödel (1976)

## II.7.2. Cinétique de la croissance microbienne

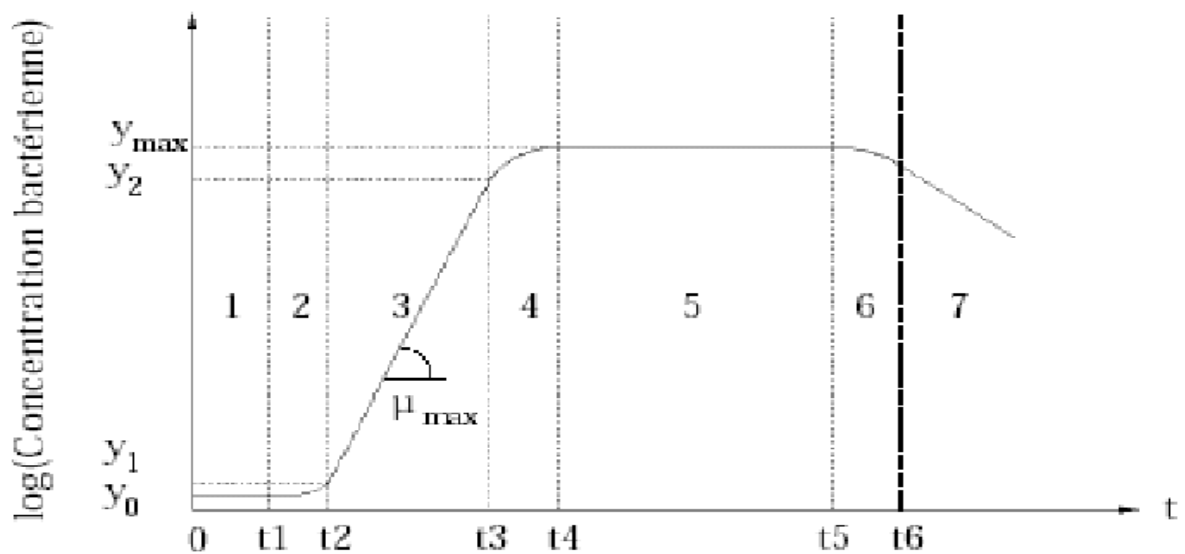
La croissance microbienne comporte les phases suivantes:

1. Phase de latence;
2. Phase d'accélération;
3. Phase de croissance exponentielle;
4. Phase de décélération (ou de freinage);
5. Phase stationnaire maximale;
6. Phase de décroissance;
7. Phase de décroissance exponentielle

$\mu$  max: taux de croissance maximale;

$y$  max: concentration bactérienne maximale

La figure 10 montre les étapes de la croissance microbienne



**Figure 10: Cinétique de la croissance d'une population microbienne pour une température constante**

Source: Leistner et Rödel (1976)

### III: EXPERIMENTATIONS

#### III.1. Echantillonnage et production des farines

Les patates douces (*Ipomea batatas* Lam) ont été achetées au marché local de City park situé dans le quartier de Park Land de Nairobi au Kenya. Les tubercules de PDCO (variété NASPOT 12) sont lavés à l'eau du robinet et épluchés. Ils sont coupés en tranches. Ils ont été répartis en deux lots. Le premier lot n'a pas subi de prétraitement avant broyage pour servir de témoin. Et enfin, le second lot a subi un blanchiment à l'eau du robinet à chauffée à 90°C pendant 2 minutes. Les échantillons sont codifiés de la manière suivante: tranches de patate douce sans prétraitement (TPD), tranches de patate douce prétraitée par blanchiment (TPDB). Les deux lots d'échantillons sont séchés au soleil pendant 7 jours. Les farines ont été obtenues par broyage à l'aide d'un mixeur (blender). Une partie de la farine issue de TPDB et toute la farine issue de TPD ont ensuite été conditionnées dans du papier aluminium pour empêcher des échanges d'humidité puis analysés au KBS. Une partie de TPDB et une partie de la farine ont été conservées dans des sachets en polyéthylène puis conservées à température ambiante durant 3 mois et ont été soumises à une deuxième analyse au KBS (figure 11).

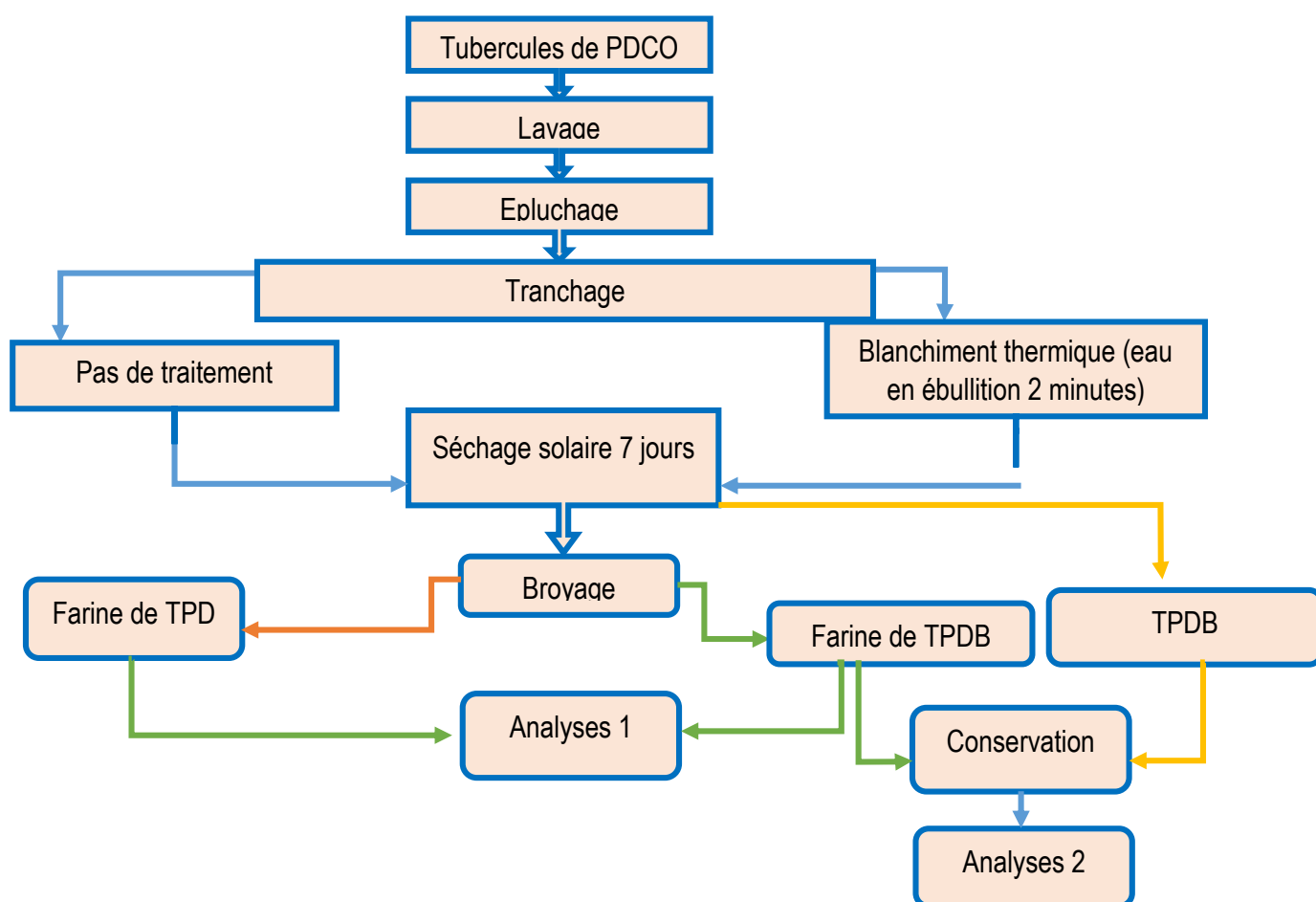


Figure 11: Schéma méthodique de la recherche

## **III.2. Analyses physico-chimiques et nutritionnelles**

### **III.2.1. Teneur en eau**

La détermination de la teneur en eau (TE) est effectuée par pesée différentielle avant et après passage à l'étuve selon la norme française (NF EN 19017-5, 2000). La coupelle à vide est d'abord nettoyée, séchée et pesée ( $M_0$ ).

Procédure :

1. Peser le récipient mun du couvercle ( $M_0$ ). Identifier le avec une étiquette.
2. Placer l'échantillon à l'état naturel dans le récipient et peser l'ensemble (échantillon + récipient), ( $M_1$ ). De préférence garder le fermé afin de garder l'humidité de l'échantillon
3. Placer l'ensemble (échantillon + récipient) dans l'étuve avec température réglée à  $110 \pm 5^\circ$  C une fois le récipient dans l'étuve n'oublier pas d'enlever le couvercle.
4. Après 24h retirer le récipient avec l'échantillon sec. Remettre le couvercle et peser ( $M_2$ ) en utilisant la même balance.
5. Déterminer la teneur en eau W exprimée en pourcentage :

$$\text{Teneur en Eau en \%} = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \times 100$$

$M_0$  : Masse du récipient.

$M_1$  : Masse du récipient + Masse de l'échantillon humide.

$M_2$  : Masse du récipient + Masse de l'échantillon.

### **III.2.2. Teneur en lipides**

Les lipides sont déterminés par différence de poids après extraction au Soxhlet. Pour ce faire, 5 g de farine de patate douce sont placés dans une cartouche préalablement séchée pendant 1 heure dans une étuve à  $105^\circ\text{C}$  et refroidie dans un dessiccateur. Ensuite, les lipides contenus dans les farines de patate douce sont extraits durant 6 h, à l'aide d'éther diéthylique et d'éther de pétrole. Ensuite, le mélange de solvants est évaporé et les lipides extraits sont pesés. Les résultats exprimés représentent la moyenne de trois essais. Les teneurs en lipides des échantillons seront déterminées par la méthode d'extraction au Soxhlet selon la norme internationale (ISO 659: 1998), avec l'hexane comme solvant.

### **III.2.3. Teneurs en protéines totales**

La teneur en protéines des échantillons est déterminée suivant la méthode de Kjeldhal. La matière est digérée dans du  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pour convertir l'azote protéique en  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  à un point d'ébullition élevé par l'ajout de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  avec un catalyseur de Cu pour augmenter la vitesse de réaction. L'ammoniac est libéré par distillation alcaline à la vapeur et quantifié par titrage avec de l'acide normalisé. Des blocs chauffants en aluminium augmentent l'efficacité de la digestion. Le digestat doit contenir  $\text{H}_2\text{SO}_4$  résiduel pour retenir le  $\text{NH}_3$ .

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*

De l'eau est ajoutée manuellement ou automatiquement au digestat afin d'éviter de mélanger l'alcali concentré avec l'acide concentré et d'empêcher le digestat de se désagréger. Du NaOH concentré est ajouté pour neutraliser l'acide et rendre le digestat basique.

Le NH<sub>3</sub> libéré est distillé dans une solution d'acide borique et titré avec un acide normalisé plus fort, le HCl, jusqu'à un point final colorimétrique.

*% en Azote*

$$= \frac{\text{Vol de H}_2\text{SO}_4 \text{ utilisé pour titrer} \times N \times M.A \text{ de l'azote} \times \text{facteur de correction} \times 100}{\text{Masse de l'échantillon}}$$

*% en protéines = % en azote × facteur de conversion pour les protéines*

**Matériel utilisé :**

- Minéralisateur,
- Hotte aspirante,
- Distillateur d'azote,
- Balance analytique,
- Bécher
- Agitateur magnétique
- Spatule
- Nacelle
- Réfrigérant
- Manteau chauffant
- Burette
- Epruvette

**Erlenmeyer Protocole :**

- Mesurer 3g de farine dans le tube de minéralisation
- On ajoute un catalyseur (1 comprimé)
- On ajoute l'acide sulfurique concentré : 25 ml
- On chauffe au minéralisateur à 400 degrés jusqu'à la coloration verdâtre qui indique que toute la matière organique a été transformée en matière minérale
- A ce niveau la minéralisation est finie, on passe à la distillation
- On ajoute 100 ml d'eau distillée dans l'échantillon après minéralisation (comme l'échantillon est en milieu acide, on ajoute de l'eau et le NaOH pour neutraliser afin de libérer l'ammoniaque)
- La distillation se fait avec un réfrigérant à reflux
- 100 ml de NaOH 35% sont ajoutés à la solution de l'échantillon avec l'eau distillée et on monte le réfrigérant dans l'acide borique qui va retenir l'ammoniaque sous forme de vapeur. Ici on obtient le sulfate d'ammonium après la minéralisation et la distillation avec NaOH qui va se décomposer pour libérer l'ammoniaque et donner une solution bleue)
- On va titrer avec l'acide sulfurique 1N pour déterminer la quantité d'ammoniaque
- On arrête le titrage quand la solution vire du bleu au rouge.

#### **III.2.4. Teneur en cendres**

La teneur en cendres brutes des farines est déterminée suivant la méthode OAC (1990). Elle consiste à minéraliser de 3 à 5 g de farine (contenu dans des creusets en porcelaine préalablement séchés) dans un four à moufle. Le creuset de minéralisation à vide a d'abord été nettoyé, séché et pesé ( $M_0$ ). Le creuset contenant la farine (3 à 5 g) est à nouveau pesé ( $M_1$ ) et placé à l'étuve à 105°C pendant 24 h. Après séchage, le creuset est sorti de l'étuve, puis refroidi dans un dessiccateur ( $P_2O_5$ ) avant d'être pesé ( $M_2$ ). Une fois pesés, les creusets sont introduits dans le four à 550°C, pour incinération pendant environ 6 h, refroidis dans le dessiccateur et peser à nouveau. La teneur en cendres (exprimée en%) est la masse de produit restant dans le creuset après incinération rapportée à la matière sèche totale du produit.

$$\text{Teneur en Cendres} = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \times 100$$

#### **III.2.5. Teneurs en glucides totaux**

Les teneurs en glucides totaux ont été déterminées par différence (Egan et al., 1981) selon la formule: Teneur en glucides totaux (%) = 100 - [teneur en eau (%) + teneur en protéine (%) + teneur en lipide (%) + teneur en cendre (%)].

#### **III.2.6. Teneurs en $\beta$ -carotène**

La teneur B-carotène a été déterminée par chromatographie liquide haute performance (HPLC) par modification de la méthode décrite par Kurilich et Juvik (1999). La mie et la croûte de chaque échantillon ont été soumises séparément à une analyse. Environ 1g de l'échantillon a été pesé avec précision dans un tube de 25 ml. 5 ml de méthanol y ont été ajoutés. L'échantillon a été incubé dans un bain-marie pendant 10 minutes à 70°C, puis a subi une centrifugation à 800xg pendant 10 minutes. La partie liquide a été décantée lentement dans un récipient de 25 ml (fiolle jaugée).

Au résidu, 5 ml de tétrahydrofurane ont été ajoutés, puis ont subi une centrifugation à 800xg pendant 10 minutes. La partie liquide a été décantée dans une fiolle jaugée de 25 ml. L'extraction avec du tétrahydrofurane (5 ml à chaque fois) a été répétée 3 fois. La fiolle jaugée de 25 ml a été remplie jusqu'au trait avec du tétrahydrofurane et mélangée par agitation. Sur ce mélange, 2 ml de l'extrait ont été transférés dans un tube propre de 25 ml, 4 ml d'hexane HPLC et 3 ml d'eau désionisée ont été ajoutés. Le mélange a été homogénéisé et a subi une centrifugation à 800xg pendant 10 minutes. La phase supérieure a été transférée dans un tube de 15 ml à l'aide d'une pipette. Le solvant a été évaporé dans un évaporateur N à une température maintenue en dessous de 40°C. le résidu a été reconstitué avec un mélange méthanol: tétrahydrofurane (85: 15). 1 ml du mélange reconstitué a été transféré dans des flacons HPLC.

### **III.2.7. Teneur en éléments minéraux (Fe et Ca)**

L'analyse des éléments minéraux a été effectuée par méthode de spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme en 4 grandes étapes selon la méthode AOAC 975.03, 21st Edition, 2019: le pesage des échantillons, la calcination, la minéralisation et la lecture. Nous avons d'abord pesé 2g de l'échantillon sur la balance analytique dans un creuset en porcelaine. L'échantillon est porté au four à moufle à 550°C pendant 6 heures pour en faire une calcination. On le refroidit à température ambiante dans un dessiccateur. Après, on verse dans le creuset 3,5 ml de HNO<sub>3</sub> par gramme de l'échantillon pesé initialement. Nous avons ensuite ajouté 10 ml d'eau distillée et puis le mélange est mis sous hotte jusqu'à l'ébullition et après, on laisse digérer pendant 30 minutes au bain de sable. Nous avons procédé à la minéralisation par les acides et filtré à l'aide du papier filtre dans une fiole jaugée de 500ml par le HCl 0,5N.

On met ensuite la fiole jaugée à volume jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée en rinçant plusieurs fois le papier filtre et le creuset avec de l'eau distillée.

On pipette 1/20 de la solution filtré (en se référant de la fiole jaugée qu'on veut utiliser) et on la verse dans la fiole de 100ml, puis on met à volume après avoir mis le LaCl<sub>3</sub> (pour éviter les interférences)

Nous avons ensuite préparé la courbe d'étalonnage. A partir d'une solution standard à 1000 ppm de Fe et Ca, on prépare une solution de 10 ppm en pipetant 1 ml dans une fiole jaugé de 100 ml. On l'a porté à volume avec de l'eau distillée. Nous avons pipeté 5; 10 et 20 ml de solution 10 ppm dans un jaugé de 100 ml et on a ajouté 10 ml de LaCl<sub>3</sub> 10%. On l'a porté à volume avec de l'eau distillée. Enfin, on procède à la lecture où l'absorption est faite par une flamme générée par la combustion d'un mélange air/acétylène à 2500°C.

La concentration pour un élément minéral (ppm) est donnée par la relation suivante:

$$\frac{ZYV}{100} \times \frac{100}{X} = \frac{ZYV}{X}$$

Où X: poids de l'échantillon pesé (g)

V: volume après filtration (ml)

Y: Dilution

Z: Concentration de la prise d'essai (mg/l)

### **III.3. Analyse microbiologique**

Le travail d'analyse microbiologique est centré sur l'évaluation des coliformes totaux (CT), *Staphylococcus aureus*, les levures et les moisissures. Le protocole expérimental est basé sur la culture des microorganismes sur des milieux de cultures sélectifs et de composition bien connue. Les analyses effectuées consistent à la recherche et au dénombrement des microorganismes présents dans un volume déterminé de boissons.

### **III.3.1. Préparation des milieux de culture**

- Préparation de l'Eau peptonée (Oxoid): pour préparer 1 litre d'eau peptonée, 10g de peptone et 5g de NaCl ont été dissous dans un 1 litre d'eau distillée avant d'être mise dans l'autoclave pendant 15 minutes à 121°C. Ainsi, l'eau peptonée stérilisée a été utilisée pour effectuer les différentes dilutions.
- Pour préparer les milieux de culture, on a utilisé le VRBL pour les coliformes totaux à 37 °C pendant 48 heures, pour les levures et moisissures, on a utilisé comme milieu SABOURAUD à 20° C pendant 3 à 5 jours tandis que pour les staphylococcus aureus on a utilisé RVS, XLD et Gélose Baird-Parker à 37° C pendant 24 heures (Mugisha, 2022).

### **III.3.2. Préparation de dilution**

Sur une paillasse bien nettoyé et bien désinfectée et en travaillant dans une zone stérile, après homogénéisation de l'échantillon à analyser, 1 ml d'échantillon a été prélevé et a été introduit dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau distillée préalablement préparée et stérilisée. On a eu la première dilution fille égale à 1/10 ou  $10^{-1}$  (Boukhalfa, 2020). Dans un autre tube à essai stérile contenant au préalable 9 ml d'eau distillée stérile, on a introduit 1 ml de solution provenant de la dilution fille précédente à l'aide d'une micro pipette. Ensuite, on a mélangé soigneusement pour homogénéiser, ainsi on a obtenu une dilution de 1/100 ou  $10^{-2}$  puis on a continué jusqu'à créer une série de dilutions jusqu'à  $10^{-4}$  nécessaires pour réaliser les tests analytiques (Boukhalfa, 2020; Kirati, 2019). Le nombre de dilutions nécessaires dépend du niveau de contamination prévu (Abozue, 2022; ISO6887-2:2003(F), 2003).

### **III.3.3. Ensemencement**

Le travail d'ensemencement a été fait au niveau de « la hotte à flux laminaire », un appareil produisant de l'air pur et un environnement stérile. On a prélevé 1 ml de chaque échantillon à l'aide d'une seringue stérile et on l'a introduit dans un milieu de culture contenu dans le tube à essais et on a homogénéisé. Le mélange a été écoulé dans une boîte de pétrie et puis des mouvements rotatifs ont été faits pour la répartition convenablement sur toute la surface avant d'être incubés (Mugisha, 2022).

### **III.3.4. Incubation**

Après la culture, les différentes boîtes de pétrie bien étiquetées pour permettre une meilleure identification au moment du comptage des colonies, ont été incubées dans un incubateur réglée à une température spécifique pour chaque microorganisme recherché. Le tableau 7 indique la durée et température optimales de croissance des différents microorganismes (Akkouche & Chikhaoui, 2018; Benterki & Balah, 2020; Boukhalfa, 2020; Kirati, 2019; Nijimbere, 2024; Nkurunziza, 2022), (Adamou et al., 2021).

**Tableau 7: Description simplifiée des germes recherchés, leurs températures et durées d'incubation**

<b>Germes recherchés</b>	<b>Milieux de culture utilisés</b>	<b>Type d'ensemencement</b>	<b>Température d'incubation</b>	<b>Durée d'incubation</b>
Coliformes Totaux	VRBL	En profondeur	37°C	48h
Levures et Moisissures	Sabouraud	En profondeur	20°C	3 à 5 jrs
<i>Staphylococcus aureus</i>	RVS,XLD et Gélose Baird-Parker	En surface	37°C	24h

### III.3.5. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale

#### a) Recherche et dénombrement des coliformes totaux (ISO 4832)

Ce sont donc des organismes indicateurs de la qualité de l'aliment. Elles vivent dans les intestins d'animaux ou humains, leur présence dans l'aliment indique une pollution fécale. Ils ne provoquent pas d'intoxication sauf si la présence d'*Escherichia coli* a été détectée (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

**Coliformes:** Il s'agit de Bacilles Gram Négatifs (BGN), aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, ne possédant pas d'oxydase, capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37°C (Rouina & Salhi, 2023).

**Coliformes Thermo-tolérants:** Il s'agit là de coliformes possédant les mêmes caractéristiques que les coliformes mais à 44°C, ils remplacent dans la majorité des cas l'appellation de « Coliformes fécaux » (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

**La procédure qui a été suivie est la suivante:** A partir de la solution mère ainsi que de ses dilutions décimales (1/10000, 1/1000, 1/100 à 1/10), on a procédé à un ensemencement en profondeur, en portant aseptiquement 1 ml d'échantillon dans les boîtes de pétri stériles, auxquelles on a ajouté à peu près 10 à 15 ml VRBL fondue puis refroidie à 45°C, faire ensuite des mouvements circulatoires pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose et on a laissé solidifier sur paillasse (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

**Dénombrement:** Toutes les colonies rouge violettes d'un diamètre d'au moins 0.5mm ayant poussé sur les boites ont été comptées en tenant compte des facteurs de dilutions. Le dénombrement des colonies n'a été effectué que dans les boîtes contenant 15 et 300 colonies. Il est impossible de trouver plus de Coliformes fécaux que de Coliformes totaux et les autres colonies non fluorescentes ne sont ni des coliformes totaux ni des coliformes fécaux (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

**Expression des résultats:** Le nombre de micro-organismes par millilitre de l'échantillon a été calculé à l'aide de l'équation 5 qui est valable pour les Coliformes, les *Escherichia coli*, les levures et moisissures (Nijimbere, 2024)

$$\text{Nombre de colonie/g} = \frac{\Sigma C}{(n_1 + 0,1n_2)d}$$

Où:  $\Sigma C$ : La somme des colonies retenues sur les boîtes comptables.  $n_1$ : Le nombre de boîtes retenues dans la première dilution.  $n_2$ : Le nombre de boîtes retenues dans la deuxième dilution.  $d$ : Le facteur de dilution à partir duquel les premiers comptages ont été obtenus.

### III.3.6. Recherche des germes pathogènes

Il existe une grande variété de bactéries pathogènes ou potentiellement pathogènes (opportunistes) pour l'homme dans tous les types de produits alimentaires. Celles-ci vivent ou survivent dans l'environnement, soit provenant des rejets humains, éliminées par des sujets malades ou des porteurs sains, soit étant autochtones et pouvant s'adapter à l'homme (Mugisha, 2022; Zemmiri & Merarsim, 2014).

#### a. Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus* (ISO 6888-1)

Lors de l'analyse des salmonella, la recherche s'effectue par des tests « présence ou absence » et la norme est de 0 germe par millilitre. Pour rechercher et dénombrer le microorganisme *Staphylococcus aureus*, une succession de quatre étapes est nécessaire (ISO6579-1, 2017).

#### La première étape: Pré enrichissement en milieu non sélectif liquide

Ensemencement de la prise d'essai dans de l'eau peptonée tamponnée à température ambiante, puis incubation entre 34 °C et 38 °C pendant 18 h. En cas de grandes quantités (par exemple, 1L ou plus), il est recommandé de chauffer l'eau peptonée tamponnée entre 34 °C et 38 °C avant son mélange avec la prise d'essai (ISO6579-1, 2017).

#### Deuxième étape: Enrichissement en milieux sélectifs

Ensemencement du bouillon Rappaport-Vassiliadis avec soja (bouillon RVS) ou de la gélose Rappaport- Vassiliadis semi-solide modifiée (MSRV) et d'un bouillon Müller-Kauffmann tétrathionate-novobiocine (MKTTn) avec la culture obtenue précédemment (au niveau de la 1<sup>ère</sup> étape).

Incubation du bouillon RVS ou de la gélose MSRV à 41,5 °C pendant 24 h, et du bouillon MKTTn à 37 °C pendant 24 h.

Pour certains produits, il peut être nécessaire d'incuber le ou les milieux d'enrichissement sélectifs pendant 24 h supplémentaires. Seules les Salmonella mobiles peuvent être détectées à l'aide de la gélose MSRV (ISO6579-1, 2017).

### **Troisième étape: Isolement sur des milieux solides sélectifs**

À partir des cultures obtenues au niveau de la deuxième étape, on fait ensuite l'ensemencement des deux milieux sélectifs solides suivants:

La gélose xylose-lysine-désoxycholate (gélose XLD);

Un autre milieu sélectif solide complémentaire de la gélose XLD.

Incubation de la gélose XLD à 37 °C puis examen après 24 h. Incubation du second milieu sélectif selon les recommandations du fabricant (ISO6579-1, 2017).

### **Quatrième étape: test de Confirmation**

A l'aide de la gélose nutritive, on fait le repiquage des colonies présumées de Staphylocoque et confirmation au moyen des essais biochimiques et sérologiques appropriés (ISO6579-1, 2017).

**Expression des résultats:** Le nombre de colonies formées a été obtenu à l'aide de l'équation suivante (Nijimber, 2024)

$$N/g = \frac{\sum C}{v \times 1.1 \times d}$$

Soit;  $\sum C$ : est la somme des colonies comptées sur les deux boîtes retenues.

**d**: correspond à la première dilution.  $1,1 = n_1 + 0,1n_2$  Avec: **n<sub>1</sub>**: Nombre de boîtes retenues à la première dilution; **n<sub>2</sub>**: Nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution; **V**: volume de l'inoculum ensemencé dans chaque boîte en ml; **N**: nombre de colonies formées par gramme ou par millilitre exprimé UFC/g

### **III.3.7. Recherche des microorganismes d'altération**

#### **a. Recherche et dénombrement des levures et moisissures (ISO 21527-2)**

Les levures et moisissures sont des flores indicatrices de la qualité d'un aliment en général. Ces microorganismes peuvent être utilisés comme une flore technologique ou bien comme un indicateur de contamination. Dans un produit alimentaire, essentiellement d'origine végétale, la recherche des levures et des moisissures est un indicateur clé de la qualité sanitaire. Leur présence dans l'aliment provoque un changement indésirable tel que: l'odeur, le goût, le gonflement, la mauvaise présentation et la diminution de la période de conservation des produits (Kirati, 2019).

**Les levures:** est un champignon unicellulaire un eucaryote apte à provoquer la fermentation des matières organiques animales ou végétales. Ces micro-organismes sont de forme variable selon l'espèce (sphérique, ovoïde, en bouteille, triangulaire ou apiculée, c'est-à-dire renflée chaque bout comme un citron) mais généralement ovales (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

**Les moisissures:** Elles sont multicellulaires. La paroi est riche en cellulose ou en chitine. Le corps d'une moisissure est fait de deux parties, le mycélium (ensemble de plusieurs filaments) (Akkouche & Chikhaoui, 2018).

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*

**La procédure suivie est la suivante:** A partir des dilutions décimales,  $10^{-4}$  à  $10^{-1}$ , 4 gouttes ont été aseptiquement portées dans une boîte de pétri contenant de la gélose Sabouraud. On a ensuite étalé les gouttes à l'aide d'une anse stérile, puis nous avons incubé à  $25^{\circ}\text{C}$  pendant 5 jours (Nijimbere, 2024; Nkurunziza, 2022). Ainsi, la première lecture a été faite à partir de la 48<sup>ème</sup> heure d'incubation; elle consiste d'abord en la lecture des deux boîtes témoins car si l'une d'entre elles présente des levures ou des moisissures ça veut dire que l'analyse est à refaire. (Akkouche & Chikhaoui, 2018; Nkurunziza, 2022). Pour exprimer les résultats, on a fait recours à la formule suivante (Nijimbere, 2024):

$$\text{Nombre de colonies (en UFC)/g} = \frac{\Sigma C}{(n_1 + 0.1n_2)d}$$

Avec,  $\Sigma C$ : somme des colonies comptées dans les boîtes retenues,  $n_1$ : Le nombre de boîtes retenues en comptant entre 10 et 150 colonies à la première dilution,  $n_2$ : Le nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution tout en considérant les colonies entrent 10 et 150 et  $d$  indique le facteur de dilution correspondant à la première dilution.

## IV: RESULTATS ET DISCUSSION

### IV.1. Analyse microbiologique

Pour mettre en évidence l'évolution microbiologique dans la farine de PDCO, 5 différentes analyses microbiologiques ont été effectuées: analyse de la PDCO fraîche, analyse de la farine de TPD juste après leur séchage, analyse de la farine de TPDB juste après leur séchage, analyse de la farine conservée de TPDB durant trois mois et l'analyse de la farine de TPDB conservée sous forme de chips durant trois mois. Les analyses ont porté sur les coliformes totaux, *Staphylococcus aureus*, les levures et moisissures ainsi que la Contamination microbienne ou flore totale au cours du temps comme le montre le tableau 8.

**Tableau 8: Charge microbienne de la PDCO fraîche et des farines de PDCO**

Paramètres	Unité	Résultats					Limites
		PDCO fraîche	Farine de (TPD)	Farine de (TPDB)	Farine conservée de TPDB (3 mois)	Farine de TPDB conservée (3 mois)	
Coliformes totaux	UFC/g	0	0	0	<15	<10	-
Staphylococcus aureus	UFC/g	0	0	0	0	0	Absent
Moisissure et champignons	UFC/g	0	9.10	9.10	7,1.10 <sup>3</sup>	6,1.10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup> UFC/g
Contamination microbienne ou flore totale	UFC/g	1.10 <sup>1</sup>	6,8.10 <sup>2</sup>	6,4.10 <sup>2</sup>	1,2.10 <sup>4</sup>	9,6.10 <sup>3</sup>	-

Les différentes analyses microbiologiques ont montré que la PDCO fraîche n'avait aucun germe de ceux faisant objet d'analyse à part la Contamination microbienne ou flore totale à hauteur de 10<sup>1</sup> UFC/g, les farines de TPD et de TPDB ne contenaient aucun germe de coliformes totaux (0UFC/g), de levures et moisissures (9.10 UFC/g) et 6,8.10<sup>2</sup> de la Contamination microbienne ou flore totale, la farine de TPDB conservée sous forme de chips durant 3 mois contenait des coliformes totaux <15 UFC/g, 7100 UFC/g de levures et moisissures, 12000 UFC/g de la Contamination microbienne ou flore totale et la Farine de TPDB conservée sous forme de chips durant 3 mois contenait des coliformes totaux <10 UFC/g, 6100 UFC/g de levures et moisissures, 9600 UFC/g de la Contamination microbienne ou flore totale. Aucun germe de *Staphylococcus aureus* n'a été retrouvé dans tous les échantillons analysés. La charge microbienne la plus élevée a été constatée dans la farine conservée de TPDB.

La qualité microbienne de ces farines est acceptable pour les coliformes totaux 0 à 15 UFC/g, cette charge est inférieure à celles d'une autre étude réalisée à Nanoro au Burkina Faso avec une variation de 0 à 5,9.10<sup>3</sup> UFC/g dans des échantillons de farines infantiles locales et à celle

rapportée dans une étude similaire au Gabon avec une charge maximale de 5,76.10<sup>1</sup> UFC/g (Sanogo *et al.* 2022). Les charges de levures et moisissures (de 9.10 UFC/g à 6,1.10<sup>3</sup> UHF/g pour la farine des Chips de PDCO et de 9.10 UFC/g à 7,1.10<sup>3</sup> UFC/g) sont inférieures à celles rapportées dans une étude réalisée au Madagascar par Razafindrazaka (2006) qui rapportait une variation des levures et moisissures de 10<sup>2</sup> UFC/g à 7.10<sup>5</sup> UFC/g dans des farines infantiles produites mais supérieures à celles de Sanogo *et al.* (2022) variant de 4 UFC/g à 1,1.10<sup>3</sup> UFC/g). Ces charges sont inférieures au seuil limite fixé par la norme burundaise sur la qualité des farines limitant la charge de levures et moisissures à 10<sup>4</sup> UFC/g.

## IV.2. Composition physico-chimique

Dans ce point, nous allons voir la composition en protéines, en lipides, en glucides, en eau, en cendres, en  $\beta$ -carotène, en calcium et en fer dans la PDCO fraîche, les farines de TPD et de TPDB ainsi que dans la farine conservée de TPDB et dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips (tableau 9).

**Tableau 9: Composition physico-chimique de 100 g de PDCO en fonction de son état**

Paramètres	PDCO fraîche	Farine TPD	Farine TPDB	TPDB conservée	Farine conservée
Teneur en protéines (g)	3,45±0,01	2,91±0,005	2,43±0,01	2,30±0,01	1,95±0,01
Teneur en lipides (g)	1,48±0,05	0,90±0,04	1,17±0,02	0,83±0,01	0,83±0,01
Teneur en glucides (g)	87,22±0,25	84,80±0,07	86,29±0,08	83,56±0,28	82,02±0,07
Teneur de cendres (g)	3,61±0,06	3,29±0,18	3,34±0,04	3,43±0,07	3,31±0,005
Teneur d'eau (g)	4,20±0,162	7,80±0,14	7,01±0,01	9,85±0,09	11,85±0,01
Teneur de en $\beta$ -carotène (mg)	28,03±0,15	10,62±0,09	13,96±0,14	7,64±0,04	6,91±0,04
Teneur en calcium (mg)	78,14±2,26	78,14±2,26	78,47±0,64	78,14±2,26	78,47±0,69
Fer	2,44 ±0,05	2,44±0,05	2,47±0,01	2,43±0,04	2,43±0,06

L'analyse du tableau 9 montre la composition de la patate douce à chair orange sous différentes formes, voici les différentes valeurs trouvées selon les paramètres étudiés:

- La quantité de protéines est 3,45± 0,01 g/100 g de matière sèche de PDCO fraîche, 2,91± 0, 005 g/100 g dans la farine de TPD, 2,43± 0,01 g/100 g dans la farine de TPDB, 2,30± 0,01 g/100 g dans la Farine de TPDB conservée sous forme de chips et 1,95±0,015 g/100 g dans la farine conservée de TPDB. Ces résultats corroborent avec ceux de Ndangwi (2015) pour la farine de TPD et la farine de TPDB.
- La quantité de lipides est 1,48± 0,05 g/100 g de matière sèche de PDCO fraîche, 1,17± 0,02 g/100 g dans la farine de TPDB, 0,90± 0,04 g/100 g dans la farine de TPD, 0,83± 0,010 g/100 g dans la Farine de TPDB conservée sous forme de chips et 0,83± 0,01 g/100 g dans la farine conservée de TPDB. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés dans la littérature par Gurkin (1988), par Ndangwi (2015) et par Aurélie Bechoff (2000).

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*

- La quantité de glucides est  $87,22 \pm 0,25$  g/100 g de matière sèche de PDCO fraîche,  $86,29 \pm 0,25$  g/100 g dans la farine de TPDB,  $84,80 \pm 0,07$  g/100 g dans la farine de TPD,  $83,56 \pm 0,09$  g/100g dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips et  $82,02 \pm 0,005$  g/100 g dans la farine conservée de TPDB. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés dans la littérature par Gurkin (1988), par Ndangwi (2015) et par Aurélie Bechoff (2000).
- La quantité de cendres est  $3,61 \pm 0,06$  g/100 g de matière sèche de PDCO fraîche,  $3,29 \pm 0,04$  g/100g dans la farine de TPDB,  $3,29 \pm 0,18$  g/100 g dans la farine de TPD,  $3,33 \pm 0,07$  g/100 g dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips et  $3,31 \pm 0,005$  g/100 g dans la farine conservée de TPDB. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés dans la littérature par Gurkin (1988) et Woolfe (1992).
- La quantité d'eau est  $4,20 \pm 0,16$  g/100 g de matière sèche de PDCO fraîche,  $7,01 \pm 0,01$  g/100 g dans la farine de TPDB,  $7,80 \pm 0,146$  g/100 g dans la farine de TPD,  $9,85 \pm 0,09$  g/100 g dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips et  $11,85 \pm 0,01$  g/100 g dans la farine conservée de TPDB. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés dans la littérature par Gurkin (1988).
- La quantité de  $\beta$ -carotène est  $28,03 \pm 0,15$  mg/100 g de matière sèche de PDCO fraîche,  $13,96 \pm 0,14$  mg/100 g dans la farine de TPDB,  $10,62 \pm 0,09$  mg/100 g dans la farine de TPD,  $7,64 \pm 0,04$  mg/100 g dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips et  $6,91 \pm 0,04$  mg/100 g dans la farine conservée de TPDB. Ces valeurs corroborent avec celles de Tumuhimise *et al.* (2009).
- La quantité de calcium varie entre en moyenne entre 78.14 et 78.473333 mg/100 g de PDCO. Ces résultats sont similaires à ceux de Ndangwi (2015). La quantité de fer varie entre 2,38 et 2,5 mg/100 g avec de 2,4 mg/100 g de farine ou de matière sèche de PDCO. Ces résultats sont similaires à ceux de Ndangwi (2015).

### **IV.3. Evolution microbiologique et des propriétés physico-chimiques**

Au cours de ce point, nous allons voir comment varie la charge microbienne et les propriétés physicochimiques en fonction du mode de traitement de la PDCO, du mode et du temps de conservation de la PDCO.

#### **IV.3.1. Evolution microbiologique**

La figure 12 montre l'évolution des coliformes totaux, de *Staphylococcus aureus*, des levures et moisissures et de Contamination microbienne ou flore totale depuis la patate douce fraîche jusqu'à la farine de PDCO conservée durant 3 mois.

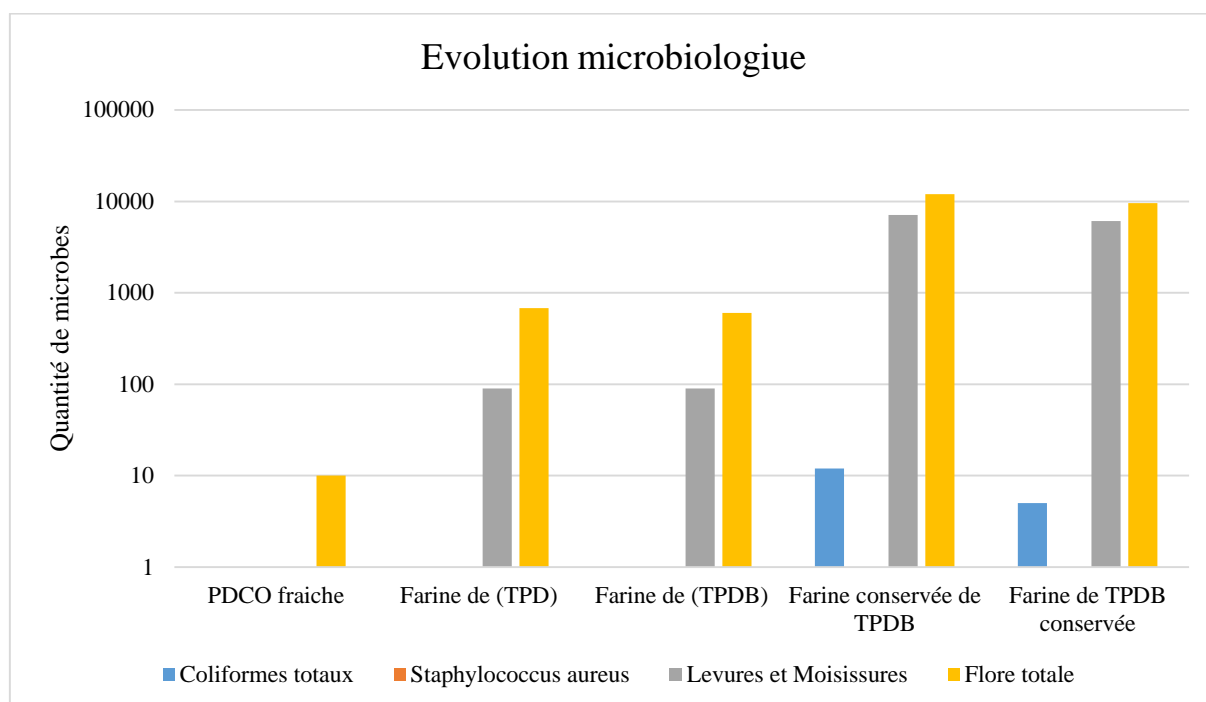


Figure 12: Evolution microbiologique dans la farine de PDCO

En faisant une analyse comparative de l'évolution des microbes dans les différents échantillons de farines de PDCO nous avons constaté ce qui suit:

La quantité de microbe dans la TPD et dans la TPDB est identique pour les coliformes, les *Staphylococcus aureus* et les moisissures, mais différentes pour la Contamination microbienne ou flore totale avec respectivement 680 et 600. Cette différence s'explique en général par le fait que le blanchiment a tué partiellement ou totalement une partie des microorganismes qui se trouvaient sur les tranches de patate douce blanchies.

Les coliformes totaux, les levures et moisissures et la Contamination microbienne ou flore totale sont plus abondants dans la farine de TPDB à l'état de farine que dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips. Cela s'explique par le fait que la surface de contact avec les microbes ainsi que l'activité de l'eau sont plus élevées dans le premier cas que dans le deuxième cas ce qui augmente la vitesse d'altération des aliments et le développement microbien (Aurélié Bechoff 2020, Hagerimana et low, 2000).

### IV.3.2. Evolution des Propriétés physico-chimiques

#### a. Evolution des Propriétés physico-chimiques pendant le séchage

Pendant le séchage, la plupart des composés de la patate douce à chair orange subissent des modifications importantes sur le plan nutritionnel. Ainsi la quantité de:

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*

- Protéines diminuent de 14% dans la farine de TPD et de 30% dans la farine de TPDB passant de  $3,45 \pm 0,01$  g/100 g à  $2,91 \pm 0,005$  g/100 g dans la farine de TPD et de  $3,45 \pm 0,01$  g/100 g à  $2,43 \pm 0,01$  g/100 g dans la farine de TPDB;
- Lipides diminuent de 21% dans la farine de TPDB et de 40% dans la farine de TPD passant de  $1,48 \pm 0,05$  g/100 g à  $1,17 \pm 0,02$  g/100 g dans la farine de TPDB et de  $1,48 \pm 0,05$  g/100 g à  $0,90 \pm 0,04$  g/100 g dans la farine de TPD;
- Glucides diminuent de 2,8% dans la farine de TPD et de 1,1% dans la farine de TPDB passant de  $87,22 \pm 0,25$  g/100 g à  $86,29 \pm 0,25$  g/100 g dans la farine de TPDB et de  $87,22 \pm 0,25$  g/100 g à  $84,80 \pm 0,07$  g/100 g dans la farine de TPD;
- $\beta$ -carotène diminue de 62% dans la farine de TPD et de 51% dans la farine de TPDB passant de  $28,03 \pm 0,15$  mg/100 g à  $13,96 \pm 0,14$  mg/100 g dans la farine de TPDB, et de  $28,03 \pm 0,15$  mg/100 g à  $10,62 \pm 0,09$  mg/100 g dans la farine de TPD;
- Cendres diminuent de 9% dans la farine de TPD et de 8% dans la farine de TPDB passant de  $3,61 \pm 0,06$  g/100 g à  $3,29 \pm 0,04$  g/100 g dans la farine de TPDB et de  $3,61 \pm 0,06$  g/100 g à  $3,29 \pm 0,18$  g/100 g dans la farine de TPD;
- Les quantités de calcium et de fer ne varient pas.

**b. Evolution des Propriétés physico-chimiques pendant le stockage**

Le stockage des aliments reste un défi majeur de la sécurité alimentaire. Pendant le stockage, la plupart des produits alimentaires perdent partiellement ou totalement leur qualité nutritionnelle. Avec la conservation de notre farine de PDCO, la quantité de:

- Protéines diminuent de 5,4% dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips et de 10% dans la farine conservée de TPDB passant de  $2,43 \pm 0,01$  g/100 g dans la farine de TPDB à  $2,30 \pm 0,01$  dans la farine de TPDB conservée et de  $2,43 \pm 0,01$  g/100 g à  $1,95 \pm 0,015$  g/100 g dans la farine conservée de TPDB;
- Lipides diminuent de 29,1% dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips et dans la farine conservée de TPDB, passant ainsi de  $1,17 \pm 0,02$  g/100 g à  $0,83 \pm 0,01$  dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips et dans la farine conservée de TPDB;
- Glucides diminuent de 3,8% dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips et de 5% dans la farine conservée de TPDB passant de  $86,29 \pm 0,25$  g/100 g à  $83,56 \pm 0,09$  g/100 g dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips et  $82,02 \pm 0,005$  g/100 g dans la farine conservée de TPDB;
- $\beta$ -carotène diminue de 45% dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips et de 50% dans la farine conservée de TPDB passant de  $13,96 \pm 0,14$  mg/100 g à  $7,64 \pm 0,04$  mg/100 g dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips et à  $6,91 \pm 0,04$  mg/100 g dans la farine conservée de TPDB;
- Eau augmente de 29% dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips et de 41% dans la farine conservée de TPDB passant ainsi de  $7,01 \pm 0,01$  g/100 g à  $9,85 \pm 0,09$  g/100 g dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips et à  $11,85 \pm 0,01$  g/100 g dans la farine conservée de TPDB.

Par contre les quantités de calcium, de fer et de cendres ne varient pas et dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips et dans la farine conservée de TPDB.

#### **IV.4. Discussion des résultats**

##### **IV.4.1. Séchage et blanchiment de la PDCO**

Les quantités de protéines, de lipides, de glucides, de cendres et de  $\beta$ -carotène diminuent avec le séchage de la PDCO.

Les quantités de glucides, de lipides et de  $\beta$ -carotène sont plus élevées dans la farine de TPDB par rapport à celles de la farine de TPD alors que pour les protéines c'est le cas inverse. Cela montre que le blanchiment permet de préserver les glucides, les lipides et le  $\beta$ -carotène alors qu'il dénature une petite partie de protéines. Cependant, nous constatons que le blanchiment n'a pas d'impact sur les quantités de cendres. Elles sont les mêmes dans les farines de TPD et de TPDB. Cette différence s'explique par le fait que le blanchiment inhibe certaines enzymes (protéines) responsables des réaction d'oxydation des lipides et de la dégradation du  $\beta$ -carotène telles que les lipoxygénases et les peroxygénases (Baloutche, 1977 et Ndangwi, 2015).

Avec le séchage, la quantité de  $\beta$ -carotène a diminué de 51% dans les TPDB et de 62% dans les TPD. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés dans la littérature par Aurélie Bechoff dans ses recherches sur la conservation de la farine de PDCO en 2000, où il a trouvé que les pertes de  $\beta$ -carotène pendant le séchage étaient estimées entre 47% et 72%.

La différence entre les quantités de protéines s'explique également par le même phénomène car les enzymes ont une nature protéinique d'où leur dénaturation par le blanchiment et du coup leur diminution. On observe également une légère différence de la quantité de la Contamination microbienne ou flore totale entre la farine de TPD et celle de TPDB, cette différence est due au fait que par le blanchiment on réduit la quantité de microbes présents sur la patate douce.

##### **IV.4.2. Conservation de la farine de PDCO**

Le nombre de coliformes totaux, de levures et moisissures et de la Contamination microbienne ou flore totale augmentent considérablement avec le mode de conservation de la PDCO passant respectivement de 0 à  $<10$  UFC/g, de  $9.10^1$  à  $6,1.10^3$  UFC/g et de  $6.10^2$  à  $9,6.10^3$  UFC/g dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips et de 0 à 15 UFC/g, de  $9.10^1$  à  $6,1.10^3$  UFC/g et de  $7.10^2$  à  $1,2.10^4$  UFC/g dans la farine conservée de TPDB. Ainsi, le développement des microorganismes est plus important dans la farine conservée de TPDB que dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips. Cela s'explique par le fait que le broyage des TPDB offre aux microorganismes une grande surface de contact et facilite l'humidification de la farine par comparaison aux TPDB conservées sous forme de chips. (Hagerimana *et al.* 1999)

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*

La quantité d'eau varie considérablement avec la conservation. Ainsi nous avons constaté que la quantité d'eau augmente en fonction de la durée et du mode de conservation de la PDCO, ce qui augmente l'activité de l'eau et par conséquent la vitesse d'altération et de développement des microorganismes dont les bactéries, levures et moisissures (Alzamora *et al.*, 2004).

Les quantités de protéines et de glucides contenues dans les farines de tranches de patate douce blanchies (farine conservée de TPDB) et de TPDB conservée sous forme de chips diminuent considérablement pendant la conservation par rapport à de à celles des farines de TPD et de TPDB. On a observé une diminution de la quantité de protéines et de glucides dans la farine de tranches de patate douce blanchies (farine conservée de TPDB) par rapport à celle de la farine de tranches de patate douce blanchie conservée sous forme de chips (farine de TPDB conservée) pendant la conservation. Cela est due au fait que pour la farine conservée de TPDB, l'humidité et la surface de contact avec les microbes sont plus importantes par rapport à la farine de TPDB conservée sous forme de chips.

Avec le stockage, la quantité de  $\beta$ -tacarotène a diminué de 50% dans la farine conservée de TPDB et de 45% dans la farine de TPDB conservée sous forme de chips suite à des réactions de dégradation dont principalement l'isomérisation et l'oxydation de ce dernier (Siems & coll., 2005). Ces résultats corroborent avec les résultats de Kosambo (2004) où il a trouvé que les pertes de bêtacarotène pendant le stockage étaient de 50% et Hagerimana *et al.* (1999) ont montré que les pertes de bêtacarotène sont inférieures dans la chips (TPDB) que dans la farine pendant le stockage.

La différence de développement des microbes observée dans la farine conservée de TPDB par rapport à la farine de TPDB conservée sous forme de chips (tableau 9) s'explique par le même phénomène car, comme l'ont montré Baldet & Colas (2012) plus l'activité de l'eau augmente plus l'altération des aliments augmente et plus les microbes (les bactéries, les levures et moisissures) se développent (Bolland & Gee, 1946 et Alzamora *et al.*, 2004), plus elles ont besoins davantage de protéines (bactéries) et de matières carbonées (levures et moisissures) pour leur croissance.

La disponibilité de l'eau a un effet sur la capacité des microorganismes à se multiplier et plus l'eau est disponible en grande quantité, plus il sera facile de coloniser un aliment. La quantité de lipides contenue dans la farine de tranches de patate douce blanchies (farine conservée de TPDB) et dans la farine de tranches de patate douce blanchie conservée sous forme de chips (farine de TPDB conservée) diminue pendant la conservation. Cette diminution s'explique par les réaction d'oxydoréduction et de peroxydation que subissent les lipides lors de la conservation (Labuza *et al.*, 1972).

## **V. CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES**

L'objectif principal de cette étude était de caractériser la patate douce à chair orange fraîche et sa farine après séchage et après 3 mois de conservation. Dans un premier temps, nous avons caractérisé la patate douce à chair orange par la détermination de sa composition chimique et sa charge microbienne à l'état frais. Les résultats ont montré que 100 g de matière sèche de la PDCO contenait  $3,45 \pm 0,01$  g de protéines,  $1,48 \pm 0,01$  g de lipides,  $87,22 \pm 0,25$  g de glucides,  $3,61 \pm 0,06$  g de cendres,  $4,20 \pm 0,162$  g d'eau,  $28,03 \pm 0,15$  mg de  $\beta$ -carotène,  $78,14 \pm 2,26$  mg de calcium et  $2,44 \pm 0,05$  mg de fer. Quant à la charge microbienne, on n'a retrouvé aucun germe ni de Coliformes totaux, ni Staphylococcus aureus, ni de levures et moisissures.

L'étude a ensuite consisté à déterminer si le blanchiment aurait un impact sur la charge microbienne et sur les propriétés physicochimiques et fonctionnelles de la farine après séchage. Les résultats des analyses ont montré que même s'il y a eu des pertes pour certains macronutriments et micronutriments, la farine de PDCO était toujours riche en éléments nutritifs. Ainsi nous avons trouvé que 100 g de farine de TPDB contenait  $2,43 \pm 0,01$  g de protéines (pertes de 30%),  $1,17 \pm 0,02$  g de lipides (pertes de 21%),  $86,29 \pm 0,08$  g de glucides (pertes de 1,1%),  $3,34 \pm 0,04$  g de cendres (pertes de 9%),  $7,01 \pm 0,01$  g d'eau,  $13,96 \pm 0,14$  mg de  $\beta$ -carotène (pertes de 51%),  $78,4 \pm 0,6$  mg de calcium et de  $2,44 \pm 0,05$  mg de fer et 100 g de farine de TPD contenait  $2,91 \pm 0,05$  g de protéines (pertes de 14%),  $0,90 \pm 0,04$  g de lipides (pertes de 40%),  $84,80 \pm 0,07$  g de glucides (pertes de 2,8%),  $3,29 \pm 0,18$  g de cendres (pertes de 8%),  $7,80 \pm 0,14$  g d'eau,  $10,62 \pm 0,09$  mg de  $\beta$ -carotène (pertes de 62%),  $78,44 \pm 2,26$  mg de calcium et  $2,47 \pm 0,05$  mg de fer.

Nous avons constaté que le prétraitement au blanchiment a influencé la composition chimique et la charge microbienne de la farine. Les teneurs en glucides, en lipides et  $\beta$ -carotène sont légèrement plus élevées dans l'échantillon ayant subi le blanchiment par rapport à l'échantillon qui n'a pas été prétraité. Le blanchiment permet d'inactiver certaines enzymes (protéines) responsables de la dégradation des aliments. Il en ressort que la farine de PDCO peut être une très bonne source d'énergie au même titre que les autres types de patate douce, de vitamine A, de calcium, de fer surtout pour les enfants et les femmes enceintes et allaitantes. Etant donné que les apports journaliers recommandés en vitamine A pour les enfants, les femmes enceintes et allaitantes correspondent à 7 mg, la farine de tranche de patate douce blanchie fournirait 13,96 mg de  $\beta$ -carotène contre  $10,62 \pm 0,09$  mg de  $\beta$ -carotène de la farine de tranche de patate douce non blanchie des quantités bien au-delà de ce qui est recommandé.

Dans un troisième temps, notre étude a consisté à déterminer si la conservation et le mode de conservation auraient un impact sur la charge microbienne et sur les propriétés physicochimiques et fonctionnelles de la farine de PDCO. Les résultats d'analyse ont montré que la farine de TPDB conservée sous forme de chips contenait  $2,30 \pm 0,01$  g de protéines (pertes de 5,4%),  $0,83 \pm 0,01$  g de lipides (pertes de 7,8%),  $83,56 \pm 0,28 \pm 0,08$  g de glucides (pertes de 3,8%),  $3,43 \pm 0,07$  g de cendres,  $9,85 \pm 0,09$  g d'eau (augmentation de 29%),  $7,64 \pm 0,04$  mg de

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*

$\beta$ -carotène (pertes de 45%),  $78,14 \pm 2,26$  mg de calcium et  $2,43 \pm 0,04$  mg de fer et 100 g de farine conservée de TPD contenait  $1,95 \pm 0,01$  g de protéines (pertes de 10%),  $0,83 \pm 0,01$  g de lipides (pertes de 7,8%),  $82,02 \pm 0,07$  g de glucides (pertes de 5%),  $3,31 \pm 0,005$  g de cendres,  $11,85 \pm 0,01$  g d'eau (augmentation de 41%),  $6,91 \pm 0,04$  mg de  $\beta$ -carotène (pertes de 50%),  $78,47 \pm 0,69$  mg de calcium et  $2,43 \pm 0,06$  mg de fer.

Quant à l'analyse microbiologique, nous avons trouvé les résultats suivants: la farine de TPDB conservée sous forme de chips durant 3 mois contenait des coliformes totaux  $<15$  UFC/g, 7100 UFC/g de levures et moisissures, 12000 UFC/g de la Contamination microbienne ou flore totale et la Farine de TPDB conservée sous forme de chips durant 3 mois contenait des coliformes totaux  $<10$  UFC/g, 6100 UFC/g de levures et moisissures, 9600 UFC/g de la Contamination microbienne ou flore totale. Aucun germe de *Staphylococcus aureus* n'a été retrouvé dans tous les échantillons analysés.

Ces résultats d'analyse montrent qu'avec le séchage et la conservation, il y a altération de la qualité de la PDCO (propriétés physicochimiques et développement des microorganismes). Cette altération est plus importante dans la farine conservée de tranche de patate douce par rapport à la farine de tranche non blanchie au cours du séchage et dans la farine conservée de tranche de patate douce par comparaison à la farine de tranche de patate douce conservée sous forme de chips après 3 mois de conservation.

Néanmoins, toutes ces farines restent une très bonne source d'énergie au même titre que les autres types de patate douce, de vitamine A, de calcium, de fer surtout pour les enfants et les femmes enceintes et allaitantes, étant donné les multiples applications de la farine de PDCO (bouillie, pain, biscuit, cake, beignet, etc.). A titre d'exemple, 100 g de farine de tranche de patate douce conservée durant 3 mois sous forme de chips fournirait 7,64 mg de  $\beta$ -carotène tandis que 100g de farine de tranche de patate douce conservée durant 3 mois fournirait 6,91 mg de  $\beta$ -carotène alors que les apports journaliers recommandés pour le  $\beta$ -carotène pour les enfants, les femmes enceintes et allaitantes correspondent à 7mg. Il faut également noter que la qualité de la farine conservée de tranche de patate douce et celle de la farine de tranche de patate douce conservée sous forme de chips restent acceptables selon la norme burundaise sur les limites microbiologiques de la farine de haute qualité.

Dans le but d'une meilleure valorisation, il serait intéressant que d'autres chercheurs puissent étudier:

- Le degré d'acceptation de la patate douce à chair orange par la population burundaise;
- Comment incorporer les farines de patate douce à chair orange dans les produits de boulangerie au Burundi pour réduire les carences en Vitamine A;
- L'évolution des propriétés physicochimiques de la farine de PDCO en utilisant des techniques modernes de transformation, de conservation et d'emballage.

## **VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- Abozue, A. C. N. (2022). Isolement et caractérisation phénotypique des microorganismes totaux de l'eau et du sol du site d'orpaillage de Kokumbo (Centre de la Côte d'Ivoire). Université Jean Lorougnon Guede, mémoire de master, 64p.
- Adam L K. (2005). La production biologique de la patate douce: cultures horticoles, Jed NCAT, 19 p.
- Adamou, M., Maiga, F., Maguiraga, K. R., Sanogo, A., Coulibaly, M., Traore, A., & Kone, A. Z. (2021). Contrôle de la qualité microbiologique des boissons de fabrication artisanale dans la commune v du district de Bamako. *Revue Malienne de Science et de Technologie*, 02(25), 4–10.
- Agbéwonu Kosi DAVO (2002): Impact du dégermage et de la mouture à sec du maïs sur la qualité de la farine et sur son aptitude à la conservation; comparaison avec le lifin, Université d'Abomey-calavi.
- AGVSAN (2023). Etat de la sécurité alimentaire au Burundi Analyse Globale de la Vulnérabilité, de la Sécurité Alimentaire et de la Nutrition au Burundi. Rapport Final, MEAGRIE, INSB et PAM.
- Ahmed, M., Akter, M.S., Lee, J.C. & Eun, J.B. (2010). Encapsulation by spray drying of bioactive components, physicochemical and morphological properties from purple sweet potato. *LWT - Food Science and Technology*, (43), 1307-1312.
- Akkouche, T., & Chikhaoui, K. (2018). Caractérisation d'une variété de melon (*Cucumis melo-L*) et essais de préparation des boissons nectars à base de deux fruits (Melon et mandarine ). Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Mémoire de master, 129p.
- Alam MK. (2021): A comprehensive review of sweet potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam): Revisiting the associated health benefits. *Trends Food Sci Technol*, 115, 512-529. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.07.001
- Albitar Nsren (2010). Etude comparative des procédés de séchage couplés à la texturation par détente instantanée contrôlée DIC, en termes de cinétique et de qualité nutritionnelle. Applications à la valorisation des déchets agro-industriels. Thèse de l'Université de la rochelle 191p.
- Alzamora S. M, Guerrero S. N., Nieto A. B., Vidales S. L. (2004). Technologies combinées de conservation des fruits et des légumes. Manuel de formation, FAO. Rome, Italie.
- Amagloh FC, Yada B, Tumuhimbise GA, Amagloh FK, Kaaya AN. (2021). The Potential of Sweet potato as a Functional Food in Sub-Saharan Africa and Its Implications for Health: A Review. *Molecules*, 26, 2971. DOI: 10.3390/molecules26102971.
- Antonio, G.C., Takeiti, C.Y., Augustus de Oliveira, R. & Park K.J. (2011). Sweet Potato: production, morphological and physicochemical characteristics, and technological

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*

- Aurélié Bechoff (2010): Investigating carotenoid loss after drying and storage of orange-fleshed sweet potato, a thesis submitted in partial fulfillment of the requirements of the University of Greenwich for the Degree of Doctor of Philosophy 272 P
- Baldet, P., & Colas F. (2012). Utiliser la mesure de l'activité de l'eau pour mieux conserver les semences forestières: une coopération fructueuse entre Irstea et la Direction de la Recherche Forestière au Québec. Sciences Eaux & Territoires - Cahier spécial.
- Banque Mondiale (2020). The Economic Impact of Malnutrition in Africa. World Bank Publications.
- Bell, A., Mück, O., & Schuler, B (2000). Les plantes à racines et tubercules en Afrique: Une contribution au développement des technologies de récolte et d'après-récolte. Les richesses du sol. Deutsche Stiftung für internationale Entwicklung (DSE), Feldafing, Germany.
- Benterki, A., & Balah, N. (2020). Analyses physico-chimiques et microbiologiques de jus vendu en gobelets. Université Mohamed Khider de Biskra, Mémoire da master, 80P.
- Bit (1980). Conservation des légumes à petites échelles. Série Technologie. Dossier N° 13, 1ère édition, Lavoisier. Paris 420 p.
- Bolland, J. L., Gee, G. (1946). Kinetic studies in the chemistry of rubber and related material. II. The kinetics of oxidation of unconjugated olefins. Transactions of the Faraday
- Borba, A.M., Sarmiento, S.B.S., Leonel, M., (2005). Effect of extrusion parameters on sweet potato extrudates. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 25(4), 835- 843.
- Boukhalfa, A. (2020). Qualité physico-chimique et microbiologique d'une boisson traditionnelle « TAKERWAIT ». Université Kasdi Merbah Ouargla, Mémoire de master, 93p.
- Bouwkamp, J.C., (1985). Sweet Potato Products: A natural resource for the tropics (Part II), Library of Congress Cataloging, Florida, 137-259. DOI: 10.1039/TF9464200236.
- Bureau de Coordination Technique du TAAT (2000). Catalogue de la Boite à Outils des Technologies sur la Patate Douce; série de rapport technique 005, Technologies pour la Transformation de l'Agriculture en Afrique, Bureau de Coordination Technique, Cotonou, Benin. 36 pp
- Cavalcante Alves, J.M. (1996). L'embryogenèse somatique chez la patate douce (*ipomoea batatas* (L.) convolvulacées) : Induction et maintien des structures embryogènes, caractérisation de protéines associées. Thèse présentée pour obtenir le grade de docteur essciences de l'université Paris XI Orsay. 183p.
- CCRP (1994–2014). From breeding to nutrition: Orange-fleshed sweet potatoes in farming and food systems of Uganda, Kenya, and Burkina Faso: A case study of projects commissioned by the Mcknight foundation's

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*

- Centre d'échange TAAT (2020). Patate douce à chair orange: catalogue de boîtes à outils technologiques. Série de rapports techniques du Clearinghouse 005, Technologies pour la transformation agricole en Afrique, Bureau du Clearinghouse, Cotonou, Bénin. 21 p.
- Cereda, M.P., Franco, C.M.L, Daiuto, E.R, Demiate, J.M., Carvalho, L.J.C.B., Leonel, M., Vilpoux, D.F, Sarmiento, S.B.S., (2001). Propriedades gerais do amido, Fundação Cargill, Campinas, 221 pp.
- Chancelle Betty Ndangwi (2015). Production et caractérisation de farine de patate douce (*Ipomoea batatas*. Lam): optimisation de la technologie de panification. Médecine humaine et pathologie. Université de Lorraine.
- Cheftel, J.C., & Cheftel, H. (1984). Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Volume 2. Technique et document Lavoisier.
- Christelle K. R. (2006). Oxygène, stress oxydant et suppléments antioxydantes ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires. Nutrition clinique et métabolisme, 20, 165–177.
- CIP (2006). International Potato Center (CIP) Report. McKnight Foundation CCRP East African Regional Sweet Potato Project Annual Report (April 2005–March 2006). International Potato Center, Nairobi, Kenya.
- Davies KJ (2000). Oxidative stress, antioxidant defenses, and damage removal, repair, and replacement systems. IUBMB Life., 50:279–89.
- Dean RT, Fu S, Stocker, R, Davies MJ (1997). Biochemistry and pathology of radical-mediated protein oxidation. Biochem J; 324(Pt 1):1–18.
- Dermesonlouoglou, E.K., Pourgouri, S. & Taoukis, P.S. (2008). Kinetic study of the effect of the osmotic dehydration pre-treatment to the shelf life of frozen cucumber. Innovative Food Science and Emerging Technologies (9) 542-549.
- Dr Cheroual E. A. (2020). Les altérations alimentaires. Cours d'Hydro-Bromatologie 5ème année en Pharmacie AA 2019-2020, Département de pharmacie Sétif, Laboratoire d'Hydrologie-Bromatologie.
- Dr. Rezak Hadda Yasmine (2022). Les altérations alimentaires; Cours Hydro-Bromatologie 5eme Année Pharmacie 2022-2023
- Endrias, D., Negussie, R., & Gulelat, D. (2016). Comparison of three sweet potato (*Ipomoea Batatas* (L.) Lam) varieties on nutritional and anti-nutritional factors. Global Journal of Science Frontier Research: D Agriculture and Veterinary, 16(4), 1–11 <https://doi.org/10.1016/j.trstmh.2006.05.010>
- FAO (2018). Rapport mondial trimestriel de Septembre: Perspectives de récolte et situation alimentaire. Rome - Italie FAO. P 44.
- FAO (2018). The Role of Biofortification in the Fight Against Malnutrition. Food and

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*

Agriculture Organization.

FAO/ILSI (1997). Preventing micronutrient malnutrition: A guide to food-based approaches. Food and Agriculture Organization of the United Nations/International Life Sciences Institute, Washington, DC.

FAOSTAT (2016). Food and agriculture databases: Crop statistics. 2016. Accessible sur: <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC>.

Gebremedhin, B., Hoekstra, D., Belay, B. and Mekasha, Y., Tegegne, A. (2013). Smallholder dairy production and marketing systems in Ethiopia: IPMS experiences and opportunities for market-oriented development. IPMS Working Paper 31. Nairobi, Kenya: ILRI.

Gurkin, U. (1988). The Effect of storage conditions on selected quality attributes of Sweet potato flour. Thesis of the University of Tennessee, Knoxville.

Hagenimana, V., Low, J. (2000). Potential of orange-fleshed sweet potatoes for raising vitamin A intake in Africa. Food and Nutrition Bulletin 21, 414–418.

Harmon (1964). Action of Lipases of *Staphylococcus aureus* on MilkFat1 D.V. Vadehra and L. G. Department of Food Science, Michigan State University, East Lansing, Michigan Received for publication 3 December

Hayma J. (2004). Le stockage des produits agricoles tropicaux, Agrodok 31 Fondation Agromisa, Wageningen, 200, the Netherland ISBN: 90-77073-69-8.

Hossain MB (2019). Study on the Physicochemical Composition and Antioxidant Properties of Selected Colored Sweet Potato Variety (*Ipomoea batatas* L) in Bangladesh. J Exp Food Chem 5: 138.

Huamán, Z., Aguilar, C. & Ortiz, R., (1999). Selecting a Peruvian sweet potato core collection on the basis of morphological, eco-geographical, and disease and pest reaction data. Theoretical and Applied Genetics, 98, 840-845

ISABU (2018). Bulletin trimestriel de la recherche agronomique au Burundi n°21 Octobre-décembre 2018.

J. Potus et P. suchet (1987). Les problèmes de microbiologie en Meunerie. Industries des Céréales.

Jahiruddin M. (2020). Biofortification des cultures vivrières: une nouvelle stratégie pour réduire la malnutrition en micronutriments.

Jahiruddin M. (2020). Biofortification des cultures vivrières: une nouvelle stratégie pour réduire la malnutrition en micronutriments. Agriculture fondamentale et appliquée 5(2): 133146: 10.5455/faa.96078)

Jan W. Low (2018): J'aime la PDCO à la première bouchée, naturellement riche en Vitamine A, 4ème édition,

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*

- Jangchud, K., Phimolsiripol, Y. & Haruthaithanasan, V. (2003). Physicochemical properties of Sweet potato flour and starch as affected by blanching and processing. *Starch-Stärke*, (6) 258-264.
- Jean-Christophe AUGUSTIN (2005): Modélisation de la croissance microbienne et gestion de la sécurité sanitaire des aliments, Travaux de recherche de Mémoire, Université Paris XII Val de Marne, 25p.
- Journal International de Biochimie et des Sciences Chimiques (2013). Qualité nutritionnelle, microbiologique et organoleptique de farines composées à base de maïs (*Zea mays*) et de safou (*Dacryodes edulis*) produites en Côte d'Ivoire.
- Kaanane A. & Labuza T.P. (1988). The Maillard reaction in food: The Maillard reaction in aging, diabetes and nutrition: proceedings of a NIH Conference on the Maillard reaction in Aging, Diabetes, and Nutrition, held in Bethesda, Maryland, September 22-23, New York, 301-327.
- Kapseu C (1993). Improvement of new sources of vegetable oil in Cameroon, Final technical report of ATLAS/AAI project, Dairy Science Department, OARDC/OSU, Wooster, Ohio, USA, 60.
- Keding GB, Schneider K, Jordan I (2013). Production and processing of foods as core aspects of nutrition sensitive agriculture and sustainable diets. *Food Sec*;1-22.
- Kirati, N. el houda. (2019). Influence des conditions de stockage sur la qualité physicochimique et microbiologique des jus de fruits frais non pasteurisés. Université 8 mai 1945 Guelma, Mémoire de master, 62p.
- Koala M. (2015). Etude des antioxydants d'*Ipomoea batatas* (patate douce à chair orange): Structures et propriétés biologiques. Université d'Ouagadougou, thèse de doctorat, 168p.
- Kokou E. Adabe, Abdou Maïga et Jeoffray Diendere (2021). Production et transformation de la patate douce Researchgate: <https://www.researchgate.net/publication/354447146>
- Kurilich, A. C. and Juvik, J. A. (1999). Simultaneous quantification of carotenoids and tocopherols in corn kernel extracts by HPLC. *Journal of Liquid Chromatography and Related Page 78 Technologies*, 22(19), pp. 2925–2934. doi: 10.1081/JLC-100102068.
- Labuza T. P., McNally, L., Gallagher, D., Hawkes, J., and Hurtado, F. (1972). Stability of intermediate moisture foods. Lipid oxidation, *Journal of Food Science*, (37), 154 -159 p.
- Leistner, L., Rödel, W. (1976). The stability of intermediate moisture foods with respect to microorganisms. In *Intermediate Moisture Foods*. Eds. Davies, R., Birch, G.G., Parker, J.K. Applied Science Publishers Ltd., London.
- Lewicki, P. (1998). Effect of pre-drying treatment, drying and rehydration on plant tissue properties: a review. *International Journal of Food Properties*, (1), 1-22.
- Low, J., Lynam, J., Lemaga, B., Crissman, C., Barker, I., Thiele, G., Namanda, S., Wheatley,

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*

- C., Andrade, M., (2009). Chapter 16 Sweetpotato in sub-Saharan Africa. In: The Sweetpotato. Loebenstein, G., Thottappilly, G., (Eds.). Springer. pp359-390.
- Low, J., Stathers, T., Benjamin, M., Katcher, H., Blakenship, J. (2013). Tout ce que vous avez toujours voulu savoir à propos de la patate douce: Atteindre les agents du changement, manuel de formation des formateurs (FdF). Centre International de la Pomme de Terre, Nairobi, Kenya. 7 vols. xviii, 454 p.
- Lyimo, M., Gimbi, D., & Kihinga, T. (2010). Effect of processing methods on nutrient contents of six sweet potato varieties grown in lake zone of Tanzania. Tanzania Journal of Agricultural Sciences, 10(1), 55–61. Mares-Perlman, J. A., Millen, A. E., Ficek, T. L., & Hankinson, S. E. (2002).
- Machiels, D. & Istasse, L. (2002). La réaction de Maillard: importance et applications en chimie des aliments. Ann. Méd. Vét., 146, 347-352.
- Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M. and Lerici, C. (2011). Review non enzymatic browning and antioxidant capacity in processed food. Trends in Food Science and Technology 11: 340-346. Martin, F.W. (1984).
- Mordi, R.C, Walton, J.C., Burton, G.W., Ingold, K.U., Lindsay, D.A., Moffatt, D.J. (1993) Oxidative degradation of  $\beta$ -carotène and  $\beta$ -apo-8'-carotenal. Tetrahedron 49, 911-928.
- Moretti CL, Araújo AL, Marouelli WA, Silva WLC. (2002). Respiratory activity and browning of minimally processed sweet potatoes. Horticultura Brasileira 20 (3) 497-500. Nagao.M., Takahashi Y., Yamanaka H., Sugimura.T. (1979). Mutagens in coffee and tea. Mutat. Res. 68 (101-106).
- Mossel, D.A.A. (1983): Essentials and perspectives of the microbial ecology of foods. In Food Microbiology: Advances and Prospects. Eds. Roberts, T.A., Skinner, F.A. Society for Applied Microbiology Symposium Series No. 11. Academic Press, London. p. 1-45.
- Mossel, D.A.A., Ingram, M. (1955). The physiology of the microbial spoilage of foods. J. Appl. Bacteriol. 18, 232-268.
- Moumouni KOALA (2015). Etude des antioxydants d'Ipomoea batatas (patate douce à chair orange): structures et propriétés biologiques, Thèse de doctorat, Université d'Ouagadougou.
- Mugisha, E. (2022). Contribution à l'amélioration de la transformation du vin d'ananas « inturire » du projet exemplaire d'agriculture, du commerce et de l'élevage en commune MABANDA de la province MAKAMBA. Université du Burundi, Mémoire de Master, 78 P.
- Nagao.M., Takahashi Y., Yamanaka H., Sugimura.T. (1979). Mutagens in coffee and tea. Mutat. Res. 68 (101-106).
- Nijimbere, E. (2024). Etude de quelques paramètres de qualité des boissons à base de

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*

- gingembre vendues en Mairie de Bujumbura: Cas de Raha, Akanovera et Akayabagu Tangawizi (Issue 02). Université du Burundi, Mémoire de master, 65 P.
- Nkurunziza, E. (2022). Détermination de la qualité microbiologique et physicochimique des jus de fruits vendus dans la ville de Bujumbura. université du Burundi, Mémoire de Master, 54 P.
- Ogunka et coll. (2021). Physicochemical and microbial properties of orange-fleshed sweet potato flour produced with sun-drying and sulphation of iting agent: Food Research 5 (3) (2021) 315-320).
- Olaoye A. & Ade-Omowaye BIO. (2011). Composite flours and breads: potential of local crops in developing countries. In Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention, Academic Press, Elsevier, London, San Diego 2011; 183-192; 9780123808868.
- Olaoye A. & Onilude A. (2008). Microbiological, proximate analysis and sensory evaluation of baked products from blends of Wheat-breadfruit flours. Afr J Food Agric Nutr Dev; 8:192-208.
- ONU (2024). World Population Prospects. The 2024 Revision
- Razafindrazaka RVL (2006). Elaboration et évaluation d'une stratégie d'amélioration de l'alimentation de complément des jeunes enfants à Brickaville (Côte Est de Madagascar) PhD. Antananarivo, Madagascar: Université d'Antananarivo. 215 p.
- Rodrigues, N. R., Barbosa, J. L., & Barbosa, M. I. M. J. (2016). Determination of physico-chemical composition, nutritional facts and technological quality of organic orange and purple-fleshed sweet potatoes and its flours. International Food Research Journal, 23(5), 1-11.
- Rodriguez Amaya D.B. and Kimura M. (2004). HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis. Copyright HarvestPlus, Washington DC. 63pp.
- Rodriguez, E.B. and Rodriguez-Amaya, D.B (2007). Formation of apocarotenals and epoxy-carotenoids from beta-carotene by chemical reactions and by autoxidation in model systems and processed foods. Food Chemistry 101, 563-572.
- Rouina, S., & Salhi, D. F. Z. (2023). Contrôle de la qualité d'une denrée alimentaire: cas d'une boisson gazeuse « Schweppes ». Université Ziane Achour-Djelfa, Mémoire de master, 67p.
- Ruiz FS. (1984). Estudo das variáveis envolvidas no processo d'obtenção de farinhas pré-gelatinizadas de batata doce, por desidratação com rolos aquecidos (Doubledrumdryer). MSc thesis, Campinas State University, 106 pp.
- Sanogo Bougma et al. (2022). Evaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de quelques farines infantiles locales vendues à Ouagadougou, Burkina Faso. PAMJ - One Health. 10.11604/pamj-oh.2022.9.25.37566
- Sanou A, Tapsoba F, Zongo C, Savadogo A, and Traoré Y (2017). Etude de la qualité

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*

- nutritionnelle et microbiologique des farines infantiles de quatre unités de production: CMA Saint Camille de Nanoro, CSPS Saint Louis de Temnaoré, CM Saint Camille d'Ouagadougou et CHR de Koudougou. *Nature & Technology Journal B* (17): 25-39. PubMed Google Scholar
- Satheesh and Workneh (2019). Food sciences and nutrition, Review on nutritional composition of orange-fleshed sweet potato and its role in management of vitamin A deficiency, Faculty of Chemical and Food Engineering, Bahir Dar Institute of Technology, Bahir Dar University.
- Scott, W.J., (1953). Water relations of *Staphylococcus aureus* at 30 °C. *Australian Journal Biology Science*, n° 6, 549 - 56 p.
- Siems W., Wiswedel, I., Salerno, C., Crifo, C., Augustin, W., Schild, L., Langhans, C.D. and Sommerburg, O. (2005) Carotene breakdown products may impair mitochondrial functions\_potential side effects of high-dose  $\beta$ -carotène supplementation. *Journal of Nutritional Biochemistry* 16, 385–397.
- Stathers, T., Benjamin, M., Katcher, H., Blakenship, J., Low, J. (2013). Tout ce que vous avez toujours voulu savoir à propos de la patate douce: Atteindre les agents du changement, manuel de formation des formateur (FdF) 2: La patate douce à chair orange et la nutrition. Centre International de la Pomme de Terre, Nairobi, Kenya. vol. 2
- Thebud R. & Santarius K.A. (1982). Effects of high-temperature stress on various bio-membranes of leaf cells in situ and in vitro. *Plant Physiology*, (70) 200 - 205.
- UNICEF (2022). Nutritional Status of Children Worldwide. United Nations Children's Fund.
- Van Hal, M.V. (2000). Quality of sweet potato flour during processing and storage. *Journal of Food Reviews International*, (16) 1 - 37.
- Waché, Y., Bosser-Deratuld, A., Lhuguenot, J.C. and Belin, J.M. (2003). Effect of cis/trans isomerism of  $\beta$ -carotène on the ratios of volatile compounds produced during oxidative degradation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51, 1984-1987.
- Waré LY (2018): Evaluation de la qualité sanitaire des farines infantiles produites au Burkina Faso (PhD). Burkina Faso: Université Joseph Ki-Zerbo. 148 p.
- Whitaker J., Lee C. Y. (1995). Recent advances in chemistry of enzymatic browning. In enzymatic browning and its prevention. J. Whitaker, C. Y. Lee (Eds). Washington, American Chemical Society: 2-7.
- WHO (2021). Global Nutrition Report: The State of Global Nutrition. World Health Organization.
- Zhu, Y.I., Pan, Z. & Mchugh, T.H. (2007). Effect of dipping treatments on color stabilization and texture of apple cubes for infrared dry-blanching process. *Journal of Food Processing and Preservation* (31) 632 - 648.

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*

**VII. ANNEXES**

**Tableau 10: Composition en caroténoïdes et en vitamines de la PDCO par différents auteurs**

Reference	$\alpha$ -Carotene	$\beta$ -Carotene	Total carotene	Anthocyanin (mg/g fw)	Ascorbic acid	$\beta$ -Cryptoxanthin	$\alpha$ -Tocopherol	Lutein	Zeaxanthin
Stinco et al. (2014) <sup>a</sup>	13.11 ( $\mu\text{g/g db}$ )	48.66 ( $\mu\text{g/g db}$ )	61.77 ( $\mu\text{g/g db}$ )	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Teow et al. (2007) <sup>b</sup>	NR	44.9-226 ( $\mu\text{g/g fw}$ )	NR	17-36 ( $\mu\text{g/g fw}$ )	NR	NR	NR	NR	NR
Shih et al. (2009) <sup>c</sup>	NR	34.6-83.3 ( $\mu\text{g/g db}$ )	NR	4.0-8.5 ( $\mu\text{g/g db}$ )	NR	NR	NR	NR	NR
Tomlins et al. (2012) <sup>d</sup>	NR	20-364 ( $\mu\text{g/g db}$ )	41.7-251 ( $\mu\text{g/g db}$ )	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Grace et al. (2014) <sup>e</sup>	NR	NR	NR	ND	870 ( $\mu\text{g/g db}$ )	NR	NR	NR	NR
Islam et al. (2016) <sup>f</sup>	NR	NR	19.31-61.94 ( $\mu\text{g/g fw}$ )	NR	NR	NR	NR	NR	NR
van Jaarsveld et al. (2006) <sup>g</sup>	NR	122-194 ( $\mu\text{g/g fw}$ )	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Kim et al. (2015) <sup>h</sup>	NR	NR	570 ( $\mu\text{g/g db}$ )	NR	NR	21.2 ( $\mu\text{g/g db}$ )	NR	NR	NR
Lebot et al. (2016) <sup>i</sup>	NR	NR	NR	0-1558 (mean 243 [AU, area units])	NR	NR	NR	NR	NR
Wu et al. (2008) <sup>j</sup>	NR	6.2-231 ( $\mu\text{g/g fw}$ )	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Tang et al. (2015) <sup>k</sup>	NR	NR	NR	2.9 ( $\mu\text{g/g}$ )	NR	NR	NR	NR	NR
Brown et al. (1993) <sup>l</sup>	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	120-148 ( $\mu\text{g/g fw}$ )	242-2.055 ( $\mu\text{g/g fw}$ )
Donado-Pestana et al. (2012) <sup>m</sup>	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	1-4 ( $\mu\text{g/g db}$ )	1-2 ( $\mu\text{g/g db}$ )
(Mohammad et al. (2016) <sup>n</sup>	NR	NR	5.5-72.4 ( $\mu\text{g/g fw}$ )	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Huang et al. (1999) <sup>o</sup>	1-15 ( $\mu\text{g/g fw}$ )	67-131 ( $\mu\text{g/g fw}$ )	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Oki et al. (2006) <sup>p</sup>	NR	85.36-177.16 ( $\mu\text{g/g fw}$ )	NR	NR	NR	NR	2.61-6.48 ( $\mu\text{g/g fw}$ )	NR	NR
Tumuhimbise et al. (2009) <sup>q</sup>	NR	67.33-315.71 ( $\mu\text{g/g db}$ )	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR

Source: Satheesh N. et Solomon W. F. (2019)



**Figure 13: Patate douce à chair orange**



**Figure 14: Tranche de patate douce à chair orange**

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*

**BULLETINS DES RESULTATS D'ANALYSE DU LABORATOIRE**

Fax: +254 (0) 20 6009660  
E-Mail: info@kebs.org  
Website: www.kebs.org



**Kenya Bureau of Standards**  
Standards for Quality Life

KEBS Centre, Pogo Road  
P.O. Box 54974, 00200 Nairobi  
Tel: +254 (0) 20 6005490, 6005506

Page 1 of 1

---

**Laboratory Test Report**

PRIVATE SAMPLE

**REPORT UID:** 20240430164622-V1  
**KEBS Sample Ref. No:** BS202413324  
**Date:** 30 April, 2024

**1. Description of Sample:** SWEET POTATOE

**2. Sample Submitted by:** EAST AFRICAN NUTRITIONAL SCIENCE INSTITUTE      **6. Lab Ref:** KEBS/TES/MIC-NAR/M/24

**3. Customer Contact:** VITAL YAMURENYE      **7. Date of Receipt:** 17 April, 2024

**4. Customers Ref No:** KEBS/HQ/TES/PRIVATE      **8. Date Analysis Started:** 18 April, 2024

**5. Customer's Address:** BURUNDI, KENYA      **9. Sample Submission Form No:** 325198

**10. Additional information provided by the customer:**  
RAW

**11. Acceptance criteria-title and number of specification against which it is tested:**  
KS EAS 773: 2012 KENYA STANDARD Sweet Potatoe-Specification

**12. Parameters tested and Method(s) of test: as listed in the report below:**

LABORATORY TEST REPORT					
No.	Parameters	Units	Results	Requirements	Test Method No, LOD
1.	Coliforms	cfu/g	Not detected	Not specified	-
2.	Staphylococcus Aureus	cfu/g /g	Not detected	Not specified	-
3.	Yeasts & Mould	cfu/g	Not detected	10000Max	EAS 217-8
4.	TVC	CFU/g	<10		TES/MIC/TM/10

**COMMENTS/REMARKS:**  
The sample performed as shown

  
Bernard Kipkirui  
**FOR: MANAGING DIRECTOR**

30 April, 2024  
**Date of Issue**

The results contained herein apply only to the particular sample(s) tested whose sample submission form serial number is herein quoted, and to the specific tests carried out, as detailed in this Test Report. No extract, abridgement or abstraction from a Test Report may be published or used to advertise a product without the written consent of the Managing Director, KENYA BUREAU OF STANDARDS. If undelivered, please return to the address written above.

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*



**Kenya Bureau of Standards**  
Standards for Quality life

Fax: +254 (0) 20 6009660  
E-Mail: info@kebs.org  
Website: www.kebs.org

**Laboratory Test Report**

KEBS Centre, Pogo Road  
P.O. Box 54974, 00200 Nairobi  
Tel.: +254 (0) 20 6005490, 6005506

Page 1 of 1

**PRIVATE SAMPLE**

**REPORT UID:** 20240430164622-V1

**KEBS Sample Ref. No:** BS202413370

**Date :** 30 April, 2024

**1. Description of Sample:** TPO Flour

**2. Sample Submitted by:** EAST AFRICAN NUTRITIONAL SCIENCE INSTITUTE

**6. Lab Ref:** KEBS/YES/MIC-NAR/M/24

**3. Customer Contact:** VITAL YAMURENYE

**7. Date of Receipt:** 17 April, 2024

**4. Customers Ref No:** KEBS/HQ/YES/PRIVATE

**8. Date Analysis Started:** 18 April, 2024

**5. Customer's Address:** BURUNDI, KENYA

**9. Sample Submission Form No:** 325198

**10. Additional Information provided by the customer:**

**11. Acceptance criteria-title and number of specification against which it is tested:**  
KSEAS 773: 2012 KENYA STANDARD Sweet Potatoe Flour - Specification

**12. Parameters tested and Method(s) of test: as listed in the report below:**

LABORATORY TEST REPORT					
No.	Parameters	Results	Requirements	Test Method No.	LOD
1.	Coliforms	cfu/g Not detected	Not specified	-	
2.	Staphylococcus Aureus	cfu/g /g Not detected	Not specified	-	
3.	Yeasts & Mould	cfu/g 90	10000Max	EAS 217-8	
4.	TVC	cfu/g 680		YES/MIC/TM/10	

**COMMENTS/REMARKS:**

The sample performed as shown

Bernard Kipkirui  
**FOR: MANAGING DIRECTOR**

30 April, 2024  
**Date of Issue**

The results contained herein apply only to the particular sample(s) tested whose sample submission form serial number is herein quoted, and to the specific tests carried out, as detailed in this Test Report. No extract, abridgement or abstraction from a Test Report may be published or used to advertise a product without the written consent of the Managing Director, KENYA BUREAU OF STANDARDS. If undelivered, please return to the address written above.

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*



**Kenya Bureau of Standards**

Standards for Quality Life

KEBS Centre, Popo Road

P.O. Box 54874, 00200 Nairobi

Tel: +254 (0) 20 6005490, 6005506

Fax: +254 (0) 20 6009660

E-Mail: info@kebs.org

Website: www.kebs.org

**Laboratory Test Report**

Page 1 of 1

**PRIVATE SAMPLE**

**REPORT UID:** 20240430164622-V1

**KEBS Sample Ref. No:** BS202413372

**Date :** 30 April, 2024

**1. Description of Sample:** TPDB Flour

**2. Sample Submitted by:** EAST AFRICAN NUTRITIONAL SCIENCE INSTITUTE

**6. Lab Ref:** KEBS/YES/CHM-NAR/M/24

**3. Customer Contact:** VITAL YAMURENYE

**7. Date of Receipt:** 17 April, 2024

**4. Customers Ref No:** KEBS/HQ/YES/PRIVATE

**8. Date Analysis Started:** 18 April, 2024

**5. Customer's Address:** BURUNDI, KENYA

**9. Sample Submission Form No:** 325198

**10. Additional information provided by the customer:** RAW

**11. Acceptance criteria-title and number of specifications against which it is tested:**  
KSEAS 773: 2012 KENYA STANDARD Sweet Potato Flour- Specification

**12. Parameters tested and Method(s) of test: as listed in the report below:**

LABORATORY TEST REPORT						
No.	Parameters	Unit	Results anal1	Results anal2	Results anal3	Mean Method
1.	Proteins	g/100g	2,42	2,44	2,43	2,43 Kjeldhal
2.	Fat	g/100g	0,85	0,91	0,94	0,90 Soxhlet
3.	ash	g/100g	3,32	3,39	3,32	3,34 AOAC (1990)
4.	Moisture	g/100g	7,02	7,00	7,01	7,01
5.	Carbohydrates	g/100g	86,38	86,22	86,29	86,30
6.	β-carotene	mg/100g	14,12	13,91	13,85	13,96 HPLC
7.	Iron	mg/100g	2,47	2,48	2,46	2,47 AOAC 975.03, 21st edition, 2019
8.	Calcium	mg/100g	79,14	77,85	78,43	78,47 AOAC 975.03, 21st edition, 2019

**COMMENTS/REMARKS:**

The sample performed as shown

Bernard Kiplirui  
**FOR: MANAGING DIRECTOR**

30 April, 2024  
**Date of Issue**

The results contained herein apply only to the particular sample(s) tested whose sample submission form serial number is herein quoted, and to the specific tests carried out, as detailed in this Test Report. No extract, abridgement or abstraction from a Test Report may be published or used to advertise a product without the written consent of the Managing Director, KENYA BUREAU OF STANDARDS. If undelivered, please return to the address written above.

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*



Fax: +254 (0) 20 6009620  
 E-Mail: info@kebs.org  
 Website: www.kebs.org

**Laboratory Test Report**

KEBS Centre, P.O. Box 34374, 00100 Nairobi  
 Tel: +254 (0) 20 6005400; 6005586

Page 1 of 1

**REPORT UID:** 20240430164622-V1

**KEBS Sample Ref. No:** BS202413324

**Date :** 30 April, 2024

**1. Description of Sample:** SWEET POTATOE

**2. Sample Submitted by:** EAST AFRICAN NUTRITIONAL SCIENCE INSTITUTE

**6. Lab Ref:** KEBS/TES/MIC-NAR/M/24

**3. Customer Contact:** VITAL YAMURENYE

**7. Date of Receipt:** 17 April, 2024

**4. Customers Ref No:** KEBS/HQ/YES/PRIVATE

**8. Date Analysis Started:** 18 April, 2024

**5. Customer's Address:** BURUNDI, KENYA

**9. Sample Submission Form No:** 325198

**10. Additional information provided by the customer:**  
 RAW

**11. Acceptance criteria-title and number of specification against which it is tested:**  
 KS EAS 773: 2012 KENYA STANDARD Sweet Potatoe- Specification

**12. Parameters tested and Method(s) of test: as listed in the report below:**

LABORATORY TEST REPORT							
No.	Parameters	Unit	Results anal1	Results anal2	Results anal3	Mean	Method
1.	Proteins	g/100g	3,45	3,47	3,45	3,46	Kjeldhal
2.	Fat	g/100g	1,42	1,52	1,51	1,48	Soxhlet
3.	ash	g/100g	3,56	3,59	3,68	3,61	AOAC (1990)
4.	Moisture	g/100g	87,52	87,05	87,1	87,22	-
5.	Carbohydrates	g/100g	28	27,9	28,2	28,03	-
6.	β-carotene	mg/100g	80,66	76,26	77,5	78,14	HPLC
7.	Iron	mg/100g	2,46	2,38	2,49	2,44	AOAC 975.03, 21st edition, 2019
8.	Calcium	mg/100g	80,66	76,26	77,5	78,14	AOAC 975.03, 21st edition, 2019

**COMMENTS/REMARKS:**

The sample performed as shown

Bernard Kipkirui  
**FOR: MANAGING DIRECTOR**

30 April, 2024  
**Date of Issue**

The results contained herein apply only to the particular sample(s) tested whose sample submission form serial number is herein quoted, and to the specific tests carried out, as detailed in this Test Report. No extract, abridgement or abstraction from a Test Report may be published or used to advertise a product without the written consent of the Managing Director, KENYA BUREAU OF STANDARDS. If undelivered, please return to the address written above.

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*



**Kenya Bureau of Standards**  
Standards for Quality Life

Tel: +254 (0) 20 6009660  
E-Mail: info@kebs.org  
Website: www.kebs.org

**Laboratory Test Report**

KEBS Centre, Pope Road  
P.O. Box 54574, 00200 Nairobi  
Tel: +254 (0) 20 6005490, 6005506

Page 1 of 1

**PRIVATE SAMPLE**

**REPORT UID:** 20240430164622-V1

**KEBS Sample Ref. No:** BS202413372

**Date:** 30 April, 2024

**1. Description of Sample:** TPDB Flour

**2. Sample Submitted by:** EAST AFRICAN NUTRITIONAL SCIENCES INSTITUTE

**6. Lab Ref:** KEBS/TES/MIC-NAR/M/24

**3. Customer Contact:** VITAL YAMJIRENYE

**7. Date of Receipt:** 17 April, 2024

**4. Customer Ref No:** KEBS/HQ/TES/PRIVATE

**8. Date Analysis Started:** 18 April, 2024

**5. Customer's Address:** BURUNDI, KENYA

**9. Sample Submission Form No:** 325198

**10. Additional information provided by the customer:** RAW

**11. Acceptance criteria-title and number of specification against which it is tested:**  
KS EAS 773: 2012 KENYA STANDARD Sweet Potatoe Flour - Specification

**12. Parameters tested and Method(s) of test: as listed in the report below:**

LABORATORY TEST REPORT					
No.	Parameters	Results	Requirements	Test Method No.	LOD
1.	Coliforms	cfu/g	Not detected	Not specified	-
2.	Staphylococcus Aureus	cfu/g	Not detected	Not specified	-
		/g			
3.	Yeasts & Mould	cfu/g	90	10000Max	EAS 217-B
4.	TVC	cfu/g	600		TES/MIC/TM/10

**COMMENTS/REMARKS:**

The sample performed as shown

Bernard Kipkirui  
**FOR: MANAGING DIRECTOR**

30 April, 2024  
**Date of Issue**

The results contained herein apply only to the particular sample(s) tested whose sample submission form serial number is herein quoted, and to the specific tests carried out, as detailed in this Test Report. No extract, abridgement or abstraction from a Test Report may be published or used to advertise a product without the written consent of the Managing Director, KENYA BUREAU OF STANDARDS. If undelivered, please return to the address written above.

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*



**Kenya Bureau of Standards**  
Standards for Quality life

Fax: +254 (0) 20 6009560  
E-Mail: info@kebs.org  
Website: www.kebs.org

**Laboratory Test Report**

KEBS Centre, Pogo Road  
P.O. Box 54974, 00200 Nairobi  
Tel: +254 (0) 20 6005490, 6005506

Page 1 of 1

PRIVATE SAMPLE

**REPORT UID:** 20240430164622-V1

**KEBS Sample Ref. No:** BS202413370

**Date:** 30 April, 2024

**1. Description of Sample:** Flour of TPO

**2. Sample Submitted by:** EAST AFRICAN NUTRITIONAL SCIENCE INSTITUTE

**6. Lab Ref:** KEBS/TES/CHIM-NAR/M/24

**3. Customer Contact:** VTAL YAMURENJE

**7. Date of Receipt:** 17 April, 2024

**4. Customers Ref No:** KEBS/HQ/TES/PRIVATE

**8. Date Analysis Started:** 18 April, 2024

**5. Customer's Address:** BURUNDI, KENYA

**9. Sample Submission Form No:** 325198

**10. Additional information provided by the customer:**

**11. Acceptance criteria-title and number of specification against which it is tested:**  
KS EAS 773: 2012 KENYA STANDARD Sweet Potatoe Flour- Specification

**12. Parameters tested and Method(s) of test: as listed in the report below:**

LABORATORY TEST REPORT						
No.	Parameters	Unit	Results anal1	Results anal2	Results anal3	Mean Method
1.	Proteins	g/100g	2,91	2,92	2,91	2,91 Kjeldhal
2.	Fat	g/100g	1,19	1,17	1,15	1,17 Soxhlet
3.	ash	g/100g	3,50	3,16	3,21	3,29 OAC (1990)
4.	Moisture	g/100g	7,65	7,94	7,83	7,81
5.	Carbohydrates	g/100g	84,73	84,79	84,88	84,80
6.	β-carotene	mg/100g	10,64	10,52	10,71	10,62 HPLC
7.	Iron	mg/100g	2,39	2,45	2,49	2,44 AOAC 975.03, 21st edition, 2019
8.	Calcium	mg/100g	80,66	76,26	77,50	78,14 AOAC 975.03, 21st edition, 2019

**COMMENTS/REMARKS:**

The sample performed as shown

Bernard Kipkirui  
**FOR: MANAGING DIRECTOR**

30 April, 2024  
**Date of Issue**

The results contained herein apply only to the particular sample(s) tested whose sample submission form serial number is herein quoted, and to the specific tests carried out, as detailed in this Test Report. No extract, abridgement or abstraction from a Test Report may be published or used to advertise a product without the written consent of the Managing Director, KENYA BUREAU OF STANDARDS. If undelivered, please return to the address written above.

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*



**Kenya Bureau of Standards**  
Standards for Quality Life

KEBS Centre, Poyo Road  
P.O. Box 54974, 00200 Nairobi  
Tel: +254 (0) 20 6005490, 5005506

Fax: +254 (0) 20 6009660  
E-Mail: info@kebs.org  
Website: www.kebs.org

**Laboratory Test Report**

Page 1 of 1

**REPORT UID:** 20240725155321-V1  
**KEBS Sample Ref. No:** BS202423702  
**Date:** 25 July, 2024

**1. Description of Sample:** Flour of stored TPDB

**2. Sample Submitted by:** EAST AFRICAN NUTRITIONAL SCIENCE INSTITUTE

**6. Lab Ref:** KEBS/YES/MIC-NAR/M/24

**3. Customer Contact:** VITAL YAMURENYE

**7. Date of Receipt:** 17 July, 2024

**4. Customers Ref No:** KEBS/HQ/YES/PRIVATE

**8. Date Analysis Started:** 18 July, 2024

**5. Customer's Address:** BURUNDI, KENYA

**9. Sample Submission Form No:** 330332

**10. Additional information provided by the customer:**

**11. Acceptance criteria-title and number of specification against which it is tested:**  
KS EAS 773: 2012 KENYA STANDARD Sweet Potato Flour - Specification

**12. Parameters tested and Method(s) of test: as listed in the report below:**

LABORATORY TEST REPORT					
No.	Parameters	Results	Requirements	Test Method No.	LOD
1.	Coliforms	cfu/g <10	Not specified	-	
2.	Staphylococcus Aureus	cfu/g /g Not detected	Not specified	-	
3.	Yeasts & Mould	cfu/g 6100	10000Max	EAS 217-8	
4.	Total Viable Count	cfu/g 9600		YES/MIC/TM/10	

**COMMENTS/REMARKS:**

The sample performed as shown

Clarkson Agembo - Manager

**FOR: DIRECTOR, METROLOGY AND TESTING**

25 July, 2024

**Date of Issue**

The results contained herein apply only to the particular sample(s) tested whose sample submission form serial number is herein quoted, and to the specific tests carried out, as detailed in this Test Report. No extract, abridgement or abstraction from a Test Report may be published or used to advertise a product without the written consent of the Managing Director, KENYA BUREAU OF STANDARDS. If undelivered, please return to the address written above.

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*



**Kenya Bureau of Standards**

Standards for Quality Life

KEBS Centre, Popo Road  
P.O. Box 54974, 00200 Nairobi  
Tel.: +254 (0) 20 6005490, 6005506

Fax: +254 (0) 20 6009660  
E-Mail: info@kebs.org  
Website: www.kebs.org

**Laboratory Test Report**

Page 1 of 1

**REPORT UID:** 20240725155321-V1  
**KEBS Sample Ref. No:** BS202423703

**Date :** 25 July, 2024

**1. Description of Sample:** Stored flour

**2. Sample Submitted by:** EAST AFRICAN NUTRITIONAL SCIENCE INSTITUTE

**6. Lab Ref:** KEBS/YES/MC-NAR/M/24

**3. Customer Contact:** VITAL YAMURENYE

**7. Date of Receipt:** 17 July, 2024

**4. Customers Ref No:** KEBS/HQ/YES/PRIVATE

**8. Date Analysis Started:** 18 July, 2024

**5. Customer's Address:** BURUNDI, KENYA

**9. Sample Submission Form No:** 330333

**10. Additional Information provided by the customer:**

**11. Acceptance criteria-title and number of specification against which it is tested:**  
KS EAS 773: 2012 KENYA STANDARD Sweet Potato Flour - Specification

**12. Parameters tested and Method(s) of test: as listed in the report below:**

LABORATORY TEST REPORT					
No.	Parameters	Results	Requirements	Test Method No.	LOD
1.	Coliforms	cfu/g <15	Not specified	-	
2.	Staphylococcus Aureus	cfu/g /g Not detected	Not specified	-	
3.	Yeasts & Mould	cfu/g 7100	10000Max	EAS 217-8	
4.	Total Viable Count	cfu/g 12800		YES/MIC/TM/10	

**COMMENTS/REMARKS:**

The sample performed as shown

Clarkson Agembo - Manager  
**FOR: DIRECTOR, METROLOGY AND TESTING**

25 July, 2024  
**Date of Issue**

The results contained herein apply only to the particular sample(s) tested whose sample submission form serial number is herein quoted, and to the specific tests carried out, as detailed in this Test Report. No extract, abridgement or abstraction from a Test Report may be published or used to advertise a product without the written consent of the Managing Director, KENYA BUREAU OF STANDARDS. If undelivered, please return to the address written above.

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*



**Kenya Bureau of Standards**

Standards for Quality Life

KEBS Centre, Pope Road  
P.O. Box 54974, 00200 Nairobi  
Tel.: +254 (0) 20 6005490, 6005506

Fax: +254 (0) 20 6009660  
E-Mail: info@kebs.org  
Website: www.kebs.org

**Laboratory Test Report**

Page 1 of 1

**REPORT UID:** 20240725155321-V1

**KEBS Sample Ref. No:** BS202423702

**Date :** 25 July, 2024

**1. Description of Sample:** Flour of stored TPDB

**2. Sample Submitted by:** EAST AFRICAN NUTRITIONAL SCIENCE INSTITUTE

**6. Lab Ref:** KEBS/YES/CHIM-NAR/M/24

**3. Customer Contact:** VITAL YAMURENYE

**7. Date of Receipt:** 17 July, 2024

**4. Customers Ref No:** KEBS/HQ/YES/PRIVATE

**8. Date Analysis Started:** 18 July, 2024

**5. Customer's Address:** BURUNDI, KENYA

**9. Sample Submission Form No:** 330332

**10. Additional Information provided by the customer:**

**11. Acceptance criteria-title and number of specification against which it is tested:**

KS EAS 773: 2012 KENYA STANDARD Sweet Potato Flour - Specification

**12. Parameters tested and Method(s) of test: as listed in the report below:**

LABORATORY TEST REPORT							
No.	Parameters	Unit	Results anal1	Results anal2	Results anal3	Mean	Method
1.	Proteins	g/100g	2,29	2,32	2,29	2,30	Kjeldhal
2.	Fat	g/100g	0,83	0,82	0,84	0,83	Soxhlet
3.	ash	g/100g	3,49	3,34	3,46	3,43	OAC (1990)
4.	Moisture	g/100g	9,89	9,93	9,75	9,86	
5.	Carbohydrates	g/100g	83,47	83,56	83,66	83,56	
6.	$\beta$ -carotene	mg/100g	7,58	7,64	7,70	7,64	HPLC
7.	Iron	mg/100g	2,46	2,48	2,39	2,44	AOAC 975.03, 21st edition, 2019
8.	Calcium	mg/100g	80,66	76,26	77,50	78,14	AOAC 975.03, 21st edition, 2019

**COMMENTS/REMARKS:**

The sample performed as shown

Clarkson Agembo - Manager

25 July, 2024

**FOR: DIRECTOR, METROLOGY AND TESTING**

**Date of Issue**

The results contained herein apply only to the particular sample(s) tested whose sample submission form serial number is herein quoted, and to the specific tests carried out, as detailed in this Test Report. No extract, abridgement or abstraction from a Test Report may be published or used to advertise a product without the written consent of the Managing Director, KENYA BUREAU OF STANDARDS. If undelivered, please return to the address written above.

*Contribution à l'étude de l'évolution microbiologique et des propriétés physicochimiques de la farine de la patate douce à chair orange (PDCO)*



**Kenya Bureau of Standards**

Standards for Quality Life

KEBS Centre, Pope Road  
P.O. Box 54974, 00200 Nairobi  
Tel: +254 (0) 20 6005490, 6005506

Fax: +254 (0) 20 6009660  
E-Mail: info@kebs.org  
Website: www.kebs.org

**Laboratory Test Report**

Page 1 of 1

**REPORT UID:** 20240725155321-V1

**KEBS Sample Ref. No:** BS202423701

**Date :** 25 July, 2024

**1. Description of Sample:** Stored flour of TPDB

**2. Sample Submitted by:** EAST AFRICAN NUTRITIONAL SCIENCE INSTITUTE

**6. Lab Ref:** KEBS/YES/CHIM-NAR/M/24

**3. Customer Contact:** VITAL YAMURENYE

**7. Date of Receipt:** 17 July, 2024

**4. Customers Ref No:** KEBS/HQ/YES/PRIVATE

**8. Date Analysis Started:** 18 July, 2024

**5. Customer's Address:** BURUNDI, KENYA

**9. Sample Submission Form No:** 330331

**10. Additional Information provided by the customer:**

**11. Acceptance criteria-title and number of specification against which it is tested:**

KS EAS 773: 2012 KENYA STANDARD Sweet Potato Flour - Specification

**12. Parameters tested and Method(s) of test: as listed in the report below:**

**LABORATORY TEST REPORT**

No.	Parameters	Unit	Results anal1	Results anal2	Results anal3	Mean	Method
1.	Proteins	g/100g	1,96	1,97	1,94	1,96	Kjeldhal
2.	Fat	g/100g	0,83	0,82	0,84	0,83	Soxhlet
3.	ash	g/100g	3,32	3,31	3,31	3,31	OAC (1990)
4.	Moisture	g/100g	11,84	11,86	11,87	11,86	-
5.	Carbohydrates	g/100g	82,03	82,02	82,02	82,02	-
6.	β-carotene	mg/100g	6,87	6,95	6,91	6,91	HPLC
7.	Iron	mg/100g	2,50	2,43	2,38	2,44	AOAC 975.03, 21st edition, 2019
8.	Calcium	mg/100g	77,89	78,29	79,24	78,47	AOAC 975.03, 21st edition, 2019

**COMMENTS/REMARKS:**

The sample performed as shown

Clarkson Agembo - Manager

25 July, 2024

**FOR: DIRECTOR, METROLOGY AND TESTING**

**Date of Issue**

The results contained herein apply only to the particular sample(s) tested whose sample submission form serial number is herein quoted, and to the specific tests carried out, as detailed in this Test Report. No extract, abridgement or abstraction from a Test Report may be published or used to advertise a product without the written consent of the Managing Director, KENYA BUREAU OF STANDARDS. If undelivered, please return to the address written above.