

Évaluation de la qualité Nutritionnelle de la farine des tubercules de neuf variétés de patate douce (Ipomea batatas) au Niger

Kabirou MOUDI^{1*}, Haoua BORI², Halima OUMAROU DADIE¹, Iro DAN GUIMBO¹, Moussa BARAGE¹, Hamidou FALALOU³, Yacoubou BAKASSO¹, Lawali DAMBO¹, Mahaman Nazirou HAMIDOU¹

¹Université Abdou Moumouni (Niger)

²Institut National de Recherche Agronomique du Niger

³Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides

*Auteur correspondant : moudikabirou@gmail.com

La pomme de terre douce (Ipomea) batatas) est une plante vivace de la famille des convolvulacées aux qualités nutritionnelles importantes, cultivée en grande partie au Niger pour ses tubercules. La présente étude vise à définir des farines à partir des tubercules de neuf variétés de patate douce, la détermination des caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques, fonctionnelles et organoleptiques de ces farines. Pour se faire trois recettes ont été préparées à base de huit (9) types de variétés de patate douce afin d'apprécier ces caractéristiques. Il s'agit de tests de panification des pains (avec une formulation de 50% farine de patate douce + 50% farine de blé et 60% farine de patate douce + 40% farine de blé), de la préparation des pâtes (50% farine de patate douce + 50% farine des céréales) et de la bouillie enrichie (100% farine de patate douce). Les variétés concernées sont : Dan Maradi, Dan Tchad, Dan Izallah , Dan Cameroun, L1 dan cameroun , L2 dan Bénin, Fock et Jirani goboroua

Matériels et méthodes : La détermination de la composition physico-chimique de ces farines a été réalisée selon la méthode AOAC (1999). Le profil microbiologique a été évalué par les méthodes horizontales pour la détection des micro-organismes présents dans les farines. Ainsi, les procédés de transformation des différentes farines ont environ des rendements de farines compris entre 17,9 (pour la variété jan dankali) à 21,72% (pour la variété dan Maradi).

Résultats : L'analyse physico-chimique a révélé que les teneurs moyennes en eau, cendre, protéines, lipides, glucides, énergie et minéraux ont varié en fonction des différentes farines élaborées. Par ailleurs, le profil microbien a révélé la présence d'une microflore qui est en dessous de la norme et également l'absence d'Escherichia. Coli au niveau de tous les échantillons. Les résultats issus des différentes recettes réalisées montrent qu'une substitution de farine de blé qui dépasse la dose de 30% affecte la qualité organoleptique (couleur, odeur, goût et texture) du pain, diminue l'élasticité et de la levée des pâtes, du volume et de l'aération des pains qui varient d'une variété à une autre. De plus, la pâte préparée à base de variété de dan Izallah , Fock , dan Tchad et dan Cameroun mélangée avec la farine des céréales (mil, sorgho, maïs et riz) présente un goût sucré. Les variétés dan Izallah et Fock absorbant moins d'eau par rapport aux autres variétés.

Conclusion : Cette étude constitue une référence dans l'appréhension de la transformation et de la qualité nutritionnelle des tubercules de patate douce

Mots clé : Patate douce, tubercules, transformation, farine, propriétés physico-chimiques, microbiologiques, fonctionnelles et organoleptiques, Niger.

Date of Submission: 03-06-2025

Date of Acceptance: 13-06-2025

I. Introduction

Le corps humain pour son bon fonctionnement et sa croissance a besoin d'une alimentation riche, variée et équilibrée. Ainsi, parmi les cultures de l'Afrique subsaharienne, les racines et tubercules sont prédominantes. Ces dernières appartiennent à la catégorie des aliments qui fournissent de l'énergie sous forme de glucide dans l'alimentation humaine. Cette désignation s'applique à toutes les plantes dont les racines, le rhizome ou les tubercules souterrains contiennent de la matière comestible (FAO, 1991). Elles sont notamment le manioc (Manihot esculenta), la patate douce (Ipomea batatas), la pomme de terre (Solanum tuberosum), l'igname (Dioscorea sp.), et le taro (Colocasia esculenta) (Ndangui, 2015). En effet, la patate douce (Ipomea batatas) est une plante vivace de la famille des convolvulacées, cultivée en quantité abondante pour la haute valeur de ses

feuilles et tubercules (Adabe *et coll.*, 2018). Ses tubercules se diffèrent de forme, de couleur et de goût selon les types de variétés, et est doté d'une grande importance économique dans toutes les régions tropicales, subtropicales et tempérées douces (Younoussa, 2023). La patate douce représente la septième culture vivrière la plus importante dans le monde après le blé (*Triticum spp*), le riz (*Oryza sativa L.*), le maïs (*Zea mays L.*), la pomme de terre (*Solanum tuberosum L.*), l'orge (*Hordeum vulgare L.*) et le manioc (*Manihot esculentCrantz*) (Stathers *et al.*, 2023a). Elle fait partie des tubercules comestibles les plus importants en Afrique. Cette plante accepte des conditions météorologiques extrêmes, qu'elles soient à forte ou à faible hygrométrie. Cependant, des rendements raisonnables peuvent être obtenus même sur des sols pauvres où l'on ne peut plus produire d'autres cultures (Bi Voko *et al.*, 2013). Selon les travaux d' Owori *et coll.* (2017), les tubercules de patate douce constituent une excellente source de glucide (96%), sous forme de glucides simples et fibres diététiques, qui jouent un rôle capital dans les déficits énergétiques. En plus de ses glucides, la patate douce est une bonne source de vitamines (A, C, E et celles du groupe B) et de minéraux (Zinc, Sodium, Potassium et Calcium) indispensables au bon fonctionnement de l'organisme humain. En général, les tubercules de la patate douce s'altèrent facilement à température ambiante (entre 3 à 6 semaines selon la variété). C'est l'une des tubercules les plus consommées, mais peu transformées en Afrique, surtout au Niger (Ndangui , 2015). Selon le rapport de Sustlives Niger (2023), 75% des tubercules de la patate douce sont destinés à la commercialisation, vendus crue ou transformés juste qu'en trois (3) catégories de produits artisanaux (les tubercules cuits, le ragoût et les frites). Ces tubercules sont hautement transformés dans les pays développés comme la Chine sous plusieurs produits et dérivés tels que les chips, les jus, divers types de farines, les conserves, les frites et l'amidon. Ce dernier, modifié, peut être utilisé dans les industries alimentaires, médicales, papetières textiles, pétrolières et autres (GOODWAY, 1991). De plus, au Niger il n'y a pratiquement pas d'étude antérieure sur les caractéristiques physico-chimiques et techno-fonctionnelles des farines à base des tubercules de la patate douce, alors que ces caractéristiques jouent un rôle primordial dans le choix des farines adaptées aux formulations souhaitées et pourront également fournir des informations sur les applications futures de ces formulations. D'où l'intérêt de ce travail portant sur l'évaluation de la qualité nutritionnelle de la farine des tubercules des neuf variétés de patate douce au Niger afin de réduire les pertes post-récoltes et d'augmenter les bonnes utilisations. L'objectif général de ceci est de contribuer à promouvoir l'utilisation et la transformation des tubercules de la patate douce.

II. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

2.1.1. Site d'étude

Ce travail a été conduit au laboratoire de Recherche en Hygiène Alimentaire et Nutritionnelle (LARH-SAN) de la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey qui se situe dans le 5^{ème} arrondissement de la ville de Niamey aux coordonnées géographiques 13°25 latitude Nord et 2005 longitudes Est (Halidou , 2021). Elle est limitée à l'Est par le restaurant universitaire, à l'Ouest par l'école des Mines de l'Industrie et de la Géologie (EMIG), au Sud par le quartier Karadjé et au Nord par la Faculté des Lettres et Sciences Humaines (FLSH) et l'Ecole Nationale Supérieure (ENS). Cependant, les analyses physico-chimiques ont été effectuées et au niveau du Laboratoire National de Santé Publique et d'Expertise (LANSPEX), situé en zone industrielle Gamkallé 4^{ème} arrondissement communal de Niamey.

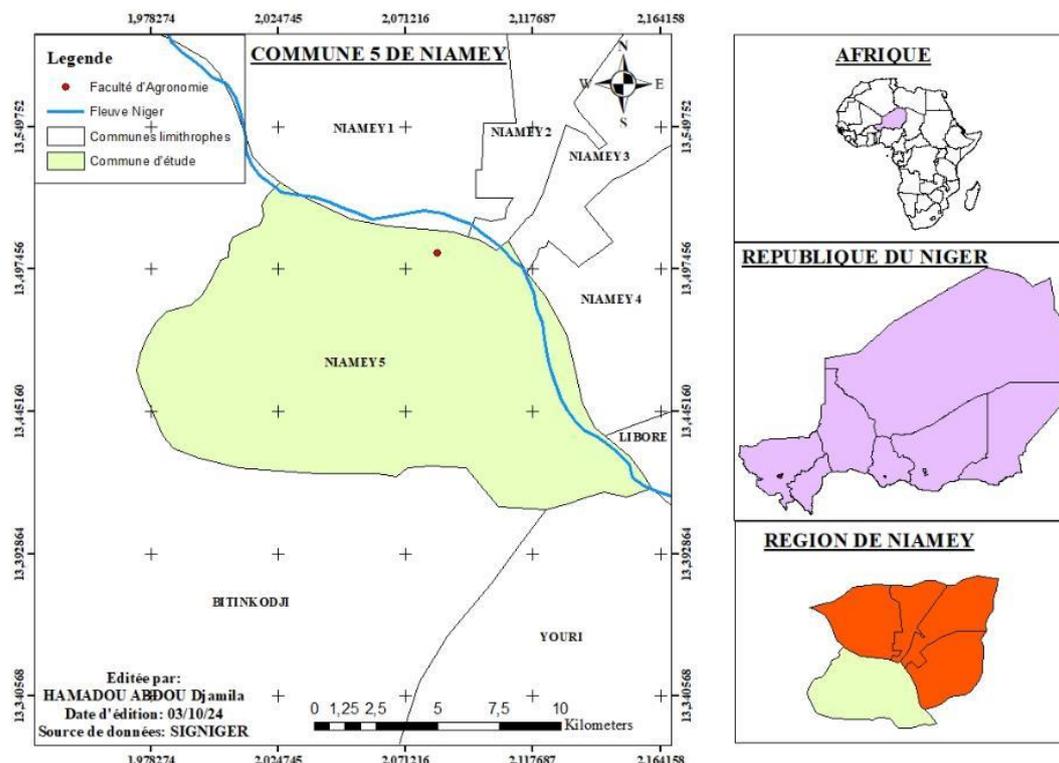


Figure 1 : Carte du cadre d'étude

2.1.2. Matériel végétal

Le matériel biologique utilisé pour la conduite de ce travail est constitué de neuf (9) variétés de patate douce cultivées sur le site expérimental du projet SUSTLIVES de la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey ayant toutes un cycle compris entre 4 à 6 mois.

Quatre types de céréales à savoir le mil (*Pennisetum sp*), le sorgho (*Sorgho sp*), le maïs (*Zea mays*) et le riz (*Oryza sativa*) ainsi que les intrants utilisés lors de la réalisation des recettes ont été achetés sur le marché du quartier Dar es-salam de Niamey.

2.1.3. Matériel technique

2.1.3.1. Matériel de transformation des tubercules de patates douces en farine

Les matériels utilisés sont constitués d'une balance mécanique pour le pesage des tubercules; bassines pour le lavage et le stockage des produits ; éplucheuses pour enlever la peau des tubercules ; pour découper les tubercules couteaux ; râpeuses pour râper les tubercules découpées ; gants alimentaires utilisés pour réduire le risque de contamination ; passeoirs pour égouttoir ; séchoirs électriques pour le séchage des produits ; balance à précision électrique pour peser les râpures séchées et les farines ; règle pour mesurer la longueur de quelques râpures ; broyeur pour mouliner les aliments; tamis dont les mailles mesurent 500 μm pour séparer les farines des débris et grumeaux et uniformiser la taille de leurs particules ; sachets en plastique pour le conditionnement ; paniers contenant des bocaux pour le conditionnement et la conservation des farines ; scotch et un marqueur pour l'étiquetage.

2.1.3.2. Matériel de production des pains

Le matériel de production est composé du matériel usuel de boulangerie : Four électrique modèle X100 en UNOX de capacité thermique de 260°C pour la cuisson des pains ; étuve pour la fermentation à réglage thermique ; pétrin à spirale modèle AS-5M avec tête et cuve fixe pour le pétrissage ; Moules à gâteau et en silicone de forme rectangulaire, permettant de faire le moulage des pâtes ; burette graduée de 50 ml pour quantifier l'eau ; capable en bois couvert de papier fils, serviteur de plan de travail pendant le pétrissage à la main et le façonnage.

Intrants utilisés en panification

Lévre boulangère ; farine des tubercules de patate douce pour substituer la farine de blé ; farine de blé de marque Everyday utilisée pour son gluten ; Sucre blanc en poudre ; de beurre pour la saveur ; le lait Peak en

poudre pour améliorer le goût et la texture du pain ; sel de cuisine pour renforcer le goût ; eau utilisée pour le développement de l'activité enzymatique.

2.1.3.4. Matériel de production des pâtes à base de la farine de patate douce

Ce matériel est constitué d'une cocotte pour préparer ; bassines pour le tamisage des farines, le délayage, et mettre la pâte préparée ; gobelet gradué pour mesurer l'eau ; bols pour confectionner des boules ; louches pour servir la pâte et la pué ; spatules en bois pour battre les pâtes ; tasses et plateaux, pour servir et cuisinière à gaz pour la cuisson.

❖ Ingrédients pour la préparation des pâtes à base de farine de patate douce

Farines des tubercules de patate douce, de maïs, de mil, de sorgho, de riz, et de blé, utilisées pour la formulation des farines, ensuite faire des pâtes et eau pour la préparation des pâtes.

2.1.3.5. Matériel d'analyses physico-chimiques

- Creusets : ce sont des pots en matériaux réfractaires ou en métal, dans lesquels les échantillons sont mis pour faire l'humidité et la calcination, capables de résister à des températures supérieures ;
- Etuve : utilisée pour la détermination de la teneur en eau, réglée à une température de 130°C pendant une durée de 2h.
- Quatre : pour calciner les échantillons ;
- Portoir : pour le port des matras ;
- Dessiccateur : facilite le refroidissement des échantillons et empêche-leur contact avec l'air et l'humidité ;
- Balance à précision : instrument numérique de mesure pour déterminer le poids ;
- Gants : pour protéger les mains ;
- Chemisier : tenue de travail ;
- Dispositif de Soxhlet ou distillateur de la matière grasse : pour déterminer la matière grasse ;
- Photomètre à flamme de marque JENWAY, modèle PFP7, PHOT.02.SPC.02 : pour la détermination des minéraux ;
- Pince : utilisée pour faire sortir les creusets portés à 550°C.
- Bécher : c'est une verrerie de laboratoire servant préparant des mélanges au titrage ou lors de l'agitation d'une solution ;
- Fiole jaugée : sert à mesurer les produits ;
- Plaque : pour chauffer les solutions préparées ;
- Un papier : filtre pour filtrer les solutions ;
- Un distillateur d'azote ou dispositif de Kjeldahl de marque Buchi , avec K-360 comme modèle : permettant de préparer l'azote ;
- Un évaporateur rotatif de marque Buchi : pour séparer l'acétone de la matière grasse ;

2.1.3.6. Matériel d'analyses microbiologiques

Les milieux de cultures et réactifs :

- PCA (Plate Count Agar) : pour le dénombrement de la flore mésophile aérobie totale ;
- Sabouraud à chloramphénicol : pour les levures et moisissures ;
- Mac Conkey : pour les coliformes totaux ;
- EMB (Milieu à Eosine et Bleu de Méthylène) : pour le dénombrement des Escherichia coli/Coliformes Fécaux ;
- Eau peptonée : pour les solutions mères et dilutions.

2.2. Méthodes

2.2.1. Procédés d'élaboration des farines des tubercules de patate douce

Cette phase de transformation regroupe plusieurs opérations qui sont : l'épuration, le râpage, le séchage, le broyage et le conditionnement.

2.2.2. Méthodes d'analyse physicochimiques

Les analyses sont portées sur le dosage des teneurs en eau, en cendres, en composés organiques (protéines, lipides, glucides) et en minéraux (Ca , Na et K) de la farine des neuf (9) variétés des tubercules de patate douce.

A. Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau des échantillons a été déterminée selon la méthode d'AOAC.

❖ **Mode opératoire**

La détermination de la teneur en eau ou de l'humidité est faite après un séchage à l'étuve des échantillons à une température de 130°C pendant 2 heures. De ce fait, deux essais ont été réalisés dont 5g chacun. D'abord les creusets sont pesés à vide (poids à vide ou P0), ensuite les prises d'essais ont été effectuées, puis ils sont placés dans l'étuve pendant 2h temps. Au bout des 2h, les creusets sont retirés de l'étuve et refroidis dans un dessiccateur environ 15 à 30 mn, ensuite pesés à nouveau pour obtenir un poids final (Pf).

❖ **Mode de calcul**

L'humidité est déterminée par la relation suivante :

$$\% \text{Humidité} = \left(1 - \left(\frac{\text{pf} - \text{po}}{\text{pe}} \right) \right) * 100$$

Pe = prise d'essai ; P0 = poids à vide du creuset ; Pf = poids final (creuset + Pe) en gramme.

Le pourcentage en matière sèche (MS) dans 100 ga a été déterminé à partir du pourcentage d'humidité. Il a pour formule :

$$\% \text{MS} = 100 - \% \text{Humidité}$$

B. **Détermination de la teneur en protéines**

❖ **Principe**

La méthode de Kjeldahl (AOAC, 1990) a permis de doser l'azote contenu dans les groupements amines, amides, nitrites et acide nucléique, ce qui a permis d'obtenir l'acide l'azote total. Cette méthode est obtenue à travers les étapes essentielles suivantes : la minéralisation ou la digestion, distillation suivie de la titration.

❖ **Mode opératoire**

Deux essais ont été effectués pour chaque échantillon, d'abord les matras sont numérotés, puis 1g de chaque échantillon de la farine de patate douce + 0,5 g d'indicateur de protéine (comprimé de Kjeldahl) + 10ml d'acide sulfurique concentré sont introduits dans des matras Kjeldahl ou des tubes de minéralisation, ensuite les tubes sont rincés avec de l'eau distillée. Les solutions préparées sont minéralisées sur un bloc chauffant à température progressive de 90 à 400°C pendant trois heures de temps. Une élaboration totale des solutions a été respectée. Le minéralisat obtenu est refroidi, puis placé dans un dispositif de distillation-titration. Dès que le cycle d'analyse a commencé, la distillation suivie de la titration automatique a eu lieu en présence de la solution de NAOH 10 N (neutralisant), de l'acide sulfurique 0,05 (titrant), de l'eau distillée, de l'indicateur coloré (40 g de l'acide borique dissout dans 1 litre d'eau distillée + 15 ml de rouge de bromocrésol), et à la fin du processus la teneur en protéine totale est déterminée par la relation suivante :

$$\% \text{Protéine} = 6,25 \times \% \text{N}$$

Ou

$$\% \text{N} = \frac{2(\text{Ve}-\text{Vb}) * 14 * 0,05}{\text{Pe} * 10000} * 100$$

$$\% \text{Protéines/MS} = \left[\frac{2(\text{Ve}-\text{Vb}) * 14 * 0,05}{\text{Pe} * 10000} * 100 \right] * \frac{100}{100 - \% \text{H}}$$

Vb = chute de la burette pour le blanc ; Ve = chute de la burette pour le distillat ; Pe = prise d'essai ; 0,05 = concentration du titrant ; 14 = poids molaire de l'azote ; %H = Pourcentage en masse d'eau ; %N = pourcentage d'azote

C. **Détermination de la teneur en lipides**

La teneur en matière grasse a été déterminée selon la méthode d'extraction de soxhlet en utilisant l'hexane comme solvant à reflux AOAC (1990).

❖ **Mode opératoire**

5 g (Pe) de chaque échantillon de patate douce sont mis dans une cartouche puis placés dans le soxhlet . Environ 200 à 250 ml d'hexane est introduit dans un ballon dont le poids à vide (P0 ou Pv) est connu. L'extraction s'effectue à chaud (ébullition sur plaque chauffante) pendant 4h. Le solvant est ensuite évaporé par distillation à l'évaporateur rotatif. Le distillat est ensuite séché à l'étuve pendant 1h de temps. Le ballon contenant les matières grasses est refroidi au dessiccateur, puis pesé à nouveau et le poids final (Pf) est noté. Le pourcentage de ces lipides par rapport à la matière sèche est calculé en fonction de la formule suivante :

$$\% \text{Lipides/MS} = \left[(\text{Pf} - \text{Pv}) \times \frac{100}{\text{Pe}} \right] \times \frac{100}{100 - \% \text{H}}$$

MS = matière sèche ; Pv = poids à vide du ballon ; Pf = poids final du ballon ; Pe = prise d'essai ; %H = pourcentage en masse d'eau préalablement déterminé

❖ **Détermination de la teneur en sucres totaux**

La teneur en lipides totaux est déterminée selon la méthode différentielle décrite par AL- Hooti et al., (1998) :

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

$\% \text{C/MS}$ = taux des cendres par rapport à la matière sèche ; $\% \text{P/MS}$ = taux des protéines par rapport à la matière sèche ; $\% \text{L/MS}$ = taux des lipides par rapport à la matière sèche

D. Détermination de la matière sèche

La matière sèche se calcule comme suite :

$$\text{MS} = 100 - \% \text{H}$$

E. La valeur énergétique

La valeur énergétique théorique des échantillons de la farine des différentes variétés de patate douce a été obtenue en utilisant la méthode décrite par Merrill et Watt (1955) :

$$\text{Valeur énergie (Kcal)} = [(\% \text{Glucides} \times 4) + (\% \text{Protéine} \times 4) + (\% \text{Lipides} \times 9)]$$

F. Détermination de la teneur en cendres

Les cendres ont été déterminées selon la méthode officielle (AOAC, 1990), représentent les résidus inorganiques obtenus après calcination de la matière organique. En général, elles sont de couleur grise ou blanche et donnent une idée sur la quantité des éléments minéraux présents dans l'aliment.

❖ Principe

Une masse m des échantillons est soumise à une température de 550°C pendant 4h dans le four, après l'incinération, la matière organique se détruit et la matière résiduelle (cendres blanches ou grises) est appelée matière minérale.

❖ Mode opératoire

L'incinération est effectuée afin de calciner toute la matière organique et d'obtenir la totalité des cations (ammoniac exclu) sous forme de carbonates et autres sels minéraux anhydre. Des creusets sont séchés à l'étuve à 105°C pendant 30 minutes et refroidis au dessiccateur puis pesés à vide (P_0), ensuite $5\text{g} \times 2$, c'est-à-dire deux prises d'essai (P_e) par échantillon de farine sont introduites dans ces creusets et portés à une incinération au four à 550°C pendant 4h. A la fin de l'incinération, les creusets sont ressortis du four, puis refroidis au dessiccateur pendant 10 à 15 mn avant d'être pesé (P_f).

❖ Calcul

Le pourcentage en circulation a été déterminé par la relation suivante :

$$\% \text{Cendres} = \left(\frac{P_f - P_0}{P_e} \right) * 100$$

P_e = prise d'essai ; P_f = poids final après l'incinération ; P_0 = poids à vide des creusets

G. Détermination de la teneur en éléments minéraux

❖ Principe

Le principe consiste à faire les cendres dans un four à 550°C pendant 4h, après que ces cendres sont reconstituées dans des fioles avec de l'eau distillée (RAOUL LECOQ, 1965).

H. Dosage des minéraux (Ca, K, Na)

La teneur de ces trois (3) est déterminée par le spectrophotomètre à flamme. La cendre obtenue de l'incinération de chaque variété est mise en solution dans 50 ml d'eau distillée (volume de reconstitution) pour le calcium (Ca) et 100 ml pour le sodium (Na) et le potassium (K) avec une dilution qui varie au $10^{\text{ème}}$, $100^{\text{ème}}$ et au $125^{\text{ème}}$ selon les variétés pour le Na et K. les solutions préalablement préparées sont séparées avant de passer au dosage.

$\text{Ca} = [\text{Ca}] * V_r/P_e$; $\text{Na} = [\text{Na}] * V_r/P_e$; $\text{K} = [\text{K} +] * V_r/P_e$ Ca : teneur en calcium (mg/100g) $[\text{Ca} +]$: concentration en ion de calcium (mol/l) Na : teneur en sodium (mg/100g) $[\text{Na} +]$: concentration en ion de sodium (mol/l) K : teneur en potassium (mg/100g) $[\text{K} +]$: concentration en ions de Potassium (mol/l) **Réalité virtuelle** : volume de la reconstitution (ml) P_e : prise d'essai pour la cendre (g)

2.2.3. Méthode d'analyse microbiologique

A. Préparation des solutions mères et des dilutions décimales

La solution mère a été obtenue selon la méthode ISO 4833, 25 ml de chaque échantillon (neuf variétés de patate douce) ont été prélevés et mis chacun dans 225 ml d'eau peptonée . Les dilutions ont été homogénéisées par agitateur magnétique.

B. Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (FMAT)

Le dénombrement a été réalisé selon la norme ISO 4833. Cette flore a été isolée et dénombrée sur le milieu de culture gélose PCA (Plat Count Agar). Les ensemencements ont été réalisés avec les dilutions 10^{-4} et 10^{-5} . 1 ml de chaque dilution est prélevé, puis introduit dans une boîte de pétri contenant 10 à 15 ml de la gélose PCA (préalablement préparée, coulée dans des boîtes de pétri et solidifiée), ensuite étalé à l'aide d'un râteau. L'incubation a été faite à 37°C pendant 24h à l'étuve, à couvercles renversés et des colonies blanchâtres et jaunes ont été dénombrées.

C. Dénombrement des coliformes totaux

Les coliformes totaux ont été dénombrés selon la norme internationale ISO 4832 (2006), l'ensemencement a été fait sur la gélose Mac Conkey au cristal violet, 1 ml des dilutions de 10^{-2} et 10^{-3} a été aseptiquement introduit dans les boîtes de pétri contenant la gélose, puis étalé avec délicatesse. Les boîtes ont été incubées à 37°C pendant 24 à 48h, aux couvercles renversés et les colonies enregistrées sont de couleurs rouges.

D. Recherche d'Escherichia coli (E. coli)

La recherche d'E. coli a été réalisé sur le milieu EMB (Eosine Méthylène Blue selon la méthode ISO 3811, les dilutions de 10^{-3} et 10^{-4} ont été utilisées, avec une incubation de 24h à 37°C dans l'étuve, à couvercles renversés.

E. Dénombrement de la flore fongique (levures et moisissures)

La norme internationale ISO 7954 (1988) a été utilisée pour le dénombrement des levures et moisissures. L'ensemencement a été réalisé sur le milieu gélose de Sabouraud (la gélose glucosée à l'extrait de levure et au chloramphénicol), les boîtes ont été incubées à 37°C dans l'étuve pendant 3 jours à couvercles renversés. Les colonies comptées sont sous forme des taches blanchâtres, des fibres blanches, vertes ou bleues.

2.2.4. Méthodes d'analyse des propriétés fonctionnelles des farines de patate douce

2.2.4.1. Test de panification du pain

❖ Procédés de fabrication du pain

Cette phase de transformation regroupe plusieurs opérations à savoir :

✚ **Formulation** : qui consiste à formuler les ingrédients à savoir : 200g de farine, 4g de levure, 3g de sel, 40g de sucre, 30g de lait, 20g de beurre et 125 à 150 ml de l'eau selon les variétés.

✚ **Pétrissage** : il consiste à faire le mélange des ingrédients à la main, pétrir la pâte dans un pétrin pendant 5mn et un deuxième pétrissage a été effectué à la main.

✚ **Division et la fabrication des boules** : après le pétrissage, la pâte, est divisée en pâtons, puis bouler sur un plan de travail nettoyé et mis en forme.

✚ **Fermentation primaire** : la fermentation primaire consiste à fermenter la pâte et sous un torchon mouillé pendant 1h à 60°C dans le bac à fermentation (l'étuve).

✚ **Façonnage** : après avoir fermenté la pâte, les pâtons sont façonnés en forme rectangulaire de la taille des moules.

✚ **Fermentation deuxième secondaire** : elle consiste à faire une fermentation pendant 30mn à 60°C.

✚ Préchauffage

Il consiste à préchauffer le four pendant 5mn à 260°C.

✚ **Cuisson** : elle se fait dans le four à 150°C pendant 30 mn.

✚ **Défournement et ressuage** : défourner et laisser les pains refroidis pendant au moins 1h de temps.

Quelques images illustrent le cas de différents procédés.



Figure 2 : Pétrissage de la pâte à la main (a) ; première fermentation de la pâte (b) ; cuisson des pains (c) ; pains défournés et ressuyés(d)

2.2.4.2. Production de la pâte à base de la farine des tubercules de patate douce

La pâte ou le têt est un plat traditionnel qui se fait à base de la farine des céréales, des tubercules ou du mélange des deux. Le procédé est décrit comme suit :

Tableau 1 : Formulation du mélange 1 (farine de patate douce + mil)

Formulation des farines	Quantités en (g)
50% farine de mil + 50% farine de Dan Tchad	600
50% farine de mil + 50% farine de L1 Dan Cameroun	600
Témoin (50% farine de mil +50% farine de blé)	600

Tableau 2 : Formulation du mélange 2 (farines de patate douce + sorgho).

Formulation des farines	Quantités en (g)
50% farine de sorgho + 50% farine de Don Izallah	600
50% farine de sorgho + 50% farine de L2 du Bénin	600
Témoin (100% sorgho)	600

Tableau 3 : Formulation du mélange 3 (farines de patate douce + maïs).

Formulation des farines	Quantités en (g)
50% farine de maïs + 50% farine de Dan Maradi	600
50% farine de maïs + 50% farine de Dan Cameroun	600
Témoin (100% maïs)	600

Tableau 4 : Formulation du mélange 4 (farines de patate douce + riz).

Formulation des farines	Quantités en (g)
50% farine de riz + 50% farine de Jirani goboroua	600
50% farine de riz + 50% farine de Fock	600
Témoin (75% farine de riz +25% farine de blé)	600

2.2.4.3. Test de préparation de la bouillie

La préparation de la bouillie a été effectuée uniquement avec la farine de la variété de Maradi.

Cette préparation a permis de :

✚ **Peser la farine**

Deux cent grammes (200 g) de farine de patate ont été pesés pour la préparation de la bouillie.

✚ **Tamiser**

La farine pesée, a été tamisée pour s'assurer qu'elle ne contient aucune impureté.

✚ **Délayer**

La farine tamisée est diluée dans 400 ml (c'est-à-dire deux fois son poids) d'eau avec une spatule en bois.

✚ **Porter l'eau à ébullition**

Une virgule cinq (1,5) ml d'eau est chauffée sur la cuisinière à gaz jusqu'à ébullition.

✚ **Verser le mélange dans la cocotte**

Le mélange a été versé dans la cocotte contenant les 1,5 ml d'eau dès que l'eau est à l'ébullition, puis il a été remué pendant 5 mn à feu doux.

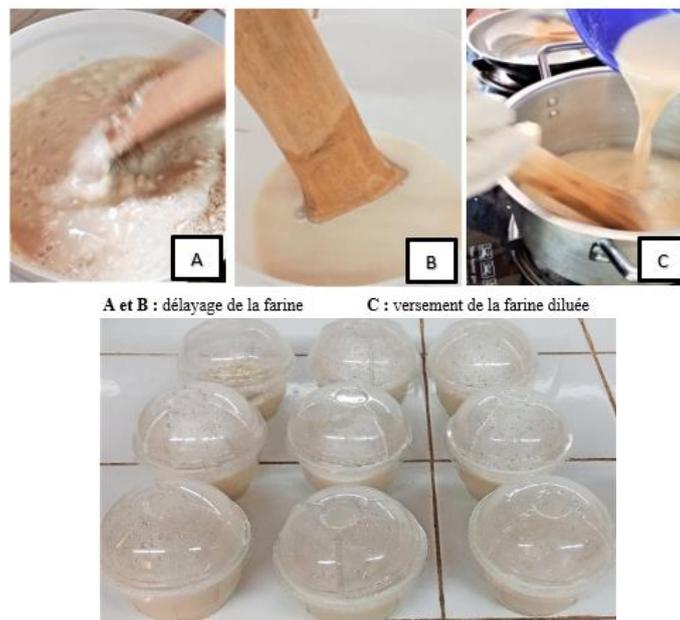


Figure 3 : Préparation de la bouillie de la farine de patate douce (a) ; Bouillie servie dans les bocaux (b).

2.2.4.2. Appréciation des propriétés organoleptiques des différents sous-produits élaborés

C'est une technique d'évaluation des caractéristiques des sous-produits à travers les organes sensoriels. Pour cette étude les propriétés sensorielles constatées sont : la couleur, l'odeur, le goutte et la texture. Les tests ont été effectués au laboratoire de recherche en hygiène, science alimentaire et nutritionnelle. L'évaluation sensorielle des sous-produits issus de différentes farines élaborées au laboratoire est réalisée grâce à un panel de 10 personnes et 15 personnes pour la bouillie choisie au hasard. Cependant, l'échelle AFNOR a été adaptée à cinq (5) niveaux.

2.3. Traitements et analyses des données

Le nombre de micro-organismes par gramme de l'échantillon a été calculé à partir des boîtes retenues au niveau de deux dilutions successives en conformité avec la formule ci-dessous :

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

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

$\sum C$: Nombre total des colonies comptées sur deux boîtes conservées après deux dilutions décimales successives, dont une contient au minimum 10 colonies.

V : volume d'inoculum placé dans chaque boîte, en millilitres. d : dilution correspondant à la première dilution retenue (d = 1 lorsque l'échantillon liquide non dilué est retenu).

Les paramètres physico-chimiques ont été réalisés avec les logiciels SPSS version 27 et Excel 2013. Les tableaux ont été conçus avec les mêmes logiciels avec des variables quantitatives, exprimées sous forme de moyenne (x) + écart-type(s) tout en indiquant les valeurs extrêmes (minimum et maximum). Ces dernières sont exprimées en chiffres et en pourcentage. Le test χ^2 et celui d'ANOVA ont été utilisés pour la comparaison des variables par la loi de Pearson à (k-1) degré de liberté, avec un seuil de significativité de 1 et 5%.

Les schémas de fabrication des différents produits de patate douce (farine, pain, pâte et purée) ont été élaborés à partir de l'agencement des étapes (comprenant chacune des opérations unitaires) sur la base des bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication.

En ce qui concerne les caractéristiques organoleptiques des produits élaborés, des analyses descriptives et comparatives ont été utilisées. Les résultats des pourcentages des mentions cumulées ont été exprimés sous forme de figure à l'aide des logiciels SPSS 27 et Excel 2013.

III. Résultats

3.1. Caractéristiques des neuf variétés d' Ipomea batatas (Patate douce) utilisées

Le tableau 5 présente les caractéristiques des 9 variétés de patate douce.

Tableau 5 : Caractéristiques des neuf variétés de patate

N°	Noms de variétés et provenance	Caractéristiques Physiques et organoleptiques	Formes des feuilles et des tubercules
1	Variété et izallah (Niger)	Variété locale à peau rose, chaise blanche. Ses feuilles sont triangulaires à 7 lobes et ses tubercules sont de plusieurs formes (ronde, ronde elliptique, ovale, subovale, oblongue, longue ou courbées). Il a goûté un peu salé à l'état cru.	
2	Jirani gaboroua (Nigeria)	Variété locale dont ses tubercules sont à chaise et peau blanche. Ses feuilles ont une forme de cœur à 7 lobes. Goût fondu (à l'état cru).	
3	L1 au Cameroun (Cameroun)	Variété à chair jaune et peau blanche, ses feuilles sont hastées avec 7 lobes.	
4	L2 au Bénin (Bénin)	Ces tubercules sont ronds et allongés, la couleur de sa chaise et la peau est de jaune clair, avec des feuilles de forme précipitée.	
5	Variété du Cameroun (Cameroun)	Ces tubercules sont de forme ronde allongée et ovales avec une chaire jaune clair et peau blanche, ses feuilles sont triangulaires.	
6	Variété Fock (Niger)	La couleur de la peau et de la chaise des tubercules est blanche, avec des formes rondes allongées, ses feuilles sont en forme de cœur à 7 lobes.	
7	Variété Dan Maradi (Niger)	Ses feuilles sont de formes triangulaires à 5 lobes et ses tubercules sont ronds avec une peau blanche et chaise jaune clair.	
8	Variété Dan Tchad (Tchad)	Ses feuilles sont triangulaires, avec des tubercules sont ronds, ovales et oblongues. C'est une variété à chair jaune clair et peau blanche.	
9	Variété jan dankali (Niger)	Ses feuilles sont en codiformes et ses tubercules sont ronds et longs, avec une couleur orange (chaire et peau).	

1.1.2. Procédés de production de la farine des tubercules des différentes variétés de patate

Le processus de production de la farine des tubercules des différentes variétés de patate douce est détaillé dans la figure ci-dessous :

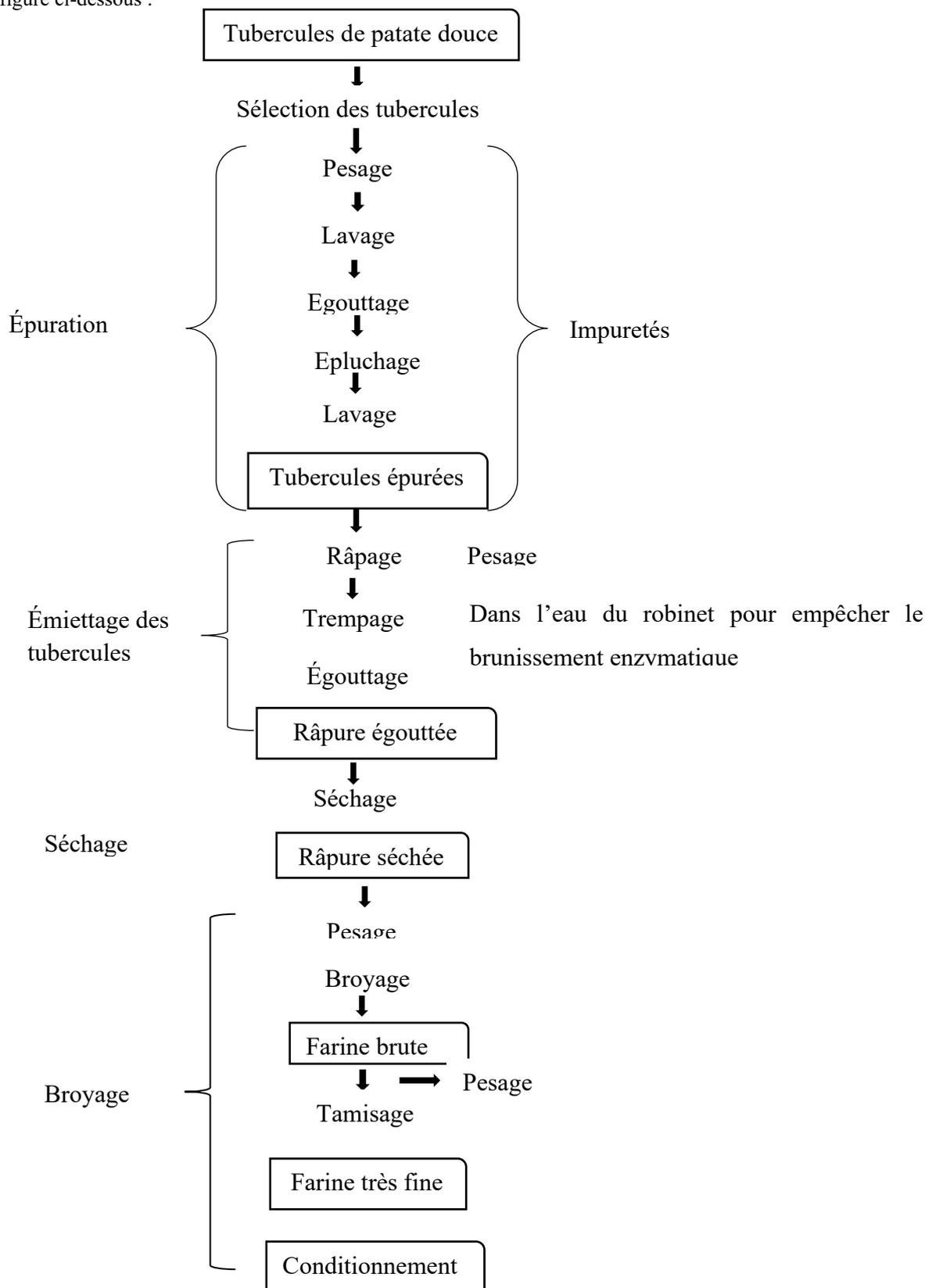


Figure 4 : Diagramme de production de la farine des tubercules de patate douce

3.1.3. Rendement des différentes farines de patate douce

Tableau 6 : Poids des tubercules des différentes variétés de patate douce en kg avec leurs rendements en farines (en g et %).

Variétés	Poids frais en (Kg)	Poids après épluchage en (kg)	Poids sec des rapés en (g)	Poids de la farine en (g)	Poids en (%)
Dan Maradi	4	3,8	845	843	21,07
Dan Tchad	4	3,8	830	827	20,67
Dan Izallah	4	3,3	721	720	18
Dan Cameroun	4	3,6	779	778	19,45
L1 et Cameroun	4	3,7	798	797	19,92
L2 au Bénin	4	3,8	871	869	21,72
Fock	4	3,4	733	732	18,3
Jirani Goboroua	4	3,3	720	719	17,97
Jan Dankali	4	3,3	718	716	17,9

3.1.4. Caractéristiques biochimiques des neuf (9) variétés de patate douce

Tableau 7 : Profil physico-chimique des neuf (9) variétés de patate douce

Variétés	Protéines	Lipides	Glucides	Humidités	Cendres	Densités énergétiques (Kcal/100g)
	(g /100 g)					
<i>Dan Izallah</i>	2,02 ± 0,08	0,85	93,97	5,04 ± 0,12	3,16 ± 0,05	391,63
<i>Dan Maradi</i>	2,38 ± 0,10	1,33	93,23	4,38 ± 0,00	3,06 ± 0,01	394,40
<i>Dan Tchad</i>	2,20 ± 0,01	0,95	94,14	4,56 ± 0,08	2,70 ± 0,01	393,97
<i>Dan Cameroun</i>	2,66 ± 0,01	0,89	93,41	4,80 ± 0,04	3,03 ± 0,00	392,34
<i>Fock</i>	2,86 ± 0,00	0,97	93,23	4,97 ± 0,16	2,93 ± 0,01	393,08
<i>Jirani goboroua</i>	2,80 ± 0,12	0,84	93,43	4,94 ± 0,05	2,93 ± 0,02	392,47
<i>L1</i>	3,05 ± 0,21	0,94	93,28	4,14 ± 0,04	2,74 ± 0,02	393,73
<i>Jan Dankali</i>	5,94 ± 0,12	2,33	85,60	7,13 ± 0,06	6,13 ± 0,01	387,15
<i>L2 Dan Bénin</i>	1,57 ± 0,00	1,49	94,02	5,18 ± 0,07	2,93 ± 0,01	395,73
Minimum	1,57 ± 0,00	0,84	85,60	4,14 ± 0,04	2,70 ± 0,01	387,15
Maximum	5,94 ± 0,12	2,33	94,14	7,13 ± 0,06	6,13 ± 0,01	395,73

L1 : L1 Dan Cameroun

Tableau 8 : Composition en sels minéraux des neuf (9) variétés de patate douce.

Variétés	Calcium	Potassium	Sodium
	(mg /100g MS)		
<i>Dan Izallah</i>	1,20	1248,75	59,94
<i>Dan Maradi</i>	0,70	998,82	59,93
<i>Dan Tchad</i>	0,90	873,99	99,88
<i>Dan Cameroun</i>	1,10	599,41	59,94
<i>Fock</i>	1,00	499,20	79,87
<i>Jirani Goboroua</i>	1,10	874,11	49,95
<i>L1 Dan Cameroun</i>	0,90	798,83	59,91
<i>Jan Dankali</i>	2,10	999,06	999,06
<i>L2 Dan Bénin</i>	0,80	799,11	59,93
Minimum	0,70	499,20	49,95
Maximum	2,10	1248,75	999,06

1.3.5. Corrélation suivant les paramètres biochimiques et physico-chimiques des farines des tubercules de patate douce

Tableau 9 : Corrélation entre les nutriments des farines issues des neuf (9) variétés de patate douce.

	Humidité	Cendre	Protéines	Lipides	Glucides	Calcium	Potassium	Sodium
Humidité	1							
Cendre	,938 ** 0,000	1						
Protéines	,784 * 0,012	,909 ** 0,001	1					
Lipides	,833 ** 0,005	,884 ** 0,002	,722 * 0,028	1				
Glucides	-,892 ** 0,001	-,984 ** 0,000	-,961 ** 0,000	-,872 ** 0,002	1			
Calcium	,917 ** 0,001	,933 ** 0,000	,890 ** 0,001	,676 * 0,004	-,911 ** 0,001	1		
Potassium	0,212 * 0,585	0,286 0,456	0,064 0,870	0,223 0,564	-0,185 0,634	0,254 0,509	1	
Sodium	,917 ** 0,000	,986 ** 0,000	,927 ** 0,000	,885 ** 0,002	-,987 ** 0,000	,919 ** 0,000	0,233 0,546	1

** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral). * . La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

3.1.5. Profil microbiologique des farines de patate douce

Les résultats microbiologiques du tableau XIII montrent la présence de la flore mésophile aérobie au niveau de tous les échantillons de farines des variétés de patate douce, variante de $3,00.10^2$ à $6,18.10^2$ UFC/g. La concentration des Coliformes totaux et levure est comprise respectivement entre $1,54.10^2$ et $3,00.10^2$ UFC/g, et entre $1,00.10^2$ et $2,27.10^2$ UFC/g. Ce pendant les moisissures ne sont présentées qu'au niveau de E2, E3 et E4 (variant entre $1,82.10^3$ et $6,36.10^3$ UFC/g) et quant aux E. Coli, ils ont été absents pour tous les échantillons (0 UFC/g).

Tableau 10 : Profil microbiologique des farines des tubercules de patate douce

Échantillons	FMAT	Coliformes totaux	Levures	Hydratations	Escherichia coli
E1	$5,54.10^2$	$3,00.10^2$	$1,00.10^2$	0	0
E2	$6,18.10^2$	$2,27.10^2$	$1,82.10^2$	$6,36.10^2$	0
E3	$3,73.10^2$	$1,54.10^2$	$1,55.10^2$	$4,55.10^2$	0
E4	$5,45.10^2$	$2,09.10^2$	$2,08.10^2$	$1,82.10^2$	0
E5	$3,00.10^2$	$1,73.10^2$	$1,82.10^2$	0	0
E6	$4,18.10^2$	$3,00.10^2$	$1,55.10^2$	0	0
E7	$5,09.10^2$	$1,18.10^2$	$2,23.10^2$	0	0
E8	$5,36.10^2$	$2,27.10^2$	$2,27.10^2$	0	0
E9	$5,18.10^2$	$2,00.10^2$	$1,00.10^2$	0	0
Norme (FCD, 2024)	$<2.10^5$	$<10^3$	$<10^4$	$<10^4$	$<10^2$

NB : Les résultats sont exprimés en Unités Colonies/gramme d'échantillon (UFC/g).

3.1.6. Procédés de production des différents produits à base des farines de patate douce

❖ Résumé du processus de test de panification des douleurs

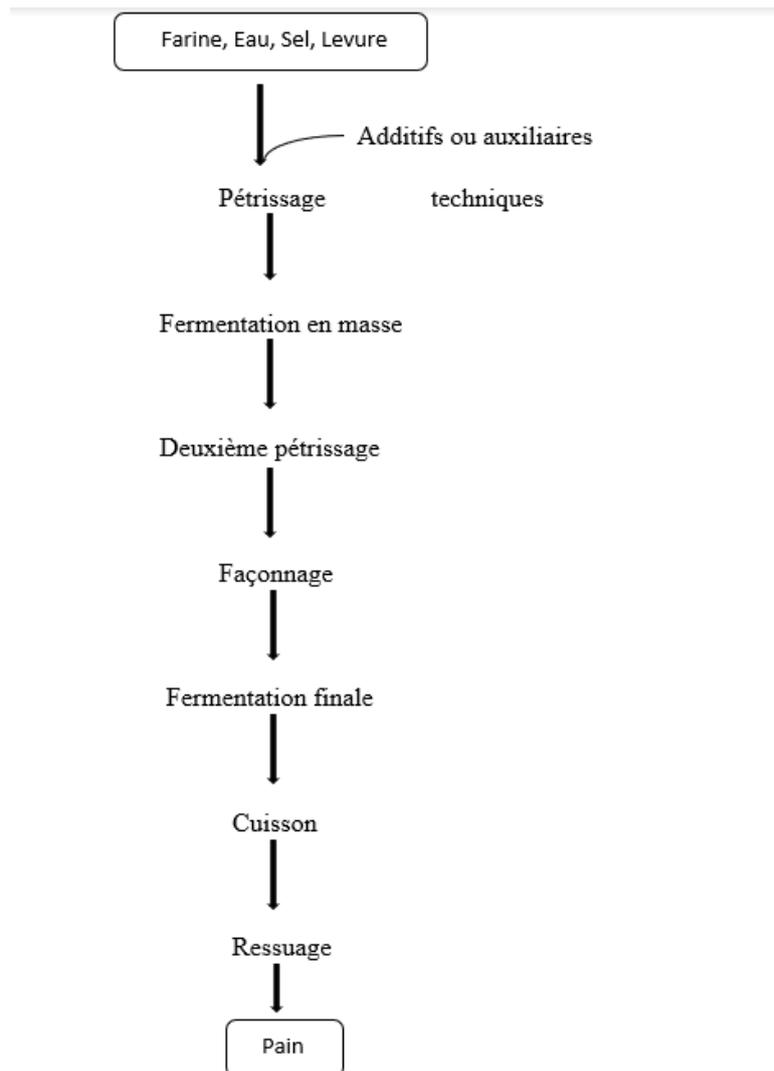


Figure 5 : Étapes de la fabrication du pain (Yahaya , 2019)

- Pains issus des différentes formulations du mélange de farine de la variété *Fock* et du blé
50% farine de *Fock* + 50% blé 100% farine de blé



- 70% farine de *Fock* + 30% blé 30% farine de *Fock* + 70% blé

- **Pains** issus des différentes formulations du mélange de farine de la variété Dan Cameroun et du blé.



- Pains issus des formulations du mélange de farine de la variété *Dan Tchad* et du blé.

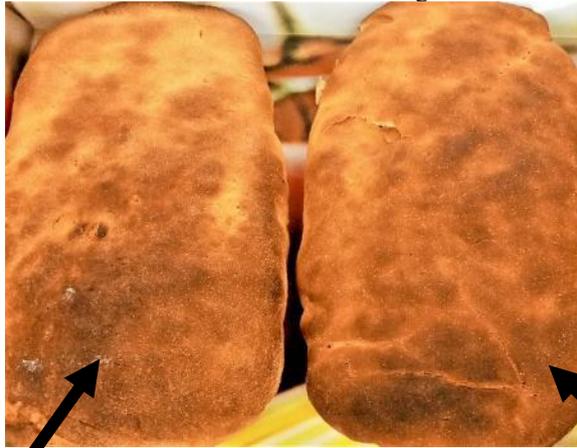


- Pains issus des différentes formulations du mélange de farine de la variété *Dan Izallah* et du blé.



Évaluation de la qualité Nutritionnelle de la farine des tubercules de neuf variétés de patate douce ..

- Pains issus des différentes formulations du mélange de farine de la variété L1 Dan Cameroun et du blé.



50% L1 Dan Cameroun + 50 blé 60% L1 Dan Cameroun + 40%

- Pains issus des différentes formulations du mélange de farine de la variété Jirani Goboroua et blé



50% Jirani goboroua + 50% blé 60% Jirani Goboroua + 40% blé

- Pains issus des différentes formulations du mélange de farine de la variété Dan Maradi et du blé.



- ❖ Résumé du processus du test de production de la bouillie de la farine de patate douce

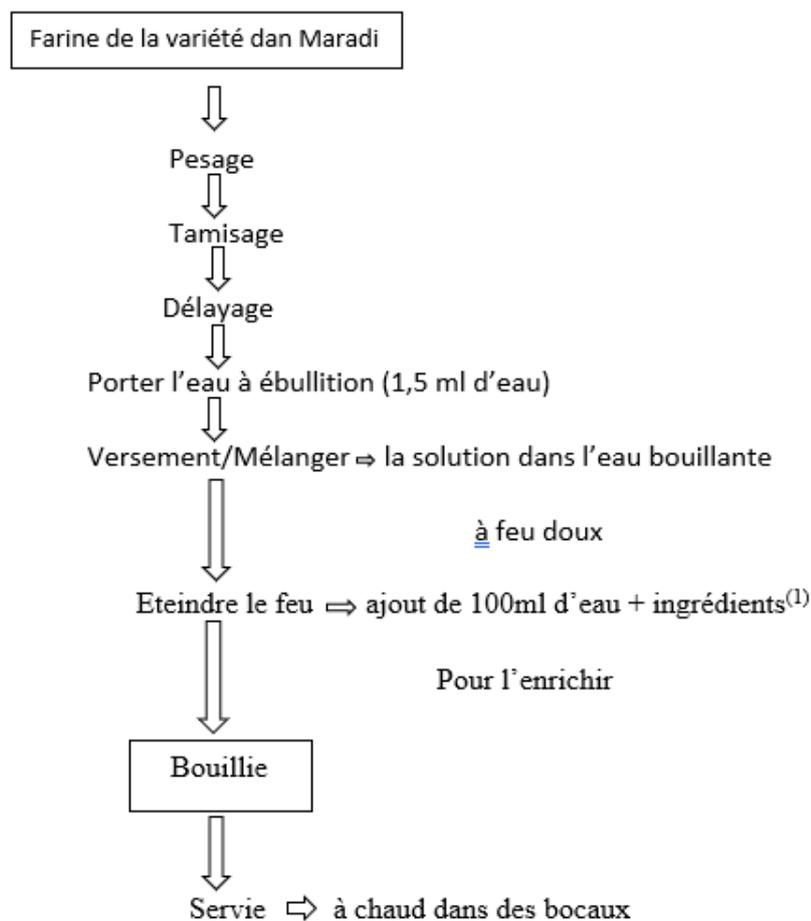


Figure 6 : Schéma de préparation de la bouillie de la farine de patate douce

❖ Résumé du processus du test de production des différentes pâtes à base de la farine de patate douce

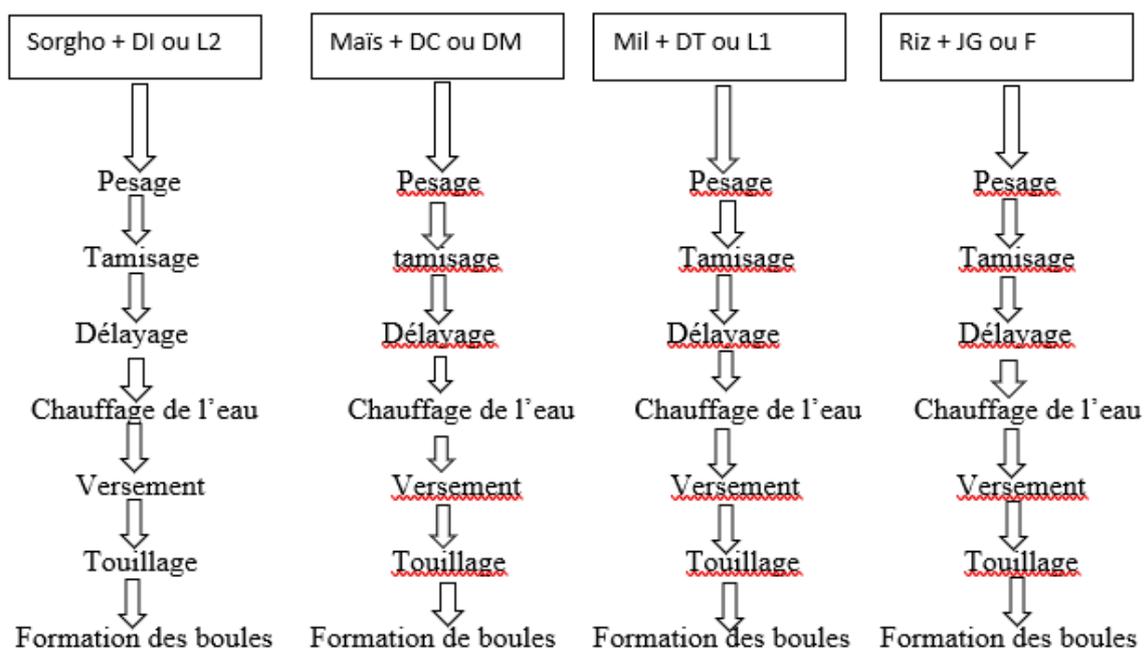


Figure 7 : Schéma de production des différentes pâtes

Quelques photos des différentes recettes de pâtes à base de patate douce
. Blé/Mil



Dan Tchad /Mil

L1 et Cameroun/Mil

Figure 8 : Pâtes issues du mélange 1



UN : Dan Izallah /Sorgho B : L2 dan Bénin /Sorgho C : 100% Sorgho

Figure 9 : Pâtes issues du mélange 2



A : mélange dan Cameroun /maïs B : mélange dan Maradi /maïs

Figure 10 : Pâtes issues du mélange 3



A : mélange Jirani goboroua / Riz B : mélange Fock /Riz C : mélange Blé/Riz

Figure 11 : Pâtes issues du mélange 4

3.1.7. Caractéristiques sensorielles des produits à base des variantes de farines des tubercules de patate douce

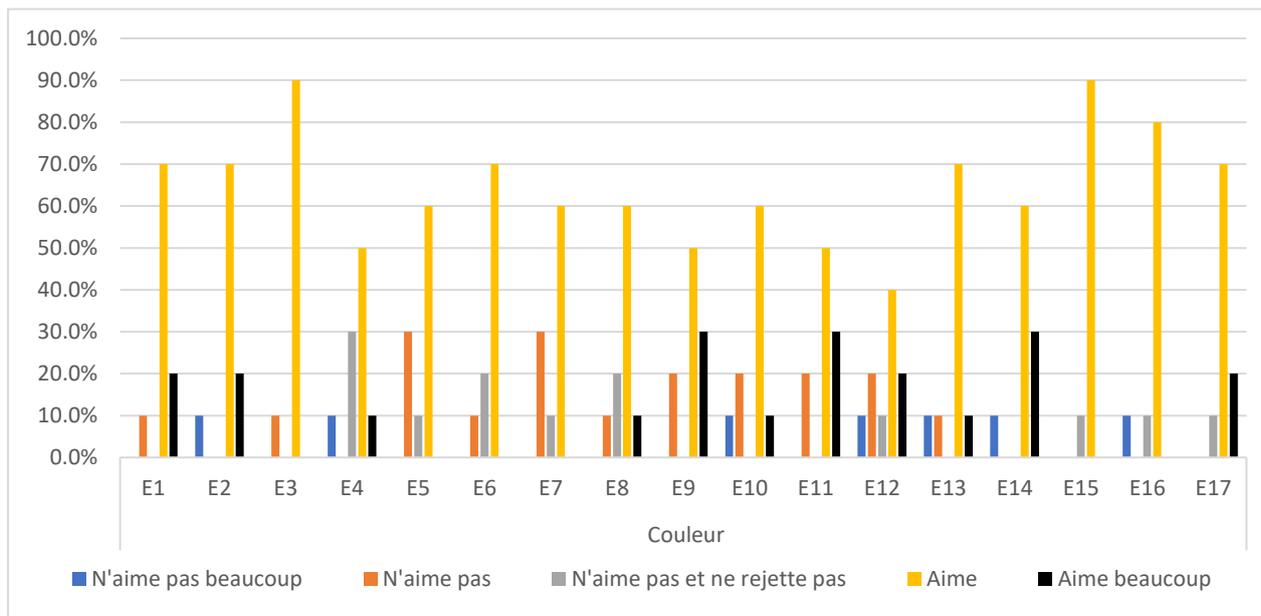
Afin d'apprécier les qualités organoleptiques des produits réalisés à base des variantes farines d' *Ipomea batatas*, ces derniers (pains, variantes pâtes et purée) ont été soumis à l'appréciation des dégustateurs.

3.1.7.1. Appréciation de la couleur des pains

Appréciation de la couleur des pains

La figure 12 montre les résultats du test d'appréciation de la couleur des différentes douceurs élaborées au laboratoire, dont chaque bande représente l'appréciation des panelistes par échantillon. Selon cette figure, la mention aime est la plus dominante au niveau de tous les échantillons avec 90% pour les échantillons E3 et E15 contre 10% pour la mention n'aime pas beaucoup au niveau des échantillons E2, E4, E10, E12, E13, E14 et E16.

E1 : 50% dan Cameroun et 50% blé ; **E2** : 60% du Cameroun et 40% blé ; **E3** : 50% et Izzallah et 50% blé ; **E4** : 60% et Izzallah et 40% blé ; **E5** : 50% à Maradi et 50% à Maradi ; **E6** : 60% de Maradi et 40% de blé ; **E7** : 50% dan Tchad et 50% blé ; **E8** : 60% du Tchad et 40% blé ; **E9** : 50% Fock et 50% blé ; **E10** : 60% Fock et 40% blé ; **E11** : 50% Jirani gaboroua et 50% blé ; **E12** : 60% Jirani gaboroua et 40% blé ; **E13** : 50% L1 du Cameroun et 50% blé ; **E14** : 60% L1 du Cameroun et 40% blé ; **E15** : 50% L2 et Bénin et 50% ; **E16** : 60% L2 et Bénin et



40% blé ; **E17** : 100%.

Figure 12 : Appréciation de couleur des différents échantillons de pain

Appréciation de l'odeur des pains

Parmi les 17 échantillons de pains qui ont été soumis à l'appréciation des panélistes, l'odeur des échantillons 4, 16, 17, 11 et 14 (E4, E16, E17, E11 et E14) ont été plus appréciés rapport autres avec respectivement 90%, 80%, 80%, 70% et 70%, alors que la mention n'aime pas est de 20% pour E1 et E5.

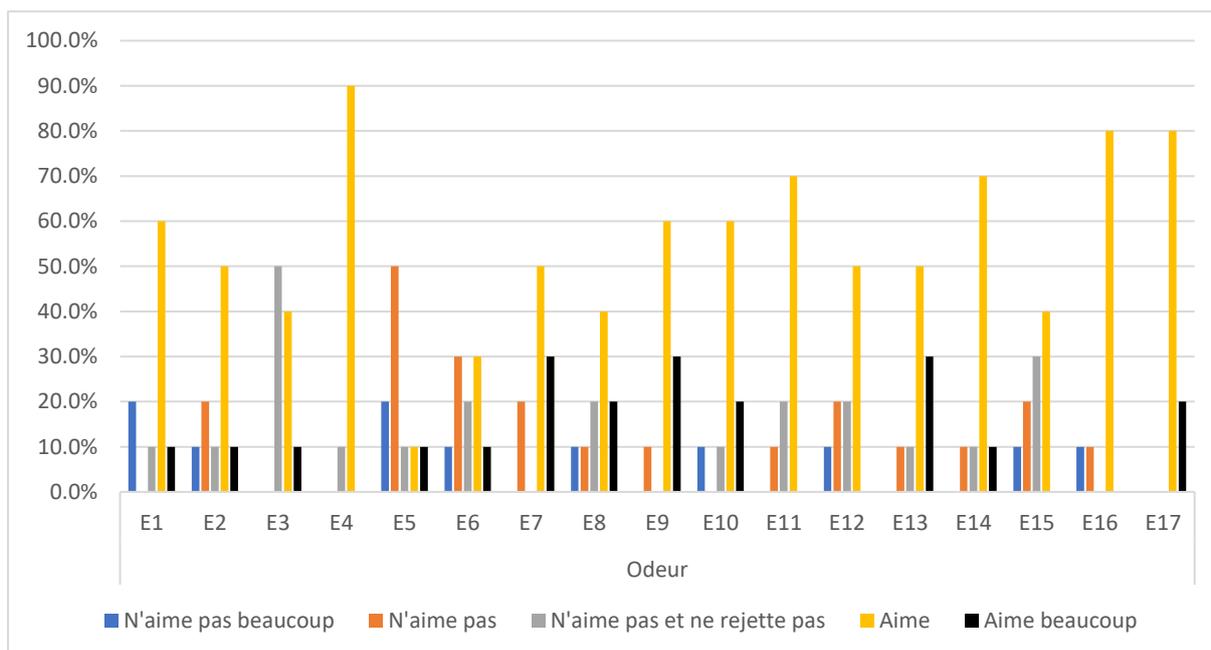


Figure 13 : Appréciation de l'odeur des différents échantillons de pains

Appréciation du goût des pains

En ce qui concerne les résultats d'analyse de l'appréciation du goût des variantes échantillons, 80% des panélistes aiment le goût de l'échantillon E1, E3 et E9 et 60% aiment beaucoup E17 contre 60% de E16 qui n'aiment et ne rejettent pas et 20% de E5 et E8 qui n'aiment pas beaucoup.

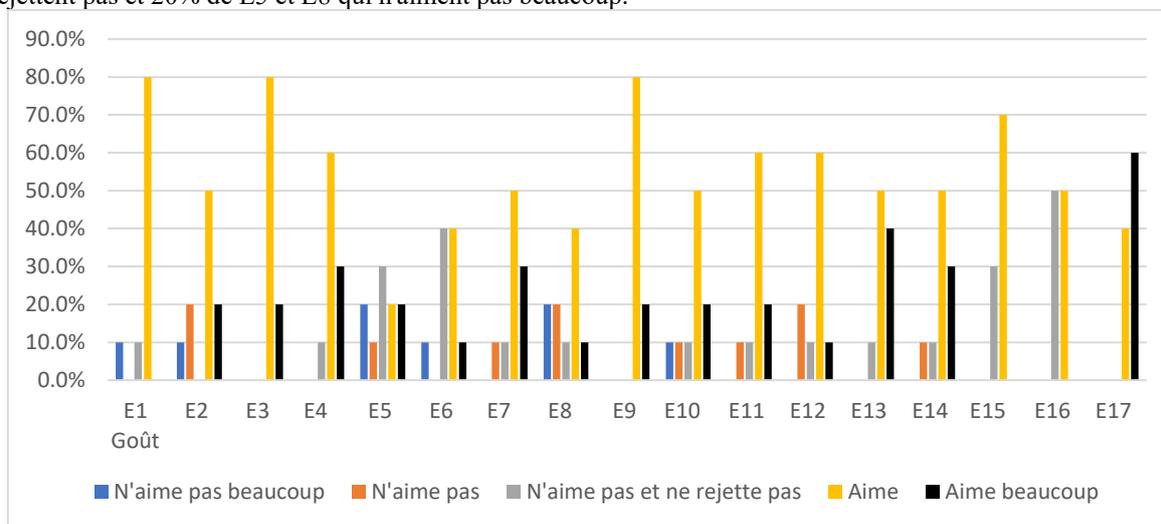


Figure 14 : Appréciation du goût des différents échantillons de pains

Appréciation de la texture des pains à base de patate douce

Selon les résultats de la figure 14, la texture de l'échantillon E13, E17 et E1 ont été plus appréciées par les panélistes avec une mention respective de 50% et 40% (aime beaucoup) et 60% aime alors que 40% n'aime pas E5 et E6 et enfin 30% des panélistes n'aiment pas et netent rejet pas l'échantillon (E4, E10 et 12).

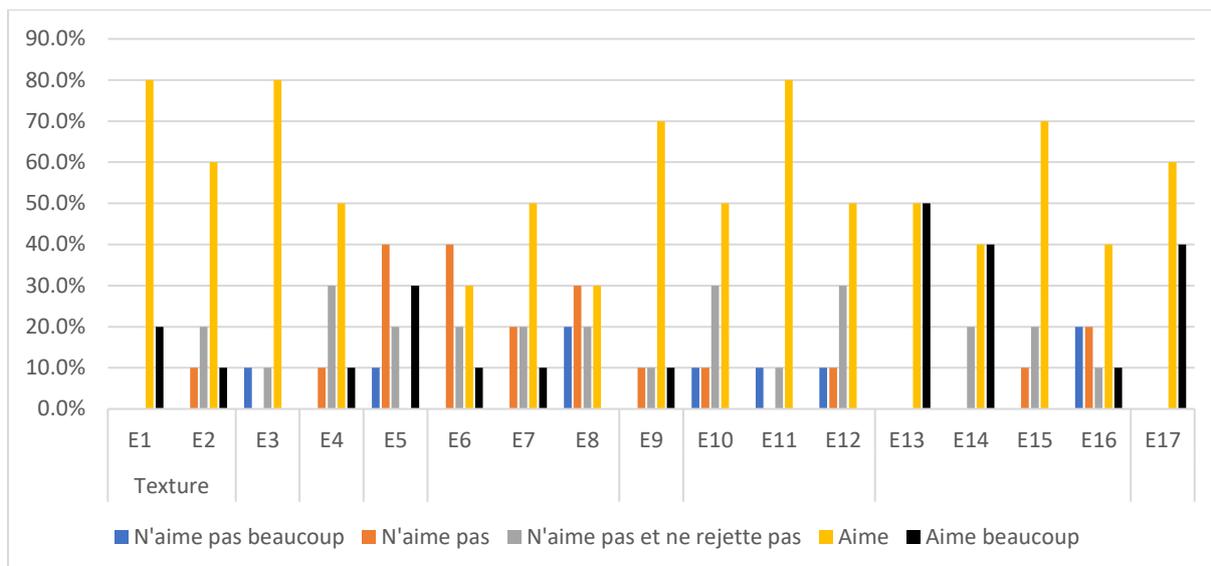


Figure 15 : Appréciation de la texture des différents échantillons de pain .

Acceptabilité des pains à base de farine de patate douce

Les résultats de la figure 15 montrent que les échantillons E5, E6 et E8 ont été jugés avec la mention peu acceptés par les panélistes avec respectivement 80%, 90% et 60%. Les échantillons E3, E11, E12, E15 et E16 ont été respectivement appréciés par la mention moyennement acceptable avec 70%, 50%, et 60% et enfin 50%, 80%, 60% et 70% des panélistes trouvent les échantillons E1, E7, E9, E11, E13, E14 et E17 acceptables.

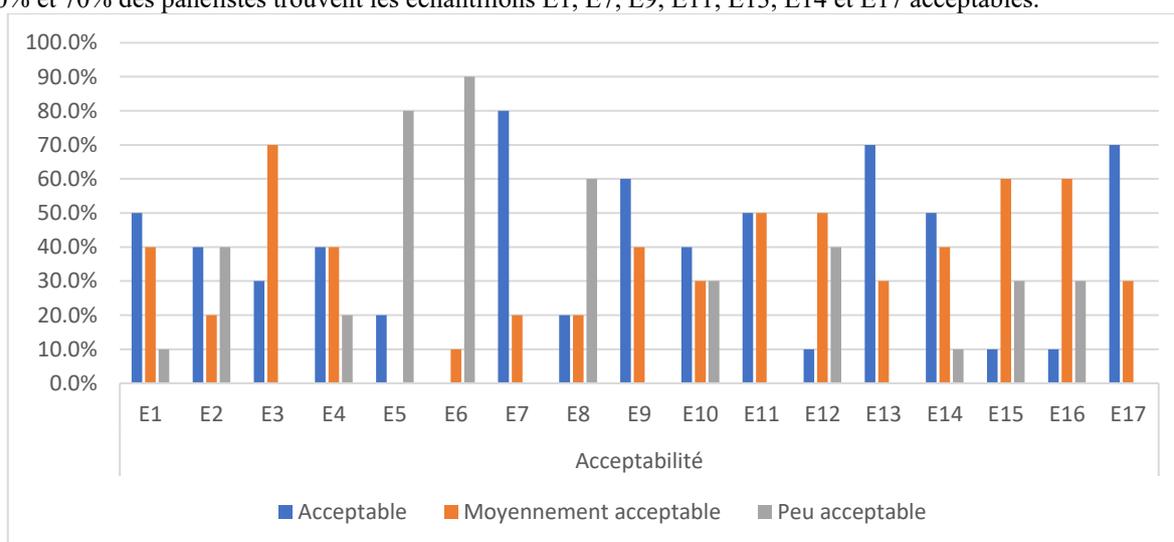
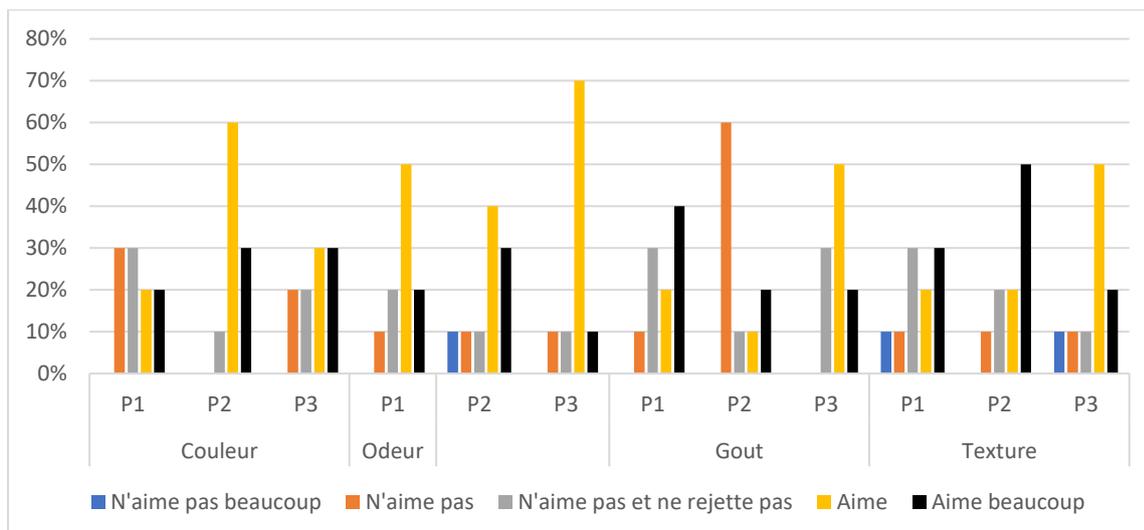


Figure 16 : Acceptabilité des pains à base de la farine de patate douce

L'analyse de la figure 16 indique qu'il y a une variation des pourcentages d'appréciations des produits suivant les paramètres sensoriels sélectionnés. En effet, la couleur, l'odeur et la texture des pâtes ont été dotées respectivement de la mention aime (60%, 70% et 50%). Par contre 60% des panélistes n'aiment pas goût du produit P2 et 30% n'aiment pas et ne rejette pas le produit P1 et P3.



P1 : 50% Dan Tchad + 50% Mil ; **P2** : 50% L1 Dan Cameroun + 50% Mil ; **P3** : Témoin = 50 % + 50 % Blé.
Figure 17 : Appréciation des pâtes issues des mélanges 1

Il ressort de l'analyse de la figure 17 que 80% des panélistes trouvent P1 acceptable, suivi des produits P2 et P3 avec des pourcentages respectifs de 60% et 90%, 30% des panélistes acceptent moyennement P2 et enfin 10% pour chacun acceptant le produit P1 et P2.

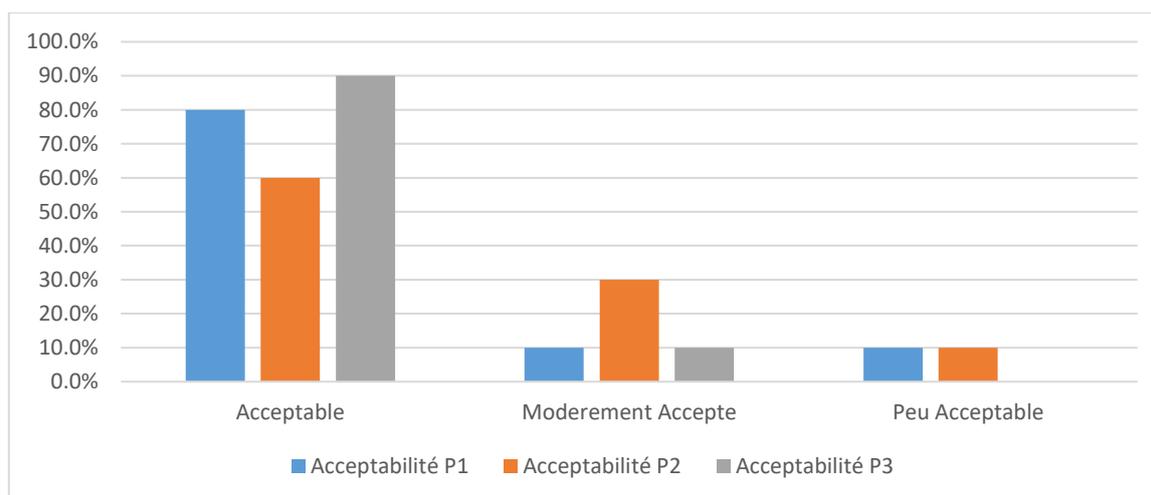
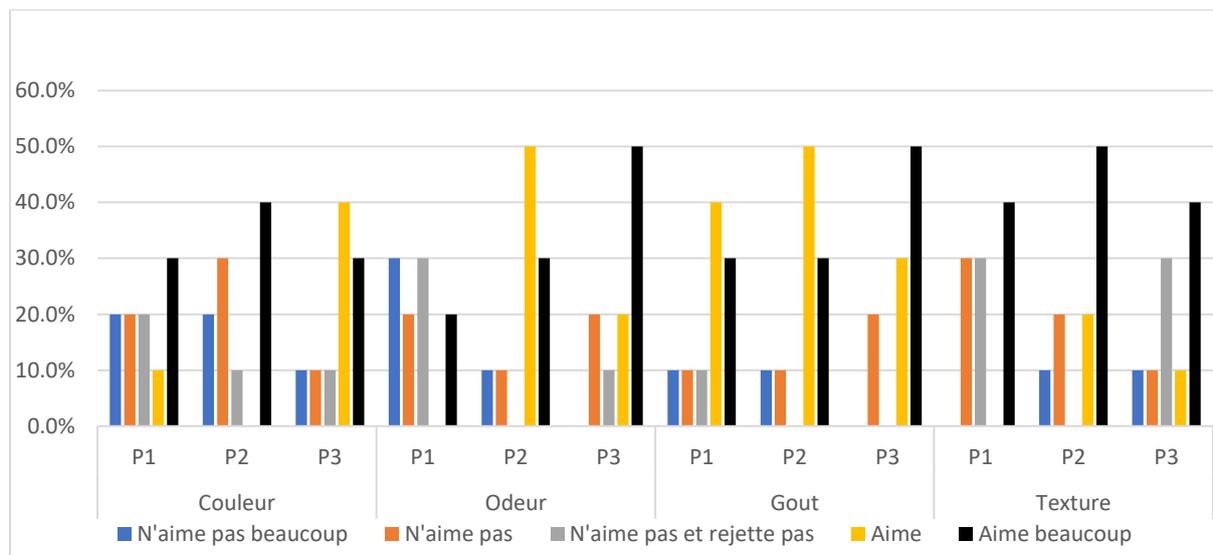


Figure 18 : Acceptabilité des pâtes issues des mélanges 1

D'après la figure 18, les produits P2 et P3 ont été plus appréciés respectivement par les panelistes avec les mentions aime et aime beaucoup au niveau des paramètres couleur (40% des panelistes aime beaucoup le P2 et 40% aime le P3), odeur (50% des panelistes aime le P2 et 50% aime beaucoup le P3), goût (50% des panelistes aime beaucoup le P2 et 50% aime beaucoup le P3) et la texture (50% des panelistes aime beaucoup le P2) que le produit P1 qui a été apprécié par la couleur (10% des panelistes aime et 30% l'aime beaucoup), l'odeur (20% des panelistes aime beaucoup), le goût (40% aime et 30% aime beaucoup) et enfin la texture (40% aime beaucoup).



P1 : 50% farine de Dan Izallah + 50% farine de sorgho ; **P2** : 50% farine de L2 Dan Bénin + 50% farine de sorgho ; **P3** : 100% farine de sorgho.

Figure 19 : Appréciation des pâtes issues des mélanges 2

Le résultat de la figure 19 indique que 90% des panélistes acceptent plus le produit P3, 70% suivi du produit P1 et 60% acceptent P2

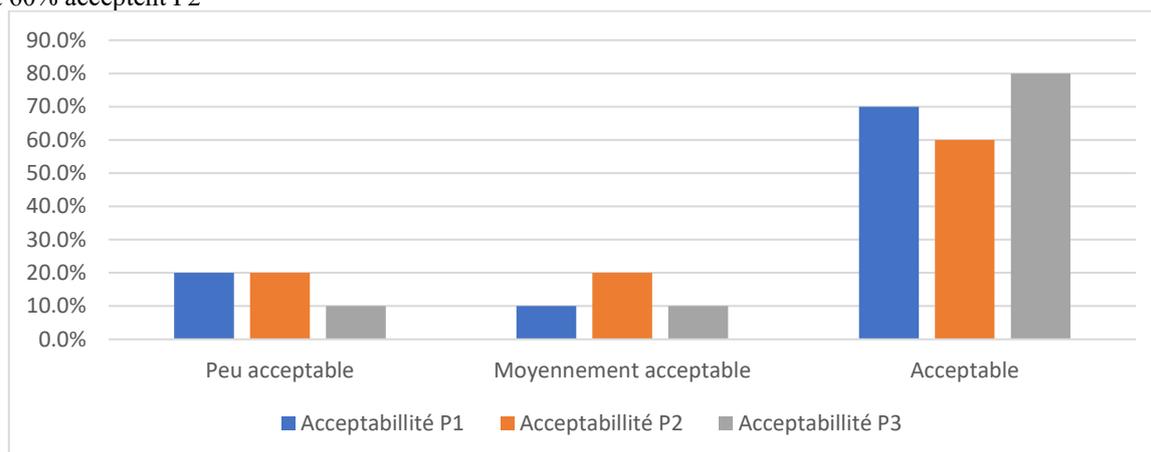
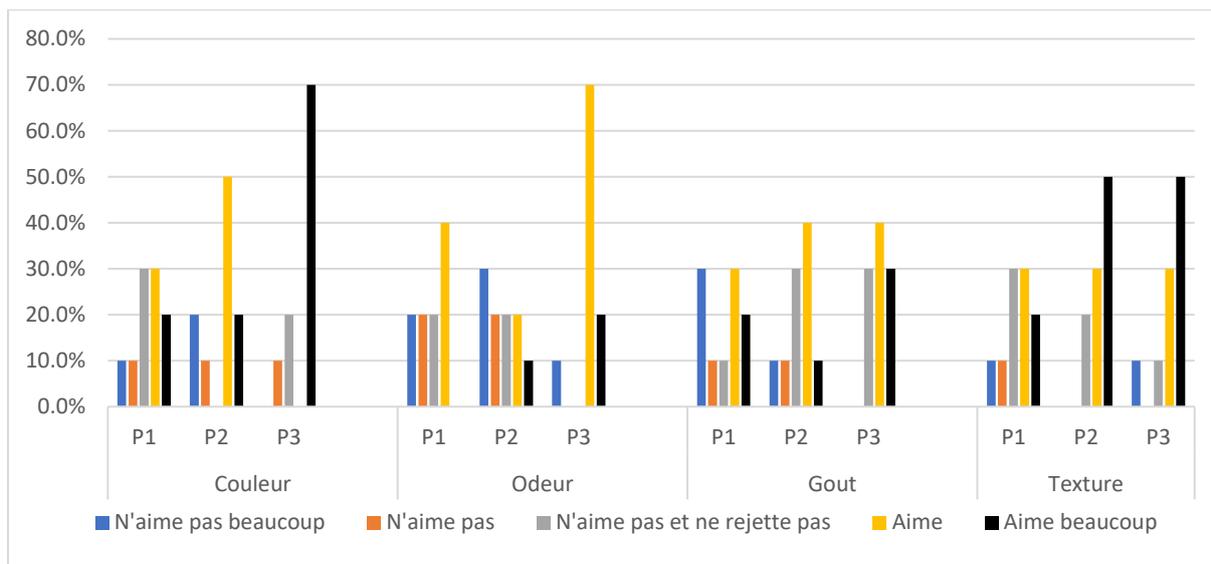


Figure 20 : Acceptabilité des pâtes, enjeux des mélanges 2

Appréciation des pâtes des formulations du mélange 3

Selon les résultats de la figure 21, la couleur et l'odeur du produit P3 ont été les plus appréciées avec 70% de la mention (aime beaucoup et aime), suivi de la texture des produits P2 et P3 avec des mentions égales (50% des panélistes rappellent les produits avec la mention aime beaucoup et 30% avec aime) et quant au goût il est moins apprécié par rapport aux paramètres, 30% pour chaque produit (n'aime pas beaucoup et n'aime et ne rejette pas).



P1 : 50% de farine de Dan Maradi + 50% de farine de maïs ; **P2** : 50% de farine de Dan Cameroun + 50% de farine de maïs ; **P3** : 100% maïs.

Figure 21 : Appréciation des différents paramètres (couleur, odeur, goût et texture) des pâtes issues du mélange 3.

Il ressort de la figure 22 que les panélistes acceptent plus le P3, suivi du P2 et P1 avec des pourcentages respectifs 90%, 80% et 50%, ensuite 40% acceptent moyennement P1, suivi 20% pour le P2 et enfin 10% pour P3 contre 10% des panélistes qui acceptent le produit P1.

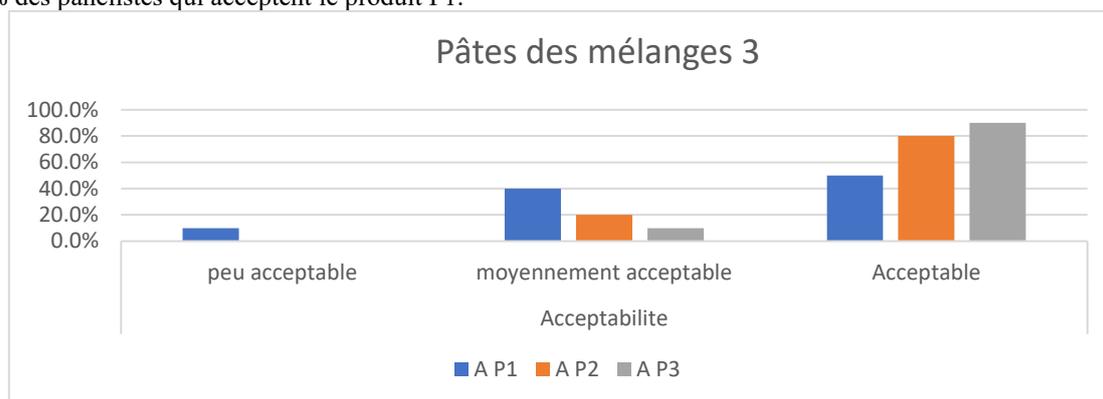
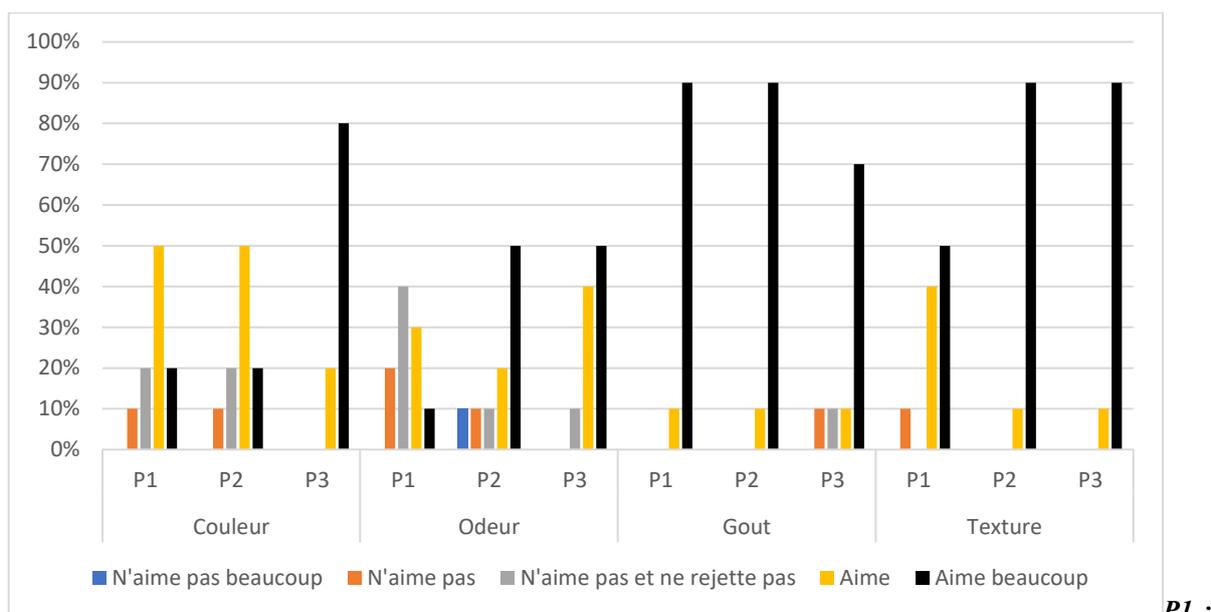


Figure 22 : Acceptabilité des pâtes issues du mélange 3.

Appréciation des pâtes des formulations du mélange 4

Le résultat de l'analyse de la figure 23 montre que la mention aime beaucoup dominer pour de tous les paramètres recherchés, mais varie selon les produits. Elle est de 80% pour la couleur au niveau du produit P3, 50% pour le P2 et P3 au niveau de l'odeur, 90% pour le produit P1 et P2 au niveau du goût et enfin 90% pour le produit P2 et P3 au niveau de la texture.



P1 : 50% de farine de Jirani Goboroua + 50% de farine de riz ; **P2 :** 50% de farine de Fock + 50% de farine de riz ; **P3 :** 50% de farine de blé + 50% de farine de riz.

Figure 23 : Appréciation des pâtes issues des mélanges 4

D'après les analyses de la figure 23, 100% des panélistes trouvent que les produits P1 et P2 sont acceptables et quant au produit P1, 70% trouvent qu'il est acceptable contre 20% moyennement acceptable.

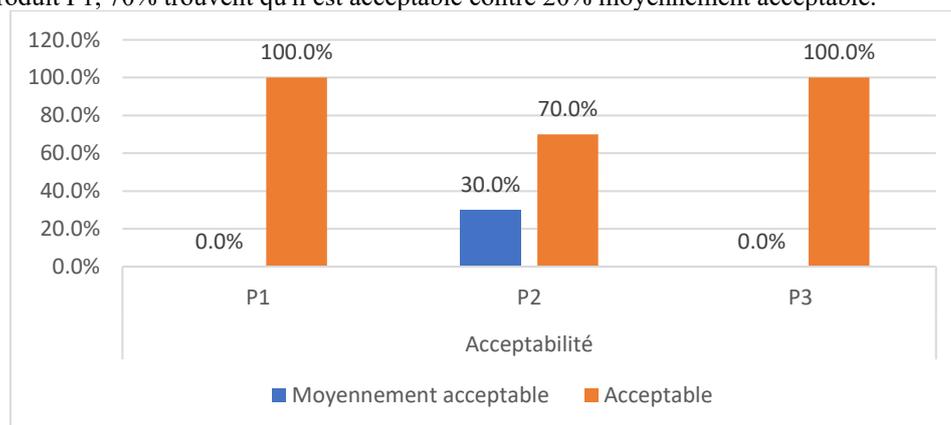


Figure 24 : Acceptabilité des pâtes issues des mélanges 4

IV. Discussion

Cette étude constitue un référentiel de base pour l'utilisation des tubercules de patate douce pour la fabrication des pains, de pâte ainsi que la bouillie. Cependant, le procédé de production de ces farines a révélé que les opérations de production sont essentiellement artisanales car la majeure partie de ces opérations étaient purement manuelles.

D'après les résultats des rendements de production des farines élaborées, le plus élevé est observé au niveau de la variété L2 dan Bénin (avec 21,72%). Ce rendement est supérieur à ceux de Ndéye et Doumouya (2010) qui avaient trouvé 20% et inférieur à celui du CTA (2008) qui avait trouvé 25%. Cette différence pourrait être due à la distinction des procédés de transformation utilisés, car le râpage, suivi du trempage font perdre beaucoup d'amidon.

Les résultats des analyses physico-chimiques révèlent que la variété jan dankali possède à la fois la plus forte teneur moyenne en eau ($7,13 \pm 0,06\%$) et le plus grand pourcentage en protéines ($5,94 \pm 0,12\%$), lipides ($2,33\%$), cendres ($6,13 \pm 0,01\%$), calcium ($2,10 \text{ mg}/100\text{g MS}$) et sodium ($999,06 \text{ mg}/100\text{g ms}$). Ces valeurs sont toutes supérieures à celles N' dangui , (2015) à part sa teneur en eau ($8,0 \pm 0,1\%$) et en calcium (qui varie de $67,6 \pm 0,7$ et $120,6 \pm 0,6 \text{ mg}/100\text{g}$ pour N' dangui , (2015)). La teneur en eau est un paramètre très important dans le stockage des farines. En effet, une teneur en eau des farines ne doit pas dépasser 12%, car au-delà de ce pourcentage, l'eau peut favoriser le développement des micro-organismes et en ce qui concerne la teneur en

protéine des farines de patate douce, elle est généralement faible (comprise entre 1,0 - 8,5%), (N'danguï , 2015). Par contre cette variété présente des teneurs glucidiques et énergétiques moins élevées par rapport aux autres. Ceci pourrait être dû à la différence des variétés ou des procédés de transformation utilisés.

Par ailleurs, l'analyse du profil microbien des différentes farines de patate douce met en évidence la présence d'une population microbienne diversifiée. Ces micro-organismes sont également présents à des proportions peu variables selon le type de farine. Ceci a été mis en évidence par l'existence de différence significative au niveau de la fréquence d'isolement de la flore aérobie mésophile totale (FMAT) , des Coliformes totaux, des Levures et Moisissures et des *Escherichia. Coli (E. Coli)*. Les résultats observés sont en dessous de la norme (FCD, 2024), en plus il n'y a pas de différence significative entre les charges microbiennes d'un échantillon à un autre et d'un germe à une autre, suite à l'absence totale des *E. Coli* a été observée. Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'ils sont traités dans les mêmes conditions techniques et environnementales.

Le test de panification à un taux de substitution de 50 et 60% de farine de blé a été effectué respectivement pour toutes les variétés, c'est-à-dire deux types de pain par variété. Soient 16 types de pains différents et un autre de 100% blé qui a servi comme témoin. Lors du pétrissage pour une même quantité d'eau, les pâtes du mélange des farines *Dan Izallah* /blé et celle du mélange de *Fock* /blé étaient plus collantes que les autres pâtes. Ceci peut être dû aux variétés ou à la couleur de la chair de ces tubercules. Il a été remarqué que visuellement le volume spécifique et l'élasticité des pains diminuent en fonction du taux de substitution de la farine de patate douce d'une variété à une autre. Après refroidissement, ces pains deviennent durs, alors qu'à 25% voire 30% même ils gardent leurs textures initiales. Selon Balla (1999), avec un taux de substitution de 30 %, il est possible d'avoir des pains comparables au pain de 100 % blé. Aussi, parmi toutes ces variétés de pains élaborés, il n'y a que trois qui présentent des mies aérées, à savoir la variété *Fock* , *Dan Tchad* et *Jirani Goboroua* . Lorsque le taux de substitution est au-delà de 25 %, un défaut majeur apparaît, c'est-à-dire la mie des pains manque de cohésion (N'danguï , 2015). Cette dernière a une structure grossière, non homogène. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les différentes farines de patate douce ne contiennent pas de gluten.

De même pour le test de production des pâtes, les formulations décrites ont servi à la réalisation des pâtes avec une même quantité d'eau. Cependant, il a été constaté lors de la préparation des pâtes que l'eau est en excès pour le mélange de la farine de *Dan Izallah* /sorgho et *Fock* /riz, par contre elle est peu pour le mélange *Jirani goboroua* /riz, *Dan Maradi* /maïs et *L2 Dan Bénin*/ Sorgho. Ce qui est à la base des duretés de certaines pâtes, parce qu'elles n'ont pas eu suffisamment d'eau.

En ce qui concerne l'élasticité (la souplesse des pâtes), les pâtes issues des mélanges de la farine de blé et la farine d'une autre céréale sont plus souples que celles des mélanges de la farine des céréales et patate douce. Cela s'explique par le fait que la farine du blé contient du gluten alors que celles de la patate douce n'en contiennent pas. Mais pour ce qui est de la couleur et du goût des pâtes, ils sont plus prononcés au niveau des pâtes issues des farines de patate douce (trop sucrée pour les pâtes obtenues à partir des variétés *Dan Izallah* , *Fock* , *dan Tchad* et *dan Cameroun*) qu'au niveau des pâtes issues de la farine de blé (goût neutre). Ce goût sucré de certaines variétés est dû à la cuisson car à l'état cru elles ne sont pas sucrées, c'est le cas de la variété *Dan Izallah* qui est même un peu salé.

Selon les résultats de l'acceptabilité des pains, les échantillons les plus acceptables ont été E7, E13, E9, E11, E3, E1 et E14. En plus de cela, l'échantillon E7 est plus apprécié que l'échantillon E17 qui est le témoin, alors que les moins acceptables ont été l'échantillon E6, E5 et E8.

V. Conclusion

Ceci a pour but de contribuer à promouvoir l'utilisation des tubercules de patate a permis d'élaborer neuf (9) types de farines qui diffèrent de couleur selon les variétés, ainsi que les analyses des propriétés physico-chimiques, microbiologiques et fonctionnelles (de façon indirecte). De ce fait, il a été constaté lors du processus d'élaboration de ces farines que le râpage et trempage font perdre beaucoup d'amidon, ce qui a contribué à la diminution des rendements des farines et de leurs qualités nutritionnelles (par exemple le calcium qui varie de 0,70 à 2,10 mg/100g MS). Cependant, les résultats des analyses physico-chimiques ont révélé que la variété *jan dankali* occupe le pourcentage le plus élevé en humidité, protéine, lipide, cendre, calcium et sodium que les autres variétés, alors qu'il présente les pourcentages les plus faibles en glucide, potassium et densité énergétique. Les résultats des analyses microbiologiques ont montré que ces farines élaborées présentent des charges microbiennes qui sont en dessous des seuils fixés par la Norme. Au cours des tests fonctionnels, il a été constaté que les variétés à chair blanche (variétés *Dan Izallah* et *Fock*) absorbant moins d'eau que les autres variétés. Ainsi, parmi toutes les variétés de pains élaborés, il n'y a que les pains à base de la variété *Fock* , *Dan Tchad* et *Jirani Goboroua* qui présente des mies aérées. De plus, une diminution du volume des pains, avec un changement de couleur et de texture ont été observés en fonction du taux d'incorporation de farine de patate douce . Ainsi, le goût des pâtes qui contiennent la farine de patate douce est plus prononcé que celles contenant du blé. Et quant à la texture, les pâtes à base du blé sont plus souples que celles à base de la patate douce. En fin pour ce qui est de l'acceptabilité des produits élaborés, il ressort que le pain le plus apprécié est le pain issu de 50% *Dan Tchad* (80% des panelistes

l'apprécient) et les pâtes les plus appréciées sont celles du mélange *Jirani Goboroua* /Riz et Blé/Riz (avec 100% de panélistes pour chacune des pâtes).

Référence bibliographique

- [1]. Ndéye , TT, et Doumouya , S. (2010). Institut de technologie alimentaire, guide de valorisation de patate douce en Maurritani . 24P ;
- [2]. Ndangu , CB (2015). Production et caractérisation de farine de patate douce (*Ipomoea batatas* . Lam) : optimisation de la technologie de panification. Thèses et Doctorat. Faculté des Sciences et Techniques. Université Marien Ngouabi. Consulté le 12 avril 2024. 151p. Disponible sur : 33NDANGUI-CB-DDOC_T_2015_0059_NDANGUI.pdf.;
- [3]. Balla, A., 1990. Etude des propriétés interfaciales du gluten et des protéines du sorgho en vue de la panification. Thèse de Doctorat, Faculté Universitaire des Sciences de Gembloux. 196p ;
- [4]. FAO. (2021). Bases de données statistiques de la FAO Bases de données . Consulté le 27/07/202. Disponible sur <https://www.fao.org/faostat/en/#home> .
- [5]. Younoussa, IA (2023). Caractérisation phénotypique des lignées avancées de la patate douce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam]. Rapport de fin de cycle. IPDR de kollo /Région de Tillabéri . 33 p.
- [6]. Stathers , T., Low, J., Carey, T., Mwanga , R., Njoku , J., Tumwegamire , S., Malinga , J. et Andrade, M. (2013a). Origine et importance de la patate douce : Sélection variétale et caractéristiques de la patate douce. Centre International de la Pomme de Terre. Nairobi/Kenya. Vol. 1, 91p ;
- [7]. CTA (2008). Centre technique de coopération agricole et rurale (ACP-UE) : fabrication de cossettes et de farine de patate douce, CTA Postbus 380, 67800, éditeur par Wageningen AJ, Pays-Bas : Collection Guides pratiques du CTA, N°6 ;
- [8]. Bonne route . (1991). L'importance et les perspectives de l'industrie de transformation de l'amidon de patate douce. Consulté le 15 avril 2024. Disponible sur fr.goodwaychina.com ;
- [9]. Owori , C., Berga , L., Mwanga , ROM, Namutebi , A., et Kapinga , R. (2007). Livres de recettes, de la patate douce : produits transformés de la patate douce de l'Afrique Orientale et Centrale. Kampala-Ouganda. 93p ;
- [10]. Bi Voko , DR, Ahonzo-Niamke , SD, et Zeze , A. (2013). Impact des propriétés physicochimiques des sols de culture du manioc sur l'abondance et la diversité des communautés de champignons mycorhiziens à arbuscules dans la zone agro écologique d' azaguie . Sud-est de la Côte d'Ivoire. Agronomie Africaine. 25(3) : 251 – 264 ;