

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMERY de Tizi Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques



**Département des sciences
alimentaire**

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Alimentaire.

Spécialité : Sécurité agro-alimentaire et assurance qualité.

Le 27/06/2024

Thème

**Amélioration des qualités sensorielles et
nutritionnelles des farines sans gluten**

Réalisé par :

M HADJICI Lahlou
Mlle HOUCHE Zahoua

Encadré par :

Mme Hammad I MCB

Membres de jury :

Mme BENMALLEM REMANE Y Présidente Faculté des sciences biologiques et agronomiques

Mme ADDAR L MCB Maitre conférence Examinatrice

Faculté des sciences biologiques et agronomiques

Année universitaire : 2023-2024



Remerciement

Tout d'abord, nous exprimons notre profonde gratitude envers le « BON DIEU » pour nous avoir donnés la volonté, la santé, la puissance et la patience nécessaire de mener à terme ce modeste travail.

Mes vifs remerciements vont à tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce document, plus précisément :

Madame HAMMAD Imane, pour son encadrement, sa disponibilité, son écoute et ses précieux conseils qui nous ont aidé à perfectionné ce projet de fin d'études, que ce travail puisse lui traduire notre gratitude.

Le laboratoire « Contrôle de la qualité & de conformité ASSIL-LAB, Ain Bessam BOUIRA », plus particulièrement monsieur RANDJI qui nous a ouvert les portes de son laboratoire, pour leurs accueils chaleureux et leur guidance tout au long de notre travail.

Le laboratoire de la faculté sciences biologique et sciences agronomique, plus particulièrement les ingénieurs de laboratoire.

Sans oublier nos parents, nos familles de nous avoir soutenus et encourager durant notre cursus.

Au membre du jury, Mme ADDAR Et Mme BENMALLEM Qiont accepté d'examiner ce travail.

Au final, nous exprimons notre gratitude pour tous les enseignants de la faculté des sciences biologique et sciences agronomique de l'UMMTO, qui nous ont fourni tout le savoir nécessaire pour notre formation, MERCI à vous tous !

Dédicace

Ma source de tendresse, l'exemple de dévouement, « MA MERE » honorable, affable, aimable à tout représentée pour moi le symbole de bonté par excellence, ma source de tendresse, qui n'a pas cessé de m'encourager. Ta prière et ta bénédiction m'ont été un grand secours pour mener à bien mes études. Que Dieu te préserve et t'accorde santé et une longue vie.

Cher papa je te dédie mon travail à toi exceptionnellement, toi qui étais et tu es toujours là pour moi pour me soutenir et me protéger, je suis heureuse de t'offrir ma réussite espérant que ça soit le premier pat pour te rendre une partie de bien que tu m'as offert.

À ma chère sœur Lola, son mari Yazan et leur petit ange
Arsine.

À mes chers frères Amar, Mouh et Hmimi que dieu vous
protèges.

À mes chères amies Kahina, Djidji, Ryma, Kamy, Fafache,
Ghanou, Dyhia, thiziri sans oublier ma très chère cousine Sadjia.

À mes amis Djahid, Lahlou, Hcene, Farid et à tous mes
collègues de promo SAAAQ ainsi que mes profs.

Enfin je remercie mon binôme Lahlou pour ses efforts et la
réalisation de ce modeste travail.

zahou

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

À ma chère mère,

À mon cher père,

Qui m'ont doté d'une éducation digne, nulle dédicace n'est susceptible de vous exprimer mes profondes affections et mes immenses gratitudees pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mes études et mon éducation. J'implore le tout puissant pour qu'il vous accorde une bonne santé et une longue et heureuse vie.

À mon adorable frères Amazigh et mes chères sœur Djidji, Tinhinane et ma petite Alicia, que dieu vous protèges et vous gardes à mes côtés.

À toutes ma famille, mes proches, mes amis et tout êtres chers à mes yeux et tous les gens qui m'ont soutenu et encouragé.

À ma chère binôme Zahou pour son dévouement dans le travail et ses encouragement et soutien durant toute cette période.

MERCI À VOUS TOUS !

LAHLOU

Table des matières

LISTE DES TABLEAUX :	10
LISTES DES FIGURES :	11
LISTE DES ABREVIATIONS :	12
INTRODUCTION.....	13
PARTIE I : BIBLIOGRAPHIE.....	16
<i>I. CHAPITRE I : PATATE DOUCE</i>	17
1. Origine et taxonomie :	17
2. Description botanique et culture :	18
3. Composition chimique et valeur nutritive :	19
4. Transformation en farine :	21
<i>II. CHAPITRE II : LE MAÏS</i>	22
1. Définition :	22
2. Origine :	23
3. Structure et composition de grain de maïs :	23
a. Composition de grain de maïs :	23
4. Transformation du maïs en farine :	24
<i>III. CHAPITRE III: LE RIZ</i>	25
1. Généralités sur le riz.....	25
2. Caractéristiques botaniques de riz :	26
a. Morphologie du riz :	26
3. Structure et composition biochimique du riz :	26
a. Structure du grain de riz :	26
4. Composition biochimique du riz :	27
a. L'amidon :	27
b. Les protéines :	27
c. Les vitamines :	28
d. Les minéraux :	28
5. La farine de riz :	29
a. Processus de transformation du riz :	29
b. La méthode traditionnelle :	29
c. La méthode industrielle :	30
<i>IV. CHAPITRE IV : AGENTS TEXTURANTS</i>	31

1.	Les gommés alimentaires :	31
a.	Définition et origine :	31
b.	Utilisations :	32
c.	Classification des gommés :	33
d.	Propriété fonctionnelle des gommés :	33
e.	Méthode d'extraction :	34
2.	Les féculés de pomme de terre :	35
a.	Fécule de pomme de terre :	35
b.	Méthode de fabrication :	36
c.	Caractéristiques :	36
d.	Utilisations :	37
3.	Amidon de maïs :	38
a.	Définition :	38
b.	Structures et composition des granules d'amidon de maïs :	39
V.	<i>CHAPITRE VI : TEST DESCRIPTIF</i>	41
1.	Tests descriptifs :	41
2.	Le panel sensoriel :	41
	PARTIE II : MATERIELS ET METHODES	44
	Matériels et méthodes.....	45
I.	Matériels biologiques :	45
II.	Méthodes :	45
1.	Échantillonnage et production des farines :	45
2.	Préparation des mélanges :	48
III.	Caractérisation nutritionnelle des farines :	48
1.	Détermination de la teneur en lipides :	48
2.	Détermination de la teneur en sucres totaux :	49
3.	Détermination de la teneur en eau et en matière sèche :	50
4.	Dosage des cendres :	51
IV.	Analyse sensorielle :	52
	PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS	53
	Résultats et discussions	54
I.	Caractéristiques physico-chimiques des farines :	54
1.	Teneur en sucres :	54

2.	Teneur en eau :.....	55
3.	Teneur en cendres :.....	55
4.	Teneur en lipides :.....	56
II.	L'analyse sensorielle :	56
1.	Qualité sensorielle des farines :	56
2.	La qualité sensorielle des crêpes (figure 12) :	57
CONCLUSION		60
REFERENCE :		62
ANNEXES		72

Résumé

Les plantes amylacées jouent un rôle essentiel dans la sécurité alimentaire en Afrique et dans les zones tropicales. Elles se caractérisent par une teneur élevée en amidon, ne contiennent pas de gluten et peuvent donc être une excellente source de glucides, y compris pour les sujets atteints de maladie cœliaque. L'objectif de ce travail est d'améliorer la qualité sensorielle et nutritionnel des farines sans gluten et l'aptitude technologique de six mélanges de farine: mélange 1 (40% maïs + 20% patate douce (PD) + 40% riz), mélange 2 (30% maïs + 30% PD + 40% riz), mélange 3 (20% maïs + 50% PD + 30% riz), mélange 4 (A1) (10g PD, 50g maïs, 10g riz, 10g amidon de maïs, 15g féculent de pomme de terre (FPT), 5g gommes (3g Guar ; 2g Arabica)), mélange 5 (A2) (30g PD, 30g maïs, 10g riz, 22g amidon de maïs, 5g FPT, 3g gommes (2g Guar ; 1g Arabica)) , mélange 6 (A3) (40g PD, 30g maïs, 10g riz, 10g amidon de maïs, 10g FPT, 0g gommes).

Les caractéristiques nutritionnelles ont révélé que la farine A3 présente la teneur en sucres la plus élevée, tandis que la farine M3 présente la teneur en cendres la plus élevée. Il n'y a pas de grande différence concernant la teneur en lipides dans toutes les farines. Les farines analysées possèdent une humidité conforme aux normes nationales et internationales.

L'évaluation sensorielle réalisé sur nos crêpes (1, 2, 3) fabriqués à partir des mélanges A1, A2 et A3 à montrer que la crêpe 3 présente une saveur sucré meilleure par rapport aux autres crêpes, et que la crêpe 1 présente une texture onctueuse et élasticité meilleur que les autres. L'étude a démontré que les farines A3 et M3 présentent une qualité nutritionnelle élevée et meilleure, et que les crêpes A1 et A3 présentent une qualité sensorielle globale supérieure comparativement aux autres crêpes.

Summary

Starchy plants play an essential role in food security in Africa and tropical areas. They are characterized by a high starch content, do not contain gluten and can therefore be an excellent source of carbohydrates, including for people with celiac disease.

The objective of this work is to improve the sensory and nutritional quality of gluten-free flours and the technological suitability of six flour mixtures: based on corn, rice, sweet potato, corn starch, potato starch and food gums in the manufacture of gluten-free flours. nutritional and organoleptic quality, intended for all categories of people and in particular for patients suffering from celiac disease and diabetes. Six (6) formulations were tested: mixture 1 (M1) (40% corn + 20% sweet potato + 40% rice), mixture 2 (M2) (30% corn + 30% sweet potato + 40% rice) , mixture 3 (M3) (20% corn + 50% sweet potato + 30% rice), mixture 4 (A1) (10g sweet potato, 50g corn, 10g rice, 10g corn starch, 15g potato starch , 5g gums (3g Guar; 2g Arabica)), mix 5 (A2) (30g sweet potato, 30g corn, 10g rice, 22g corn starch, 5g potato starch, 3g gums (2g Guar; 1g Arabica)), mix 6 (A3) (40g sweet potato, 30g corn, 10g rice, 10g corn starch, 10g potato starch, 0g gums).

Flour production technology is essentially based on transformation processes such as sorting, washing, spinning, drying, milling. The nutritional characteristics revealed a lipid content varying between 1.02 and 1.31%, sugars with a content varying between 2.88% and 3.69% and an ash content varying between $0.28 \pm 0.04\%$ and $1.12 \pm 0.025\%$, our pancakes have a humidity lower than 1.50% (Varies between 0.71% and 1.44%).

Sensory and organoleptic analyzes of the flours have shown that all of them present good quality in terms of flavor, odor (absence of any unpleasant smell) with a homogeneous texture and creamy color.

The sensory evaluation carried out on our pancakes (1, 2, 3) made from mixtures A1, A2 and A3 showed that pancake 3 has a high overall sensory quality as well as a better sweet flavor compared to others, and that the pancake 1 has a creamy texture and better elasticity than the other pancakes. The study demonstrated that A3 and M3 flours have higher and better nutritional quality, and that A1 and A3 pancakes have higher overall sensory quality compared to other pancakes.

ملخص

تلعب النباتات النشوية دوراً أساسياً في الأمن الغذائي في أفريقيا والمناطق الاستوائية. وتتميز باحتوائها على نسبة عالية من النشا، ولا تحتوي على الغلوتين، وبالتالي يمكن أن تكون مصدرًا ممتازًا للكربوهيدرات، بما في ذلك للأشخاص الذين يعانون من مرض الاضطرابات الهضمية. الهدف من هذا العمل هو تحسين الجودة الحسية والغذائية للدقيق الخالي من الغلوتين والملاءمة التكنولوجية لسنة مخاليط دقيق تعتمد على الذرة والأرز والبطاطا الحلوة ونشا الذرة ونشا البطاطس والعلكة الغذائية في صناعة الدقيق الخالي من الغلوتين ذو الجودة الغذائية والعضوية والمخصص لجميع الفئات للأشخاص وخاصة المرضى الذين يعانون من مرض الاضطرابات الهضمية والسكري. تم اختبار ستة (6) تركيبات: خليط M1 (40% ذرة + 20% بطاطا حلوة + 40% أرز)، خليط M2 (30% ذرة + 30% بطاطا حلوة + 40% أرز)، خليط M3 (20% ذرة + 50% بطاطا حلوة + 30% أرز)، خليط A1 (10 جرام بطاطا حلوة، 50 جرام ذرة، 10 جرام أرز، 10 جرام نشا الذرة، 15 جرام نشا البطاطس، 5 جرام صمغ (3 جرام جوار) 2 جرام أرابيكا)، خليط A2 (30 جرام بطاطا حلوة، 30 جرام ذرة، 10 جرام أرز، 22 جرام نشاء الذرة، 5 جرام نشا البطاطس، 3 جرام صمغ (2 جرام جوار)؛ 1 جرام أرابيكا)، خليط A3 (40 جرام بطاطا حلوة، 30 جرام ذرة، 10 جرام أرز، 10 جرام نشا الذرة، 10 جرام نشا البطاطس، 0 جرام صمغ). تعتمد تكنولوجيا إنتاج الدقيق بشكل أساسي على عمليات التحويل مثل الفرز والغسيل والغزل والتجفيف والطحن. كشفت الخصائص الغذائية عن محتوى دهني يتراوح بين 1.02 و 1.31%، ومحتوى سكريات يتراوح بين 2.88% و 3.69% ومحتوى رماد يتراوح بين 0.04±0.28% و 0.025±1.12%، وتتميز فطائرنا برطوبة أقل من 1.50% (يتراوح بين 0.71% و 1.44%).

أظهرت التحاليل الحسية للدقيق أن جميعها ذات نوعية جيدة من حيث النكهة والرائحة (عدم وجود أي رائحة كريهة) ذات قوام متجانس ولون كريمي.

أظهر التقييم الحسي الذي تم إجراؤه على فطائرنا (1، 2، 3) المصنوعة من الخلطات A1 و A2 و A3 أن الفطيرة 3 تتمتع بجودة حسية عامة عالية بالإضافة إلى نكهة حلوة أفضل مقارنة بالفطائر الأخرى، وأن فطيرة 1 تحتوي على ملمس كريمي ومرونة أفضل من الآخرين. أظهرت الدراسة أن الدقيق A3 و M3 يتمتع بجودة غذائية أعلى وأفضل، وأن الفطائر A1 و A3 تتمتع بجودة حسية إجمالية أعلى مقارنة بالفطائر الأخرى.

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau I : composition moyenne des tubercules de patates douce.

Tableau II : Composition chimique du maïs

Tableau III : Composition chimique de riz blanc (Ciqual 2024)

Tableau IV : classifications des gommes selon leur origine et leur composition en monomères constitutifs

Tableau V : compositions nutritionnelle des féculs de pomme de terre (%)

Tableau VI : Descripteurs sensoriels couramment utilisés en analyse sensorielle sur notre produit.

Tableau VII : Taux de sucres dans les farines initiales

Tableau VIII : Teneur en cendre (%) des farines initiales

Tableau IX : teneur en cendres, en eau et en lipides (%) des différents mélanges

Tableau X : Caractéristique organoleptique de différents mix de farines sans gluten

LISTES DES FIGURES :

Figure 01 : Schéma des différents types de racines

Figure 02 : La structure du grain de maïs suivant une coupe longitudinale

Figure 03 : Coupe longitudinale du grain de riz

Figure 04 : schéma de transformation du maïs en farine

Figure 05 : schéma de transformation du riz en farine.

Figure 06 : schéma de transformation de la patate douce en farine

Figure 07 : Taux de sucres dans les différents mix de farines sans gluten.

Figure 08 : Diagramme en toile des trois crêpes.

LISTE DES ABREVIATIONS :

PD : Patate douce

FPT : Fécule de pomme de terre

APL : Acide polylactique

Aw : Activité de l'eau

FAO : Organisation des nations unie pour l'alimentation et l'agriculture (Food and agriculture organisation)

AFLP : Amplified fragment length polymorphism

NASA : National aeronautic and space agency

OMS : Organisation mondiale de la santé

Mi : Masse initiale

Mf : Masse finale

H : Humidité

Ms : Matière sèche

INTRODUCTION

Les graines céréalières peuvent être considérées depuis des millénaires comme des produits d'intérêt nutritionnel en raison de leurs valeurs énergétiques, bien qu'elles soient déficientes en acides aminés tels que la glutamine et la tyrosine (Doukani et al. 2013), ils apportent cependant la plus grande part des protéines de la ration. Les céréales fournissent 57 % de protéines consommées contre 23 % apportées par les tubercules et les légumineuses ainsi que 20 % par les produits d'origine animale (Godon 1982).

Il existe trois groupes de céréales majeures qui correspondent à 75% de la consommation céréalière mondiale. Un premier grand groupe est formé par : le blé, l'orge, le seigle, et l'avoine. Ces céréales sont originaires du croissant fertile berceau des civilisations accidentelles dont le point de départ se trouve au Moyen-Orient.

Un deuxième grand groupe est formé par le maïs ; Le dernier grand groupe est le riz (Clerget 2011). La filière céréalière constitue l'une des principales filières de la production agricole en Afrique. En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (Djermoun 2009).

La patate douce est aujourd'hui la septième culture mondiale avec plus de 133 millions de tonnes produites chaque année. Près de 98% de cette production est cultivée dans les pays en développement. Des caractéristiques agronomiques telles qu'une large adaptabilité, une forte productivité, un cycle court et une forte valeur nutritionnelle font de la patate douce une culture particulièrement importante pour la sécurité alimentaire dans les pays soumis à de fortes pressions anthropiques et vulnérables aux changements climatiques (Roullier 2010).

Les gommages alimentaires sont des substances polysaccharidiques et/ou protéiques obtenues par exsudation naturelle ou provoquée, de certains matériaux biologiques et qui ont une habilité à épaissir, gélifier et/ou à stabiliser les systèmes aqueux. En effet, une fois que les gommages sont solubilisés dans un système aqueux, les propriétés de ces dernières vont dépendre de la forme que vont adopter ces macromolécules en solution, de leur rigidité et de leurs possibilités de s'associer entre elles (Glicksman 2020) .

L'amidon de pomme de terre est un polysaccharide d'origine végétale qui constitue la principale réserve glucidique des plantes supérieures. Il représente une fraction pondérale importante dans un grand nombre de matière première agricole telle que les céréales (30 à 70 %), les tubercules (60 à 90 %) et les légumineuses (25 à 50 %). L'amidon est la principale source d'énergie dans

l'alimentation animale et humaine. La moitié de la production industrielle mondiale de l'amidon est destinée à l'alimentation humaine (BOURSIER 2005). L'amidon est la substance organique de réserve énergétique principale des végétaux. L'Amidon est également une substance indispensable à l'alimentation de l'homme et des animaux (diah ElhaQ n.d.).

Ce travail a pour objectif d'améliorer la qualité sensorielle et nutritionnel des farines sans gluten à base de maïs, riz et PD, en introduisant des agents texturants : FPT, amidon de maïs et gommés alimentaire (guar et arabica). Ce projet est constitué de trois parties, une partie de synthèse bibliographique est relative aux généralités sur les gommés alimentaire, l'amidon de maïs, les FPT, le riz, le maïs et patate douce et ses transformations en farines. La seconde partie décrit les analyses faites sur les farines et la dernière partie traite l'interprétation des résultats obtenus.

PARTIE I : BIBLIOGRAPHIE



Chapitre I

La patate douce

I. CHAPITRE I : PATATE DOUCE

1. Origine et taxonomie :

La patate douce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), de la famille des Convolvulaceae, est une culture vivrière importante, largement cultivée dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées chaudes (Sihachakr et al. n.d.) Elle a été introduite en Europe occidentale depuis les Antilles après le premier voyage de Colomb en 1492. Au XVIe siècle, des explorateurs portugais ont transféré la PD en Afrique, en Inde, en Asie du Sud-Est et aux Indes orientales, tandis que le transfert direct de la plante était effectué par des galions commerciaux espagnols du Mexique aux Philippines. Des études récentes sur l'évaluation de la diversité génétique à l'aide de l'AFLP suggèrent que l'introduction préhistorique en Océanie pourrait se faire à partir de la PD mésoaméricaine par dispersion naturelle (Rossel, Kriegner, and Zhang 2001). Les pays asiatiques, notamment la Chine, sont les principaux producteurs avec 113,6 Mt en 2004, soit 88,9 % de la production mondiale (FAO, 2004).

La PD a été identifiée comme une culture de sécurité alimentaire car elle contient des quantités raisonnables de différents composés tels que le β -carotène, l'acide ascorbique, les polyphénols, les fibres alimentaires ainsi que les vitamines, les minéraux et les protéines (Motsa, Modi, and Mabhaudhi 2015). Ses variétés les plus couramment obtenues ont des tubercules racinaires violets, jaunes et blancs en raison de la teneur distincte en composés phénoliques et en pigments dans leurs tubercules racinaires (Tang, Cai, and Xu 2015; Tanaka, Sasaki, and Ohmiya 2008).

Elle est riche en amidon, protéines, vitamines, minéraux et fibres (Nzamwita, Duodu, and Minnaar 2017; Wang et al. 2020 ; Zhang et al. 2017). De plus, elle contient des composés phytochimiques bioactifs tels que des polyphénols qui exercent des effets antioxydants et anticancéreux (Liu et al. 2016; Zhu and Sun 2019). Commercialement, les patates douces sont principalement transformées en amidon, chips et frites (Tong et al. 2020 ; Zhang et al. 2017). Ces dernières années, de nombreux pays ont utilisé la patate douce comme aliment de base ; par conséquent, leurs produits transformés en profondeur, tels que le pain, le mantou et les nouilles, qui satisfont aux habitudes alimentaires des résidents, sont étudiés et développés (Azeem, Mu, and Zhang 2021; Liu et al. 2016; Zhang et al. 2017; Zhu and Sun 2019). Les PD étant difficiles à conserver, il est préférable de les transformer en farine, ce qui non seulement maintient efficacement leur composition nutritive, mais prolonge également leur durée de conservation.

2. Description botanique et culture :

La PD se reproduit exclusivement par voie végétative, soit à partir de tubercules entiers ou de fragments de ceux-ci, soit à partir de portions de tiges de 20 à 50 cm de long comportant 3 à 4 nœuds (CAVALCANTE ALVES 1996).

Les racines sont de plusieurs types (Figure 1), (BOUHASSAN 1984) :

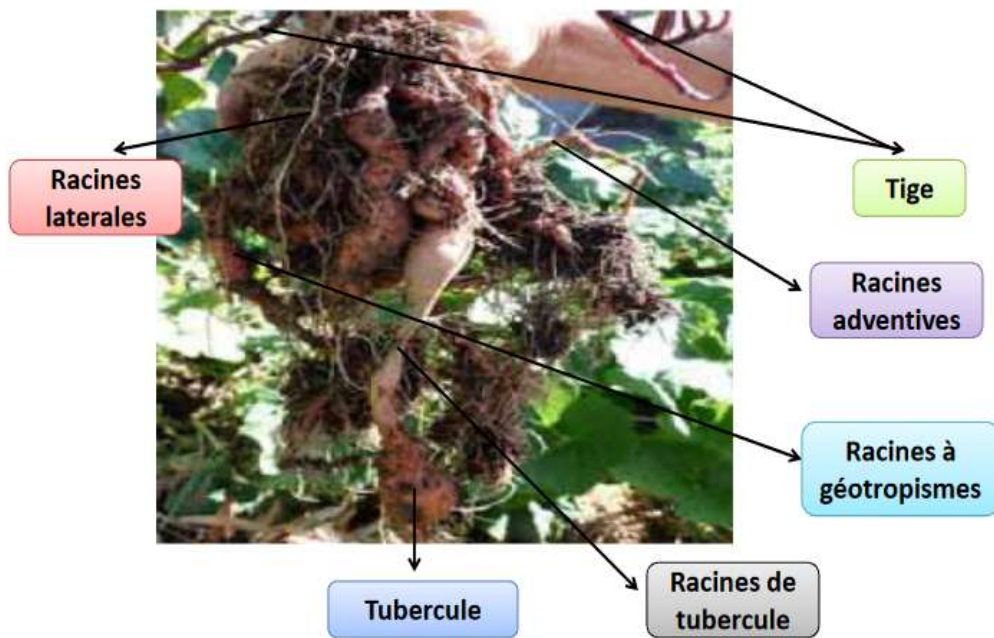


Figure 01 : Schéma des différents types de racines.

- Les racines adventives : ce sont des racines qui se développent directement sur la tige. Elles comprennent les racines à géotropisme positif ou celles qui sont porteuses de tubercules (racines fines et épaisses) dont certaines peuvent accumuler des réserves pour former les racines tubérisées ;
- Les racines latérales, qui apparaissent sur des racines déjà existantes ;
- Les racines de tubercule, qui prennent naissance sur les tubercules.

3. Composition chimique et valeur nutritive :

La composition chimique de la PD 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 ci-dessus présente la composition chimique et nutritionnelle de tubercules de patate douce :

Tableau I : composition moyenne des tubercules de PD.

Constituant	Teneur moyenne	Min	Max
Energie, Règlement UE N° 1169/2011 (kcal/100 g)	86,3		
Protéines, N x 6.25 (g/100 g)	1,51	0,1	1,99
Glucides (g/100 g)	18,3	13	
Lipides (g/100 g)	0,15	0,02	0,4
Sucres (g/100 g)	5,64	4,18	7,1
AG saturés (g/100 g)	0,064	0,018	0,11
Sel chlorure de sodium (g/100 g)	0,098	0,0093	0,14

(<https://ciqual.anses.fr>)

La PD est énergétique, riche en vitamines et en minéraux (potassium majoritairement), en fibres alimentaires et en protéines. En outre, elle est composée de plus de 80 % de glucides (en base sèche), principalement sous forme d'amidon. Selon les travaux de Nepa (2006), sa teneur en sucres et en amidon est fortement dépendante de la variété : les glucides varient de 13,4 à 29,2 % dont 4,8 à 7,8 % de sucres réducteurs, 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 (59,1 - 77,7 %) et elle contient peu de protéines (2,0 - 2,9 %) et de lipides (0,3 - 0,8 %) (de Estudos and em Alimentação 2006) .

Les feuilles de la PD sont par contre assez riches en protéines et peuvent être utilisées pour l'alimentation humaine mais surtout animale. Certaines recherches menées aux Etats-Unis et à Taïwan ont montré que les protéines ne sont pas distribuées de la même façon dans les racines tubérisées. Les concentrations sont plus importantes dans les parties proximales que dans les terminaisons distales, ainsi que sur la couche extérieure de la chair qui est malheureusement perdue lors de l'épluchage du tubercule (Lebot 2010).

La PD contient des minéraux variés : calcium (30 mg / 100 g), phosphore (49 mg / 100 g), potassium (273 mg / 100 g), magnésium (24 mg / 100 g), soufre (26 mg / 100 g) et sodium (13 mg / 100 g). Selon les données d'UNIFESP (2008), les feuilles de la PD sont également très nutritives et peuvent être consommées comme n'importe quel autre légume vert (www.unifesp.br).

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 PD 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 and Bouwkamp. J. C 1985).

4. Transformation en farine :

Le type de transformation le plus courant en Afrique est la conversion en farine. Les tubercules de PD, pelés et coupés en petits morceaux, puis séchés et broyés, donnent une farine de couleur diverse suivant les variétés. La PD est quelquefois découpée en tranches et séchée au soleil, puis réduite en farine pour la fabrication de pain et de confiseries. L'incorporation de cette farine aux pâtes alimentaires reste limitée en Afrique. L'utilisation de la farine de PD en pâtisserie donne des résultats acceptables, mais difficiles à mettre en œuvre et à diffuser en raison des habitudes alimentaires (Bell et al. 2000). Au Congo-Brazzaville, des efforts sont entrepris dans ce domaine.



Chapitre II

Le maïs

II. CHAPITRE II : LE MAÏS

1. Définition :

Le maïs est une culture essentielle, utilisée pour l'alimentation humaine et la production d'huile de maïs (Hu and Schmidhalter 2005). Elle est la première céréale produite au monde. La production mondiale de maïs a augmenté. Les rendements élevés et l'importante production en Amérique du Nord et en Amérique centrale sont principalement dus aux Etats-Unis, qui produisent davantage que des pays comme le Mexique où le maïs est la principale céréale de base (Lobell, Schlenker, and Costa-Roberts 2011).

Le grain de maïs est utilisée sous plusieurs forme (cuit, grillé, en salade, en soupe) la transformation du maïs permet d'obtenir une gamme variée de produits comme les semoules ; farine pour la préparation d'akassa, pâtes, galettes, etc., grains humidifiés pour la production des farines fermentées traditionnellement servant de farine de base pour la préparation de diverses bouillies d'akassa (Maybelline and A 2012).

2. Origine :

La culture du maïs a probablement commencé en Amérique centrale, notamment au Mexique. Le maïs a été introduit en Europe après la découverte de l'Amérique durant le XVI^e siècle et de là en Afrique et en Asie, à partir de l'Espagne il s'est répandu dans l'Europe du sud, le Proche-Orient et l'Afrique du nord pour coloniser, au XVII^e siècle, toutes les zones de cultures traditionnelles (Iram et Meriem, 2013).

3. Structure et composition de grain de maïs :

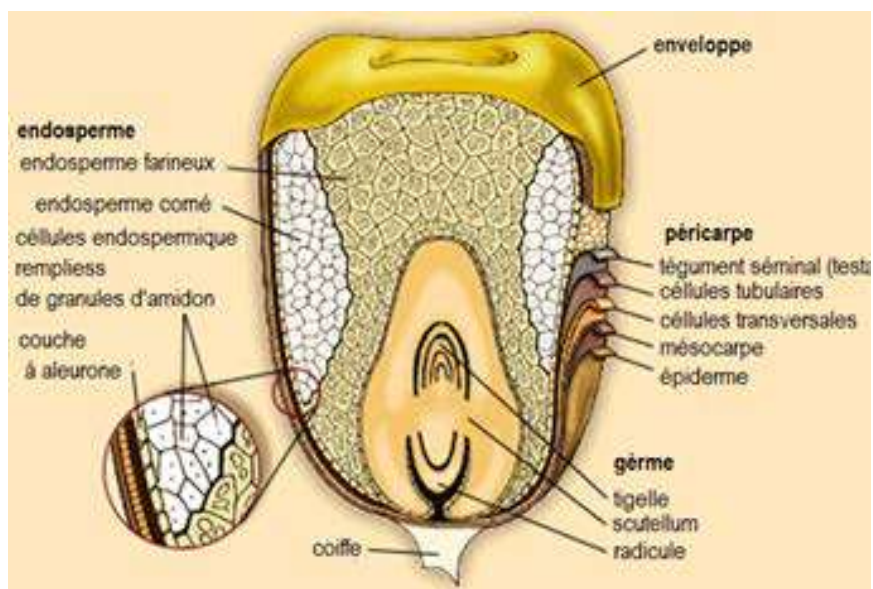


Figure 02 : La structure du grain de maïs suivant une coupe longitudinale (Iram et Meriem, 2013).

a. Composition de grain de maïs :

À l'instar de nombreux produits biologiques, le grain de maïs est caractérisé par une grande hétérogénéité et une complexité de sa structure physique. Comparativement à d'autres céréales (riz, blé, avoine), le maïs est couvert d'une pellicule qui occupe une proportion relativement faible (~5%) de la masse totale du grain. Son embryon (germe), qui occupe une position subcentrale, représente environ 11% de poids total du grain et est constitué de 33% d'huile ainsi que des protéines autres que celles de stockage (Li and Vassal 2004). (Figure 02)

Tableau II : Composition chimique du maïs (%) :

	Amidon	Protéines	Lipides	Sucres libres	Cendres
Grain entier	71,50	10,30	4,80	1,97	1,44
Endosperme	86,40	9,40	0,80	0,64	0,31
Germe	8,20	18,80	34,50	10,81	10,10
Enveloppe	7,30	3,70	1,00	0,34	0,84
Funicules	5,30	9,10	3,8	1,61	1,59

(Li and Vassal 2004)

4. Transformation du maïs en farine :

La farine de maïs fait partie des ingrédients courants les plus utilisés dans les préparations culinaires. Elle est utilisée comme une alternative à la farine de blé car son apport calorique est similaire. Toutefois, la farine de maïs offre un pourcentage d'environ 4,5 % dans les grains entiers pourcentage plus élevé que celui de la farine de blé. Le pourcentage de fibres y est également beaucoup plus élevé, de même que leur contenu en vitamines B. De ce fait, la farine de maïs est un bon nutriment à intégrer dans l'alimentation. Après la récolte, les grains sont stockés dans des silos. Pour mieux conserver les grains de maïs, l'humidité doit être inférieure à la « norme commerciale » de 15 % de matières humides. Dans ces conditions, la durée du stockage peut atteindre 18 mois maximum. Traditionnellement, une meilleure conservation de la farine nécessite de dégermer le grain (opération qui peut être réalisée de façon artisanale) (M and A 2012b) .

- Pour fabriquer la farine de maïs, il faut :

Les grains de maïs triés, lavés à l'eau distillée et séchés à l'étuve à 55 °C pendant 24 h. A la fin du séchage ensuite ces grains sont grillés et broyés au Moulinex. La farine de maïs a été obtenue après tamisage du broyat (maille 250 µm) (Sika et al. 2019).



Chpitre III

Le riz

III. CHAPITRE III: LE RIZ

1. Généralités sur le riz

La culture du riz est très ancienne et remonte au temps de la préhistoire. Cette culture a permis à de nombreux pays de se développer une certaine civilisation. Couramment on rencontre deux espèces qu'on considère comme les variétés principales :

- *Oryza glaberrima* Steud., originaire d'Afrique occidentale, du delta central du Niger au Sénégal.
- *Oryza sativa* L., originaire de l'Inde et dont la culture a gagné très rapidement l'Asie puis la Grèce et Rome, plus tard Madagascar, l'Afrique et l'Amérique.

Le riz appartient à la famille des graminées et au genre *Oryza sativa*. On distingue deux sous espèces :

- *Oryza sativa* var Japonica : grains ronds, paille courte
- *Oryza sativa* var Indica : grains longs et minces, tige de grande taille.

L'*Oryza sativa* est arrivé en Amérique dans la région de la Caroline en 1694 mais on ignore sa date d'introduction en Haïti et on classe les variétés de riz en :

- Riz précoce où son cycle végétatif peut aller jusqu'à 120 jours ;
- Riz de saison avec un cycle végétatif allant jusqu'à 160 jours ;
- Riz tardif, de cycle végétatif au-delà de 170 à 180 jours. (BOLIVAR, 2000)

2. Caractéristiques botaniques de riz :

a. Morphologie du riz :

Le riz est une plante herbacée annuelle avec une tige ronde recouverte, des feuilles sessiles plates en forme de lame et une panicule terminale. Le riz est adapté à un habitat aquatique. L'espèce cultivée traditionnellement en Afrique est *Oryzaglaberrima*. A la différence d'*Oryza sativa*, cette espèce ne possède pas de branches secondaires partant des branches primaires de la panicule. Il n'y a pas de ligule chez *Oryzaglaberrima*. Il y a aussi des différences mineures sur la pubescence du limbe. *O. glaberrima* est strictement annuelle (Lacharme 2001).

3. Structure et composition biochimique du riz :

a. Structure du grain de riz :

Le grain de riz (riz paille ou paddy) consiste en une enveloppe protectrice la balle qui constitue environ 20 % du paddy et en un caryopse ou fruit (riz brun, riz cargo ou riz décortiqué) (Juliano 1985). Le riz cargo comprend les couches externes du péricarpe, le tégument et le nucelle, ainsi que le germe ou l'embryon (tissu maternel) et l'albumen (l'endosperme) qui représente 90% du poids du composé de la couche subaleurone et la substance interne amyliacée. La couche à aleurone recouvre l'embryon. La pigmentation se limite au péricarpe (Figure 3).

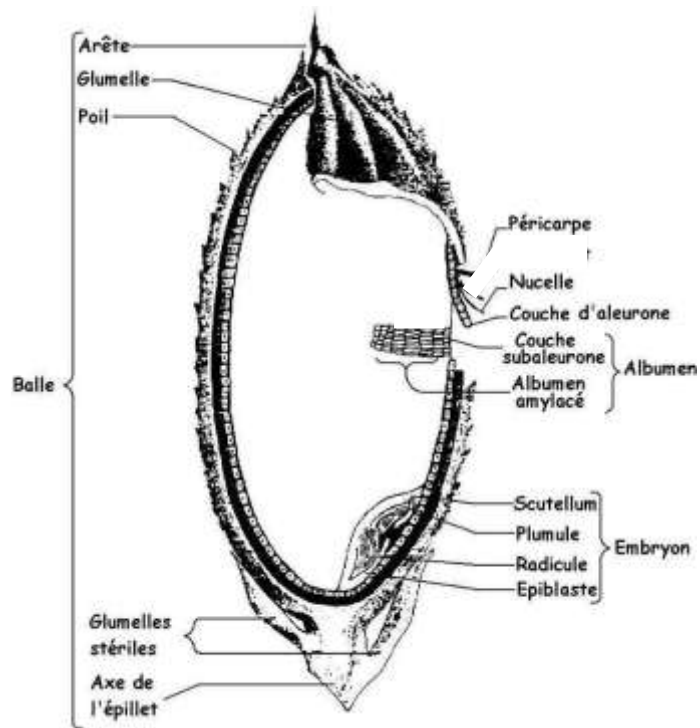


Figure 03 : Coupe longitudinale du grain de riz (Juliano 1985)

4. Composition biochimique du riz :

Les différentes étapes de l'usinage du riz entraînent une perte de lipides, de protéines, de fibres ainsi que des minéraux. En effet l'amidon est un constituant abondant dans le riz usiné.

a. L'amidon :

C'est le constituant majeur du riz usiné, il représente environ 90 % de l'extrait sec, il se trouve dans l'albumen. C'est un polymère d'une chaîne linéaire d'amylase (liaison α (1-4)) et de ramification d'amylopectine (liaison (α (1-6))).

b. Les protéines :

Les protéines du riz sont d'un point de vue nutritionnel parmi celles qui sont les moins équilibrées chez les céréales avec une teneur en lysine élevée (facteur limitant pour les produits céréaliers) (Juliano 1994). Le riz se distingue des autres céréales par sa teneur élevée en gluténines (solubles dans les alcalis) et faibles en prolamines (solubles dans les alcools).

c. Les vitamines :

Le son de riz renferme beaucoup plus de vitamines que les autres fractions d'usinage. Le riz est considéré comme une bonne source de vitamines, on retrouve les vitamines du groupe B (la thiamine B1, riboflavine B2, Niacine B3 et le tocophérol alpha), que l'on retrouve en grande partie dans la couche à aleurone et le germe d'où une perte vitaminique lors de l'usinage (Juliano 1985).

d. Les minéraux :

Les minéraux sont concentrés dans les couches extérieures du riz cargo ou dans la fraction constituée par le son. Dans le riz cargo, les minéraux sont répartis à raison de 52 % dans le son, 10 % dans le germe, 10 % dans les résidus de polissage et 28 % dans la fraction correspondant au riz usiné avec une distribution identique pour le fer, le phosphore et le potassium. Le riz usiné retient 63 % du sodium, 74 % du calcium et 83 % de la teneur en azote (Juliano 1985).

Tableau III : Composition chimique de riz blanc (Ciqual 2024)

Composition chimique	teneur moyenne
Eau (g/100g)	63,9
Protéines N x 6.25 (g/100g)	3,06
Glucides (g/100g)	31,8
Lipides (g/100g)	0.41

5. La farine de riz :

a. Processus de transformation du riz :

Différents procédés peuvent être utilisés pour transformer les grains de riz en d'autres produits dérivés. La connaissance de la structure du grain est capitale pour comprendre le choix des procédés utilisés en matière de transformation du riz. A la récolte, le riz est une céréale vêtue appelée paddy où le grain (ou caryopse) est encore entouré de ses glumes. Sa transformation nécessite d'abord une élimination de ces enveloppes extérieures (ou balles) pour récupérer le riz brun (appelé aussi riz cargo), puis une usure du péricarpe et du germe pour obtenir le riz blanc, forme sous laquelle, il est le plus souvent consommé (Cruz 1999).

b. La méthode traditionnelle :

Cette méthode consiste à broyer les grains de riz manuellement, elle se résume aux étapes suivantes (Cruz et al. 2020) :

- Mouillage, égouttage et séchage : Après la transformation primaire du riz, les grains obtenus vont être pesés à l'aide d'une balance afin de déterminer la masse à utiliser pour les prochaines étapes. Par la suite, ils seront plongés dans de l'eau pendant 30 min, puis ils seront placés dans un filtre afin de les égouttés pour enlever le surplus d'eau. Une fois finis, il faudra les récupérer et les placés dans un endroit ensoleillé pendant 10 min ce qui va permettre de diminuer la teneur en eau et facilitera l'opération suivante.

- Pilonnage et tamisage de farine du riz : Les grains humides obtenus après le séchage au soleil seront pilonnés manuellement à l'aide d'un mortier en bois et d'un pilon en bois. Les grains moulus seront tamisés à l'aide d'un tamis en plastique de maille très petite. Le tamisage est réalisé en effectuant un mouvement oscillatoire des mains. Cette opération a pour objectif d'enlever les grosses particules et d'avoir une farine ayant une granulométrie uniforme puis récupérer la farine dans un récipient sec et propre.

- Séchage de la farine : Après le tamisage, la farine sera éparpillée uniformément dans un endroit propre et ensoleillé pour réduire sa teneur en eau pendant 3 jours (Cruz et al. 2020).

c. La méthode industrielle :

Il existe également la méthode industrielle qui est plus d'actualité, elle donne un meilleur rendement, dans ce cas le riz passe par les étapes suivantes (BERGERT et al, 1989) :

- **Séchage et décortilage :**

Contrairement à la méthode traditionnelle, ce séchage peut durer de 3 à 8 heures, il s'effectue sur des nattes, sur des aires de séchage en ciment ou dans des séchoirs solaires, selon les conditions climatiques. On peut également utiliser des séchoirs électriques. Les grains séchés sont ensuite décortiqués, cette opération consiste à débarrasser le grain de son enveloppe (péricarpe) ainsi qu'une partie du germe. Le germe est riche en matières grasses qui provoquent le rancissement de la farine. La qualité du décortilage conditionne la qualité de la farine obtenue après la mouture. La qualité nutritionnelle des grains décortiqués varie selon les procédés employés (BERGERT et al, 1989).

- **La mouture :**

Avant la mouture, le riz est pesé pour le mettre dans un moulin à meules qui permet de broyer les grains entre deux surfaces abrasives. Le réglage de l'écartement des meules détermine la finesse de la farine. Plus les meules sont rapprochées, plus la farine est fine et le débit est faible. Ou bien dans des broyeurs à marteaux qui ont pour principe de pulvériser les grains en les projetant à grande vitesse contre la chambre de broyage. Après le broyage, il est nécessaire de contrôler la granulométrie de cette farine par un tamis qui va permettre d'avoir un produit fini uniforme. La farine est ensuite mise à refroidir dans des bassines couvertes (BERGERT et al, 1989).



CHAPITRE IV



AGENTS TEXTURANTS

IV. CHAPITRE IV : AGENTS TEXTURANTS

1. Les gommés alimentaires :

a. Définition et origine :

Selon (Glicksman 1969), le mot « gommés » à un sens considérablement plus élargi et sont appelées « gommés hydrosolubles ou hydrocolloïdes », des macromolécules biologiques solubles ou faciles à disperser dans l'eau et qui donnent des solutions de très haute viscosité et dans certains cas, des gels à faible concentration. On les appelle aussi parfois des colloïdes hydrophiles ou des mucilages.

Sur le plan chimique, les gommés alimentaires sont généralement de nature polysaccharidique (Glicksman, 1982). Les gommés sont utilisées pour épaissir les solutions (sauces, boissons), pour stabiliser les suspensions et les émulsions (sauces, laits chocolatés ...), pour fixer l'eau et retarder la cristallisation (produits de charcuterie, crèmes glacées...) et pour former des gels (dessert gélifiés, confitures...). Toutes ces utilisations dépendent étroitement des interactions qui se créent entre les macromolécules elles-mêmes et entre celles-ci et l'eau.

Parmi les meilleurs moyens et fournisseurs de ce type de gommés, on trouve AROMA ZONE, qui est un site web qui fournit toute types de gommés alimentaires et assure la livraison depuis la France (Avignon plus exactement) jusqu'au lieux de résidence de l'acheteur. ([Https://www.aroma-zone.com/](https://www.aroma-zone.com/))

b. Utilisations :

i. Gomme arabique

La gomme utilisée dans les industries n'est pas brute. Elle subit d'abord une étape de purification par voie sèche ou humide. Les sociétés commercialisent donc la gomme transformée sous forme de poudre, flocons et autres. Les produits proposés sont la gomme arabique concassée et tamisée, gomme arabique pulvérisée et la gomme arabique atomisée.

De par ses nombreuses propriétés physiques et chimiques, la gomme arabique trouve de nombreux domaines d'utilisation aussi bien dans les secteurs alimentaires que non alimentaires dans les pays développés. Pour des industries alimentaires, la gomme est utilisée pour l'aromatique (40% de la consommation mondiale), la confiserie (20%), la pâtisserie, la fabrication du sucre, la gomme à mâcher, les pastilles, les bières, les vins, etc.

Elle est aussi utilisée pour la stabilisation des produits congelés, la préparation des fruits confis, des gelées de fruits, des conserves, des viandes et des poissons, du lait chocolaté, etc. La gomme est en outre utilisée dans l'industrie pharmaceutique (8% de la consommation mondiale). Elle entre dans la fabrication de pastilles, de dragées, de sirops, de comprimés, des emplâtres, des laxatifs, des traitements d'hypertensions.

L'industrie cosmétique s'en sert dans la fabrication des fards, des savons liquides, des masques de beauté, des rouges à lèvres. Comme composant, elle entre dans la fabrication de colle ou est utilisée comme stabilisateur pour toute une gamme de produits industriels (imprimerie, textile, peinture, céramique) (Gautier et al. 2009).

ii. Gomme guar

La gomme de guar est utilisée comme émulsifiant, stabilisant mais essentiellement pour ses propriétés d'épaississant. Elle permet d'améliorer la texture et la durée de conservation des produits dans lesquels elle est présente. La gomme de guar a des capacités d'absorption d'eau très importantes et peut alors épaissir rapidement un mélange liquide. Elle ne contient pas de gluten, c'est pourquoi elle est devenue un aliment de base dans beaucoup de préparations sans gluten où elle le remplace. En effet, le gluten contenu dans la farine de blé agit comme un agent liant pour garder tous les ingrédients ensemble et il ajoute de l'élasticité à la pâte. La gomme de guar permet de remplacer le gluten afin de lier, d'émulsionner et d'épaissir une préparation. La gomme de guar a un pouvoir épaississant beaucoup plus important que de l'amidon de maïs ou de blé, c'est pourquoi il suffit d'une très petite quantité pour le même effet,

auquel cas la préparation sera lourde et assez indigeste, car trop riche en fibres (www.passeportsante.net).

c. Classification des gommes :

Suivant leurs origines, les gommes peuvent être classées en gommes d'origine végétale, gommes d'origine animale et gommes d'origine microbienne ou synthétique (tableau IV). Les gommes d'origine végétale sont extraites des arbres, d'arbustes feuillus et des algues tandis que celles d'origine animale qui sont pour la plupart des protéines, sont obtenues par hydrolyse partielle du collagène provenant de la peau, du tissu conjonctif et de la peau des animaux (cas de la gélatine) ou par précipitation acide du lait écrémé (cas des caséinates). Les gommes d'origine microbienne sont obtenues par synthèse de ces macromolécules par des souches sélectionnées de micro-organismes en conditions contrôlées dans les fermenteurs. Quant aux gommes synthétiques, elles sont obtenues par modification ou dérivation des gommes naturelles et par synthèse chimique (Glicksman 1969).

Tableau IV : classifications des gommes selon leur origine et leur composition en monomères constitutifs selon (Glicksman et al. 1969).

Origine	Gomme	Monomère constitutifs de gomme		Fonctions
Origine végétale	Gomme arabique	Galactose	arabinose	Epaississant
Exsudats de plantes		rhamnose	acide	stabilisant
		glucuronique		
Extrait de graines	Gomme guar	Galactose	mannose	Epaississant stabilisant

d. Propriété fonctionnelle des gommes :

Les propriétés fonctionnelles sont un ensemble de propriétés physico-chimiques et organoleptiques, déterminant la structure, la qualité technologique, la qualité nutritionnelle et l'acceptabilité d'un produit. Les polysaccharides d'origine naturelle ont été depuis des décennies utilisés dans les applications alimentaires pour leurs propriétés fonctionnelles. Ce sont principalement des polymères solubles dans l'eau provoquant une augmentation de la

viscosité du milieu aqueux. Plusieurs d'entre eux sont considérés comme des fibres alimentaires et sont donc non digestibles (Rinaudo 1994).

Certains polysaccharides sont fortement utilisés comme additifs pour modifier les propriétés fonctionnelles des préparations alimentaires en contrôlant la texture. Les principaux facteurs de choix d'un polysaccharide comme hydrocolloïde pour une application donnée dépendent essentiellement de son action sur l'eau (pouvoir épaississant, gélifiant, anti cristallisant...), de sa résistance aux traitements thermiques (congélation, chauffage...), de sa non-digestibilité et de l'influence du pH et de la température sur les propriétés visqueuses des solutions (Doublier 1975). A cet égard, les gommages polysaccharidiques peuvent avoir des fonctions épaississantes, gélifiantes, stabilisantes, émulsifiantes et texturants.

e. Méthode d'extraction :

Il existe plusieurs techniques d'extraction des gommages. Elles diffèrent avec la nature des gommages. Néanmoins, sur la base des travaux de (Ndjouenkeu et al. 1996; Vinod et al. 2008), il se dégage une technique de base d'extraction en solution aqueuse des gommages des écorces, des racines ou des graines. C'est une extraction solide-liquide où le solvant d'extraction est généralement de l'eau et le solide renfermant le soluté (gommages) est constitué de matières végétales. L'extraction se fait par infusion où les gommages souvent occluses dans les cellules sont extraites par osmose à travers les parois cellulaires. Elle consiste à introduire une quantité de matières végétales fraîches ou séchées et découpées en grosses ou fines particules dans de l'eau chaude ou à verser de l'eau chaude sur la matière végétale afin de dissoudre les gommages, puis à laisser refroidir le mélange. L'élévation de la température a une influence favorable, car elle accroît souvent la solubilité et la facilité de diffusion du soluté et diminue la viscosité du liquide. Toutefois, des températures trop hautes sont à éviter, car dans ces conditions, il peut y avoir non seulement dégradation des gommages mais aussi extraction des composés nuisibles et indésirables. L'agitation des particules dans le solvant, qui a pour but de maintenir la matière végétale en suspension dans le liquide et de faciliter la diffusion du soluté a une influence favorable sur l'extraction. En fonction de la nature des gommages, le pH du milieu influence significativement le rendement d'extraction (Ndjouenkeu et al. 1996) .



Fécules de pomme de terre

2. Les fécules de pomme de terre :

a. Fécule de pomme de terre :

Parmi tous les polymères glucidiques, l'amidon connaît actuellement une attention accrue en raison de son utilité dans différents produits alimentaires (Singh et al. 2009). Les principales sources d'amidon sont le maïs, le blé et la pomme de terre. Il faut 5 tonnes de pomme de terre (0.14 ha) ou 1.6 tonne de maïs (0.23 ha) ou 1.8 tonne de blé (0.33 ha) pour produire 1 tonne d'amidon (Rousselle, Crosnier, and Robert 1996). L'amidon est présent sous forme de granules distincts dans les cellules végétales et se compose principalement de deux polymères : l'amylose et l'amylopectine (Singh et al. 2009). La teneur en amylose de la fécule de pomme de terre (FPT) la FPT est de 23 à 31% pour les pommes de terre non modifiées génétiquement (Singh et al. 2009). La fécule est chimiquement un amidon, selon l'usage, le terme d'amidon est réservé aux céréales (amidon de blé, de maïs et de riz). Le terme fécule s'applique lorsque l'organe de réserve de la plante est une racine ou tubercule (Rousselle, Crosnier, and Robert 1996). La production totale de FPT est faible par rapport à la quantité totale d'amidon produit dans le monde (Grommers and Van Der Krogt 2009).

La composition de pomme de terre féculière (%) est résumée comme suite :

Tableau V : compositions nutritionnelle des féculs de pomme de terre (FPT) (%)

Fibre : cellulose et analogues	17.0
Protéine	1.4
Sucre soluble	0.3
Acides organiques et divers	0.3
Matières minérale	1.1
Eau	7.3

(Rousselle, Crosnier, and Robert 1996)

b. Méthode de fabrication :

La fabrication de la féculs est saisonnière : elle se déroule sur environ sept mois, de la mi-août à la mi-février. Lors de la réception des pommes de terre à l'usine, un échantillon est prélevé afin de déterminer la richesse féculière du lot (Grommers and Van Der Krogt 2009). Les pommes de terre sont ensuite acheminées vers un épierreur et un laveur, équipé d'un affaneur. Après lavage, elles sont râpées, opération qui a pour but de libérer une partie de l'amidon par la destruction des tissus. La râpure est débarrassée de son eau, appelée « jus de pomme de terre », par centrifugation, puis entraînée dans un bac de décantation où l'amidon est séparé de la pulpe par un courant d'eau traversant des tamis. La pulpe recueillie est soumise à un second râpage et subit une nouvelle extraction (Grommers and Van Der Krogt 2009). Ensuite, les jus de pomme de terre sont séparés de pommes de terre moulus, et puis la FPT et les fibres sont séparés et séchée pour être livrée (Grommers and Van Der Krogt 2009).

c. Caractéristiques :

Les FPT sont composées d'un mélange de deux polysaccharides, une fraction linéaire, l'amylose, et une fraction très ramifiée d'amylopectine. La teneur en amylose est entre 15 à 25% pour la plupart des amidons et contient, généralement, 0,01 à 0,6% (p / p) de phosphore dont il est présent comme monoesters de phosphate et de phospholipides.

Les propriétés physicochimiques de la FPT sont influencées par la teneur en amylose et en amylopectine, poids moléculaire et sa distribution, la longueur de chaîne et sa distribution, et la teneur en phosphore (Liu et al. 2009 ; Singh et al. 2009). Selon (Vasanthan et al. 1999) et

(Yusuph et al. 2003), la FPT est unique par rapport aux autres amidons (maïs, blé, riz, etc.). Cette singularité est due à :

- Grande taille des grains ;
- La pureté ;
- La teneur en amylose et à la longueur de la chaîne d'amylopectine ;
- La présence de groupes ester de phosphate sur l'amylopectine ;
- La capacité d'échanger certains cations avec des effets correspondants au comportement de la viscosité ;
- La capacité de former un gel épais viscoélastique lors du chauffage et de refroidissement ultérieur dans l'eau, et une mauvaise stabilité thermique et de cisaillement de ce gel ;
- Leur capacité à former des gels clairs lors de gélatinisation (Adebowalea et al. 2005).

d. Utilisations :

La fécule est largement utilisée dans les domaines alimentaires et non alimentaires (papier, carton, textiles, industries minières, de forage, adhésifs, etc.). A l'origine, elle était produite pour la panification, elle était ajoutée à la farine (Rousselle, Crosnier, and Robert 1996; Vasanthan et al. 1999 ; Singh et al. 2003).

L'ajout des petites quantités de FPT aide à conserver la fraîcheur du pain et confèrent également un caractère distinctif, saveur agréable et l'amélioration des qualités de grillage (Yánez et al. 1981 ; Willard 1993).

Très utilisée en cuisine pour épaissir les sauces, les flans ou les soupes, elle s'emploie également dans les domaines de la cosmétique, de l'industrie pharmaceutique et comme additif alimentaire : c'est un formidable agent texturant. Certains produits industriels, comme la vodka, les chips ou les purées, en contiennent.

Les personnes intolérantes au gluten apprécient tout particulièrement cette fécule puisqu'elle ne contient pas de gluten.

Afin d'améliorer la fonctionnalité des amidons et d'obtenir des propriétés requises pour des utilisations spécifiques, les amidons natifs sont généralement modifiés (physiquement ou

chimiquement) avant de les utiliser (Vasanthan et al. 1999; Grommers and Van Der Krogt 2009).

3. Amidon de maïs :

a. Définition :

L'étude de l'amidon peut être envisagée en le considérant soit comme une entité physique caractérisée par une diversité de forme et de taille (Singh et al. 2003) , soit comme une entité chimique composée principalement de polymères de glucose ayant une structure cristalline typique (Jenkins and Donald 1995) et présentant des comportements particuliers en fonction des conditions hydro-thermiques auxquelles ils ont été soumis et des interactions qu'ils peuvent établir avec d'autres constituants (Tolstoguzov 2003).

À l'état natif, l'amidon est insoluble dans l'eau froide et est constitué de granules dont la taille, la composition et les propriétés physico-chimiques et fonctionnelles dépendent de l'origine botanique (Seetharaman et al. 2001; Sandhu, Singh, and Malhi 2005) et des conditions de culture (Paterson et al. 2001; Hardacre and Clark 2006). Ces propriétés peuvent cependant évoluer en fonction des traitements auxquels les granules sont soumis dans leur mise en œuvre.

Les modifications que les traitements thermiques induisent sur les amidons ont l'avantage d'être perçues comme naturelles et sont de ce fait mieux acceptées par les consommateurs, comparativement aux modifications induites par voie chimique (Jacobs et al. 1998). La maîtrise de ces modifications nécessite cependant que les mécanismes mis en jeu dans la transformation de la structure des granules soient identifiés et les conditions de leur occurrence connues. Les connaissances sur la structure des amidons et les mécanismes de leurs transformations sont éparpillées et incomplètes (Tang, Mitsunaga, and Kawamura 2006). La présente revue synthétise les connaissances actuelles sur la structure des granules d'amidons de maïs et sur les réorganisations qu'ils subissent pendant leurs traitements thermiques.

b. Structures et composition des granules d'amidon de maïs :

Les granules d'amidon sont composés d'une proportion d'amylose et d'amylopectine variable selon la variété de maïs. (Seetharaman et al. 2001) rapportent des teneurs en amylose variant entre 16,1 et 23,3 % après analyse de 35 variétés différentes de maïs ; (Sandhu, Singh, and Malhi 2004) ont quant à eux observé des teneurs en amylose variant entre 15,3 et 25,1 %. Les amidons de certaines variétés sont essentiellement composés d'amylopectine, tandis que d'autres sont beaucoup plus riches en amylose (Rahman et al. 2007).

L'amylose est un homopolymère linéaire de 600 à 6000 unités D-glucosyl liées par des liaisons α -D-glucopyranoses (1-4) et par de très rares liaisons α -D-glycopyranoses (1-6). Il forme des complexes d'inclusion en présence d'acides gras, d'alcools, d'agents tensioactifs et d'autres composés apolaires (Kugimiya, Donovan, and Wong 1980 ; Tester and Morrison 1990 ; Schoch and Williams 1944). La formation de ces complexes peut modifier certaines propriétés fonctionnelles de l'amidon, dont notamment la résistance à l'hydrolyse enzymatique, l'aptitude des granules au gonflement et leur comportement rhéologique à l'empesage (KIM and SEIB 1993; Kar et al. 2005 ; Jaisut et al. 2008).

L'amylopectine est un homopolymère extrêmement ramifié, composé de dizaines de milliers d'unités glucose (sous la forme D-glucopyranose) et comportant des zones de ramification résultant de la formation de liaisons α -(1-6). Chez les céréales, l'amylopectine comporte principalement deux types de chaînes : les premières présentent un degré de polymérisation (DP) de l'ordre de 45 unités de glucose et forment le squelette sur lequel viennent se greffer des chaînes plus courtes du second type, ayant un DP compris entre 15 et 20 unités de glucose (Hizukuri 1985; Oates 1997) . L'amylopectine est le constituant majeur de la phase cristalline du granule. (Ji et al. 2004) associent la résistance thermique des amidons extraits de certaines lignées de maïs au pourcentage élevé de courtes chaînes d'amylopectine présent dans leurs parties cristallines. Cette résistance résulterait principalement du grand nombre de ramifications dans la structure cristalline de ces amidons, ce qui leur conférerait une plus grande résistance à la désarticulation pendant leur traitement thermique.

Les avantages de l'utilisation des fécules de maïs sont bien nombreux, c'est un épaississant beaucoup plus puissant que la farine ordinaire, ce qui signifie que vous devez utiliser beaucoup moins de farine de maïs pour obtenir le même effet voir un meilleur effet. C'est également un moyen sûr (à condition de vérifier l'emballage) d'améliorer la texture des plats sans gluten – elle peut être mélangée dans vos mix de pâtes pour rendre les gâteaux sans gluten plus tendres.

Un avantage supplémentaire de cette farine de céréale est que, lorsqu'elle est stockée dans de bonnes conditions, l'amidon de maïs peut durer presque indéfiniment, grâce à son absence de protéines périssables ou de matières grasses (www.schaer.com).

V. CHAPITRE VI : TEST DESCRIPTIF

1. Tests descriptifs :

Les étapes à suivre pour effectuer les tests descriptifs sont les suivantes :

- Fixer une fiche des descripteurs qui soit la plus exhaustive possible afin de répondre à toutes les exigences sensorielles des produits à évaluer (environ 5 à 20 descripteurs sensorielles). Par ailleurs, regrouper ces descripteurs en catégories sensorielles (textures, arômes, arrière-goûts) permet de faciliter l'évaluation des produits ;
- Une autre étape consiste à définir ces descripteurs ;
- La mesure de l'intensité pour chaque descripteur est effectuée à partir d'une échelle (structurée ou non) : structurée (par exemple 1 à 9 ou 0 à 5 : extrêmement désagréable / ni désagréable ni agréable / extrêmement agréable) et non structurée (trait) ;
- Le dégustateur peut noter des commentaires.

Enfin, des représentations graphiques (histogramme- graphique en radar...) sont réalisées afin d'établir le profil final des produits, (Cairncross and Sjostrom 2004).

2. Le panel sensoriel :

Le panel sensoriel est un groupe d'individus qui peuvent tester, juger des produits selon les règles établies. Le panel est composé de :

- Sujets « naïfs » : ne connaît ni le produit ni l'analyse sensorielle ;
- Sujets initiés : connaît le produit et l'analyse sensorielle ;
- Sujets qualifiés : connaît le produit, l'analyse sensorielle / entraîné, suivi, validé ;
- Sujets experts : sujets qualifiés qui ont une excellente acuité sensorielle, qui sont entraînés à l'utilisation des méthodes sensorielles et qui sont capable d'effectuer de façon fiable l'analyse sensorielle de divers produits.

Que veut-on du panel ?

- Qu'il comprenne la définition commune des termes ;
- Qu'il reconnaisse la sensation dans le produit ;
- Qu'il soit répétable, reproductible et discriminatif ;
- Qu'il soit sensible.

Recommandations générales :

- Être en bonne santé, signaler un état maladif ;
- Éviter les odeurs corporelles et cosmétiques ;
- Ne pas fumer, ne pas consommer ou utiliser des produits forts au moins une heure avant les épreuves ;
- Être ponctuel en toutes circonstances ;
- Respecter le silence ;
- Lire attentivement les questionnaires ;
- Se rincer la bouche aussi souvent que possible. (Afnor 2007) ; ACTIA (1999).

Tableau VI : Descripteurs sensoriels couramment utilisés en analyse sensorielle sur notre produit.

Descripteurs	Définition
Saveur	Propriété qu'ont certain corps de produire une sensation sur l'organe du gout. (Maria –Hélène LIARDO 2015)
Odeur	Réponse de notre cerveau a la reconnaissance d'une molécule perçue par nos Cils olfactifs. (Maria- Hélène LIARDO 2015)
Arome	Notion similaire à l'odeur, adaptée à la rétro-olfaction. Emanation odorante et agréable certaines substances végétales (l'arôme des fleurs, du café...) (Maria- Hélène LIARDO 2015)
La couleur	Le physicien étudie le lien entre la couleur et la lumière, les effets de la lumière sur la couleur les diverses possibilités de production des phénomènes colorés, le mélange de lumières colorées, la mesure et le classement des couleurs. Le chimiste s'intéresse à la matière colorante, à la manière dont l'objet modifie la couleur. conservation des couleurs, à la résistance des couleurs à la lumière et aux couleurs synthétiques L'action de la lumière et des couleurs sur le couple œil - cerveau concerne le physiologiste (Brusatin 1996).
La texture	L'analyse de texture consiste donc a analyser un produit alimentaire du point de vue de la sensation ressentie lorsque ce produit est mis en bouche avant son ingestion. En fait, on étend traditionnellement cette caractéristique en amont considérant que la vue du produit, sa tenue en main (ou sous la fourchette) sont également a prendre en compte .tous les sens sont ainsi concernés : le toucher lors de la prise du produit et de sa mise en bouche .la vue lors du choix, l'ouïe lors de la mastication .le gout et l'odorat théoriquement exclus, mais les études de psychorhéologie montrent que leur influence est impossible a éliminer des lors que les tests se font dans le cadre de jury de dégustation (B 1999).

PARTIE II : MATERIELS ET METHODES

Matériels et méthodes

Ce projet vise à améliorer la qualité nutritionnelle et sensorielle des farines sans gluten, dans le but de créer un mélange à base de ces farines qui offre une qualité nutritionnelle et sensorielle optimale.

Ce travail est effectué au sein du laboratoire de la faculté des science alimentaire, université MOULOUD MAMMERIE Tizi Ouzou, laboratoire de l'usine Moulin RANJI et laboratoire de contrôle de qualité & de conformité ASSIL-LAB, AIN BESSAM Bouira.

I. Matériels biologiques :

Le matériel biologique est constitué essentiellement de maïs, de riz, de PD, amidon de maïs, FPT et des gommes alimentaires.

Ces matières premières :

- Riz, amidon de maïs, PD et pomme de terre on était acheté au marché local de Tizi Ouzou (Hyperbas) ;
- Maïs est pris directement de l'usine de transformation à Bouira (Moulin Randji) ;
- (Gomme arabica ; gomme guar) marque FUFENG sont pris directement de l'usine de transformation à Bouira (Moulin Randji).

II. Méthodes :

1. Échantillonnage et production des farines :

a. Production de la farine de maïs :

Les graines de maïs sont broyées (en utilisant un broyeur électrique) jusqu'à ce que nous obtenions de la farine. Ensuite, la farine obtenue est tamisée à l'aide des tamis (200 μm).

Ce schéma résume la méthode de transformation de maïs (Figure 4) :

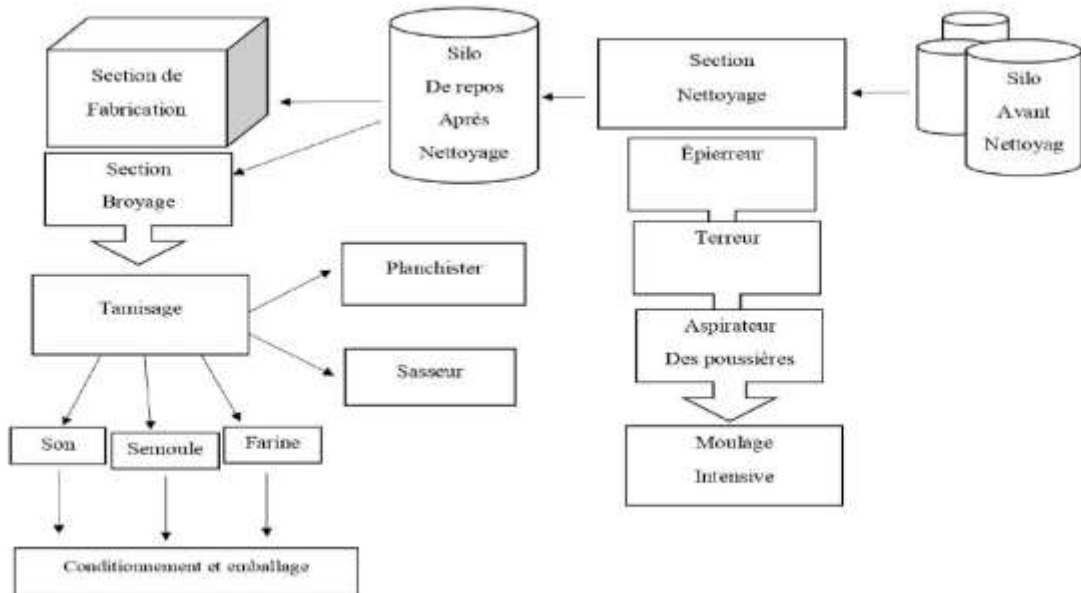


Figure 4 : schéma de transformation du maïs en farine (usine Moulin RANJI)

b. Production de la farine de riz :

Les grains de riz sont nettoyés, rincés, disposés sur une plaque de four et séchés pendant une heure à une température de 100°C. Une fois refroidis, les grains sont écrasés et broyée à l'aide d'un broyeur à sec de type 150, puis moulus jusqu'à obtention d'une poudre. Un tamis de 200µm est utilisé pour récupérer et tamiser la poudre. La farine est placée dans l'une des boîtes étanches. (Figure 05)

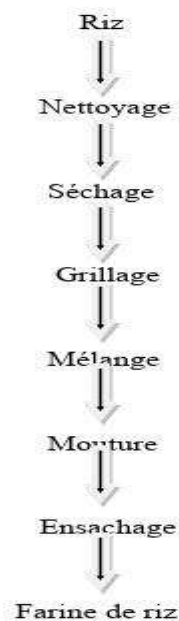


Figure 05 : schéma de transformation du riz en farine.

c. Production de la farine de la patate douce :

Les PD ont été achetés au marché local de Tizi Ouzou, traité soigneusement et lavé avec l'eau de source pour enlever toute impureté. Ensuite, ces tubercules de patate ont été éplucher à l'aide d'un éplucher manuelle puis immédiatement trempés dans l'eau pour éviter le brunissement (changement de coloration de la chair). Puis, à l'aide d'une rappe en inox, nous avons frotté les tubercules afin d'obtenir les plus fines tranches possibles pour qu'elles puissent sécher plus rapidement.

En ce qui concerne la partie séchage, nous avons utilisé un four à ventilateur. Les tranches sont étalées dans du papier absorbant pour éliminer tout l'eau qui reste et mises au même temps sur du papier cuisson afin d'éviter qu'elles soient brûlées. Le four est réglé à une température de 100° pendant maximum 3h de temps.

Les fines lamelles de PD séchées sont moulues à l'aide du broyeur à café (LEF 220V) pour obtenir une farine très fine. La farine obtenue est débarrassée des dernières impuretés à l'aide d'un tamis de 200 µm et conditionnée dans des boites fermées, à température ambiante pour empêcher des échanges d'humidité et stockées avant utilisation pour les analyses. (Figure

06)

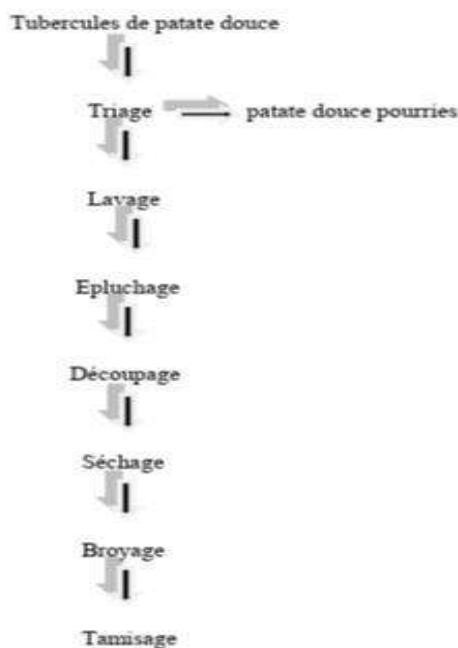


Figure 06 : schéma de transformation de la patate douce en farine.

2. Préparation des mélanges :

Six mélanges ont été préparés à partir de : farine de patate douce, farine de riz, la farine de maïs féculé de pomme de terre, maïzena et gomme alimentaire :

- Mélange 1 (M1) : 20g PD, 40g maïs, 40g riz ;
- Mélange 2 (M2) : 30g PD, 30g maïs, 40g riz ;
- Mélange 3 (M3) : 50g PD, 20g maïs, 30g riz ;
- Mélange 4 (A1) : 10g PD, 50g maïs, 10g riz, 10g amidon de maïs, 15g FPT, 5g gommes (3g Guar ; 2g Arabica) ;
- Mélange 5 (A2) : 30g PD, 30g maïs, 10g riz, 22g amidon de maïs, 5g FPT, 3g gommes (2g Guar ; 1g Arabica) ;
- Mélange 6 (A3) : 40g PD, 30g maïs, 10g riz, 10g amidon de maïs, 10g FPT, 0g gommes.

➤ Ensuite, ils ont été conservés dans des boîtes fermées à température ambiante.

III. Caractérisation nutritionnelle des farines :

Les analyses physicochimiques consistent à déterminer la composition et la qualité nutritionnelle des farines.

1. Détermination de la teneur en lipides :

Elle se fait par la méthode d'extraction réalisée dans un extracteur de type soxhlet à l'aide d'un solvant organique (le n hexane) (Lecoq, 1965).

Cette analyse est réalisée en plaçant l'extracteur sur un ballon contenant le solvant d'extraction (hexane) dans lequel on insère une cartouche d'extraction de cellulose 10g de l'échantillon à extraire.

Nous avons pris la cartouche, pesée étant vide dans laquelle nous avons mis 3g de l'échantillon, ensuite la cartouche avec l'échantillon a été mis dans le ballon d'extraction. Après 6h, cette dernière contenant l'échantillon a été pesés après l'extraction, puis nous avons déterminer la teneur en lipides avec une méthode de calcul.

Taux de lipide% de matière sèche = (PA – PB/m) 100

- **m** : la masse d'échantillon en gramme.
- **PA** : la masse de cartouche vide + le poids d'échantillon.
- **PB** : le poids de cartouche après l'extraction

2. Détermination de la teneur en sucres totaux :

La détermination de la quantité d'ose présente dans les mélanges est basée sur la détermination des sucres totaux selon la méthode de Dubois et al. (1956), également appelée la méthode Phénol/acide sulfurique.

Une quantité de 0,5 g est pesée de chaque échantillon dans un bêcher, 20 ml d'acide sulfurique 0,5 M sont ajoutée puis l'ensemble est placé dans l'étuve à 105°C pendant 3 heures.

Le contenu du bêcher est transféré dans une fiole de 500 ml (ajusté le volume avec de l'eau distillée jusqu'à 500ml), puis la solution est filtrée conservée à 4°C. A partir de ce filtrat, nous avons réalisé des dilutions de 1/3 ; 6 essais ont été préparé :

- Dans des tubes en pyrex (Ø 2cm), nous avons placés soigneusement 1 ml de chaque essai, puis nous avons ajouté 1 ml de phénol à 5% et 5ml d'acide sulfurique concentré (H₂SO₄) ;
- Après agitation (vortex) les tubes ont été maintenus dans l'étuve à 100°C pendant 5 minutes, puis laissés les dans l'obscurité pendant 30 minutes ;

Enfin, la densité optique a été lue à une longueur d'onde de 490 nm.

• Préparation de l'étalon

Pour chaque série de détermination, une gamme d'étalonnage est nécessaire, une solution mère (SM) de α D+ Glucose de concentration 100 μ g /ml a été préparée comme suit:

- Une solution de glucose de 0.01g / 100ml (100 μ g/ ml) a été préparée.
- A partir de cette solution mère, des dilutions de différentes concentrations 25 μ g/ml, 40 μ g/ml, 60 μ g/ml, 75 μ g/ml ,100 μ g/ml ont été préparés. 1ml de chaque concentration a été prise (2 essais pour chaque concentration) et 1ml de phénol à 5 % et 5ml d'acide sulfurique à 98% ont été ajoutés ;

- Après agitation (vortex) les tubes ont été maintenus dans l'étuve pendant 5 minutes à 100°C, puis à l'obscurité pendant 30 minutes ;
- la densité optique a été lu pour chaque concentration à 490 nm, puis une courbe d'étalonnage a été tracée.

$$DO=f(C) \rightarrow DO= \varepsilon \times C.$$

3. Détermination de la teneur en eau et en matière sèche :

- **Principe :**

La détermination de la teneur en eau est basée sur la mesure de la perte de masse des échantillons après étuvage à 103 °C jusqu'à élimination complète de l'eau libre et des matières volatiles. (Audigie et al. 1986).

- **Mode opératoire :**

La coupelle d'aluminium vide est d'abord nettoyée, séchée et pesée. Une masse de 3g d'échantillon est pesée dans la coupelle puis placée à l'étuve à 103 °C (ISO, 1999). Après 3h, la coupelle est sortie de l'étuve, puis refroidie dans un dessiccateur avant d'être pesée à nouveau.

L'opération est répétée jusqu'à obtention d'un poids constant, en réduisant la durée de séchage 30mn pour éviter la caramélisation. La teneur en eau par rapport à la masse humide est calculée par la formule suivante :

$$H\% = (m_i - m_f) / m_i \times 100$$

H% : % Humidité

m_i : masse, en gramme, initiale

m_f : masse, en gramme, finale (après dessiccation)

La moyenne des pourcentages de la teneur d'eau est déterminée sur 3 essais dans les mêmes conditions.

La matière sèche (**MS**) est déterminée de la manière suivante :

$$MS \% = 100 - H\%$$

4. Dosage des cendres :

- **Principe :**

Il consiste à l'incinération de l'échantillon dans un four à moufle, dans des creusets en porcelaine, à Une température de 750°C jusqu'à ce que les résidus deviennent blancs après refroidissement (Audigie et al, 1980).

- **Mode opératoire :**

- Nous avons effectué une pré-incinération des creusets en porcelaine à 300°C pendant 15 minutes ;

- Après refroidissement, nous les pesons vide, c'est le poids P1 ;

- Nous avons pesé 1g de l'échantillon dans les creusets, c'est le poids P2 ;

- Nous avons introduit les creusets avec l'échantillon dans le four à moufle à température de 750°C jusqu'à ce que le contenu en substances prises une couleur blanc grisâtre qui blanchisse après refroidissement dans un dessiccateur ;

- Ensuite, nous avons pesé les creusets avec les cendres, c'est le poids P3.

- **Expression des résultats :**

Les résultats sont exprimés selon la formule suivante :

$$X\% = [(P3 - P1) / (P2 - P1)] \times 100$$

Dont :

P1 : poids de creuset vide ;

P2 : poids de creuset + l'échantillon avant incinération ;

P3 : poids de creuset + l'échantillon après incinération ;

100 : pour exprimer le pourcentage ;

X% : pourcentage en cendre.

IV. Analyse sensorielle :

L'études des caractéristiques organoleptique (sensorielle) a été réalisé par le laboratoire d'analyse ASSYL-LAB, AIN BESSAM. Les analyses ont été faite sur six mélanges (M1 ; M2 ; M3 ; A1 ; A2 ; A3).

La dégustation des crêpes à bases de ses mélanges a été réalisés dans une salle de la Faculté d'agronomie. Au préalable, la salle a été nettoyée, bien ventilée et bien éclairée permettant un bon déroulement des tests sensoriels. A l'issue des tests sensoriels, elle a été équipée du matériel nécessaire à l'analyse tel que des fiches de dégustation, des gobelets en plastique, des petites assiettes en plastique et aluminium de l'eau et des échantillons (Crêpe 1 ; Crêpe 2 ; Crêpe 3).

Les caractéristiques sensorielles (couleur, odeur, saveur, arôme, impression, texture et persistance en bouche) des échantillons ont été évaluées par un panel de 12 dégustateurs selon l'échelle d'appréciation graduée suivante :

0= absence, 2= très faible, 4= faible, 6= nette, 8= prononcé, 10= très prononcée.

PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Résultats et discussions

I. Caractéristiques physico-chimiques des farines :

1. Teneur en sucres :

Les différents résultats des analyses de la teneur en sucre révèlent des informations intéressantes. En effet, la teneur en sucres totaux des mélanges M3 et A3 est plus élevée que celles des autres mélanges (figure 10). Cette différence pourrait être expliquée par la quantité ajoutée de la PD ($5,1 \pm 0,005$ g) dans chaque mélange (tableau 9).

Tableau VII : Taux de sucres dans les farines initiales

Farines initiales	Sucres (g/100g)
Farine PD	5.1 ± 0.005
Farine de maïs	$1.87 \pm 0,21$
Farine de riz	$5.63 \pm 0,35$

La forte teneur des sucres remarquée dans la farine de riz est peut-être justifiée par la maintenance des enveloppes du riz lors de sa transformation car la partie protectrice est riche en sucre (Juliano 1985) (tableau 9). La différence entre les teneurs en sucres des mélanges pourrait être expliquée par la quantité ajoutée de la PD dans chaque mélange. La quantité de PD dans le mélange 6 est plus élevée par rapport aux autres mélanges.

La figure 07 résume les résultats obtenus des sucres totaux dans chaque mélange :

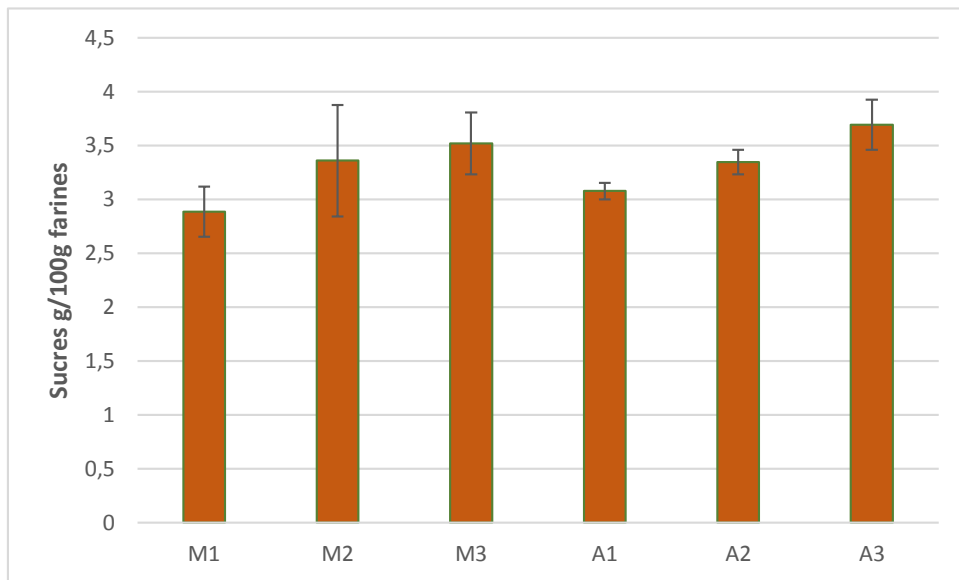


Figure 07 : Taux de sucres dans les différents mix de farines sans gluten.

2. Teneur en eau :

Il ressort que les teneurs en eau des différents mélanges de farines à base de (PD, riz, maïs, FPT, amidon de maïs et gomme alimentaire) varie entre 0,71% et 1,44%. Les teneurs les plus élevées chez le mélange M1 et A1 de l'ordre de 1,17% et 1,44% (tableau 11).

La teneur en eau des farines est un paramètre important qui doit être inférieure à 16% pour que la farine se conserve convenablement (Khaoula n.d 2023.) Au-delà, il y a un risque d'altération. Les résultats d'analyse des différents mélanges sont récapitulés dans le tableau 11.

3. Teneur en cendres :

Nos résultats d'analyses révèlent la présence d'une teneur élevée de cendres dans le mélange M3 ($1,12 \pm 0,025$ %) du fait qu'il contient une quantité bien supérieure de farine de PD par rapport aux autres mélanges (tableau 11), selon le tableau 10, la farine de la PD est plus riche en cendre 3,4% par rapport aux autres farines riz et maïs 0,7% et 0,4% respectivement.

Tableau VIII : Teneur en cendre (%) des farines initiales :

	Cendres (%)
Farine PD	3.4
Farine maïs	0.7
Farine riz	0.4

Les différents mélanges présentent des taux de cendres qui varient entre 0.28% et 1.12% (tableau 11) et selon la norme de l'Eriad appliqué pour la farine sans gluten panifiable est entre 0.5 % et 2% donc les valeurs obtenues sont acceptables et conformes aux normes (sauf pour le mélange A2) (tableau 11).

Selon (Liener 2000) , le suivi de la teneur en cendre permet non seulement d'apprécier la qualité nutritionnelle, mais aussi de détecter des contaminations possibles si le taux de cendre dépasse 7%.

4. Teneur en lipides :

Nous remarquons que la teneur en lipides de nos mélanges est approximativement la même, elle varie entre (1,02 et 1,31 %) (tableau 11), des valeurs qui rentre dans l'intervalle cité par (MORRISON et al .1980) qui est entre (1 % à 1.4%), ce qui témoigne que nos mélanges sont conformes aux normes.

Les résultats sont traduits dans le tableau ci-dessus :

Tableau IX : teneur en cendres, en eau et en lipides (%) des différents mélanges :

MELANGES	M1	M2	M3	A1	A2	A3
Teneur en cendre %	0,966±0,045	1,09±0,04	1,12±0,025	0,39±0,036	0,28±0,04	0,41±0,05
Teneur en eau %	1,17±0,005	0,93±0,135	0,93±0,138	1,44±2,719	0,71±0,001	0,95±1,359
Lipide %	1,31	1,18	1,16	1,18	1,02	1,14

II. L'analyse sensorielle :

1. Qualité sensorielle des farines :

Selon les résultats d'analyses sensorielle fait sur les farines, nous avons constatés que l'ensemble des farines présente une saveur normale, l'absence de toute odeur étrangère, avec une texture de poudre homogène et couleur crémeuse (tableau 12). Cela signifie que, les farines analysées sont de bonne qualité globale et ne présente aucune contamination ni danger sur l'ensemble des consommateurs. Ci-joint le tableau qui résume les résultats de tests sensoriels réalisé sur les différents types de farine :

Tableau X : Caractéristique organoleptique de différents mélanges de farines sans gluten

M1/M2/M3/A1/A2/A3	
Saveur	Normal
Odeur	Absence d'odeur étrangère au produits
Texture	Poudre homogène
Couleur	Crème

2. La qualité sensorielle des crêpes (figure 12) :

a. L'odeur :

Nous avons remarqué une faible odeur de maïs dans la crêpe 3 et crêpe 2, une présence très faible des odeurs (pomme de terre, PD et riz) et l'absence total des odeurs désagréable tel que les moisissures. Cela signifie que nos crêpes présente l'avantage d'avoir des caractéristiques odorantes similaire aux crêpes faite avec de la farine normale ainsi que l'absence de l'odeur des moisissures montre que nos farines ont états bien conservé.

L'odeur possède un impact considérable sur l'appréciation finale du produit fini, l'imperceptibilité de l'odeur est en partie due à la cuisson en raison de l'élévation de la température qui provoque la volatilité des composés aromatiques (Fellows 2022).

b. La couleur :

Nos résultats d'analyse révèlent que les 3 crêpes présentes différentes couleurs. Les dégustateurs ont remarqué une forte couleur Beige dans la crêpe 3 (6,5) suivit de la crêpe 1 puis 2, tandis que la couleur marron est plus prononcé chez la crêpe 2 (6,6) suivit de la crêpe 3 et 1, par contre la couleur blanche est quasiment absente dans les trois crêpes. Ce qui signifie que les crêpes en général présente une couleur beige , c'est pour cela que les crêpes analysés ce manifeste avec une couleur beige plus prononcé que les autres couleurs , tandis que la couleur marron présente dans la crêpes 2 peut être expliqué par le phénomène de brunissement enzymatique cité par (Singh 1993).

La couleur est le premier paramètre que le consommateur observe. Elle est influencée par le brunissement enzymatique, il se manifeste par une couleur brune et dépend du temps et de la température de cuisson (Singh 1993).

c. Arôme et saveur :

Les résultats du test descriptifs (descripteur arôme) montrent une forte prononciation de l'arôme naturel dans les différentes crêpes (plus fort dans la crêpe 2 avec une intensité de 6,8 suivie des deux crêpes 1 et 3 au même niveau 6,1 et 6,5) et l'absence totale de tout arôme artificiel désagréable. Ceci présente un avantage parce que nos crêpes présentent un arôme naturel comme tous les autres crêpes avec gluten.

De plus, nous avons observé la présence de la saveur sucrée qui se manifeste d'une forte intensité chez la crêpe 1 d'une intensité de 5, suivie de la crêpe 3 et faible dans la crêpe 2, tandis qu'on constate l'absence totale de la saveur amère, cela montre que ces crêpes ressemblent aux crêpes préparées à base de farine de blé et ne présentent aucune amertume.

L'arôme et la saveur sont des paramètres essentiels pour l'évaluation de la qualité gustative du biscuit, il dépend principalement des ingrédients entrants dans la préparation. Les ingrédients ayant la plus forte influence sur la farine sont la matière sucrante et la matière grasse (Fellows 2022).

d. La texture

Les dégustateurs ont traduit la texture de la crêpe 2 étant la plus croustillante, cela peut être expliqué par la présence de l'amidon de maïs avec une quantité plus élevée par rapport aux autres crêpes vu que l'amidon de maïs fait sécher la pâte. Tandis que, la crêpe 1 se manifeste avec une texture plus élastique que les autres crêpes avec une intensité de 3,5, cela peut être expliqué par la présence des gommés alimentaires qui ont pour rôle d'assurer l'homogénéité et l'élasticité des pâtes.

Après l'étude des résultats des analyses, les dégustateurs ont noté la crêpe 3 étant la meilleure en qualité globale par rapport aux autres. Ceci est dû peut-être à la saveur sucrée (par préférence des dégustateurs pour la saveur sucrée dans les aliments).

Les résultats de l'évaluation sensorielle sont présentés dans le diagramme suivant (figure 08) pour comparer visuellement les critères sensoriels :

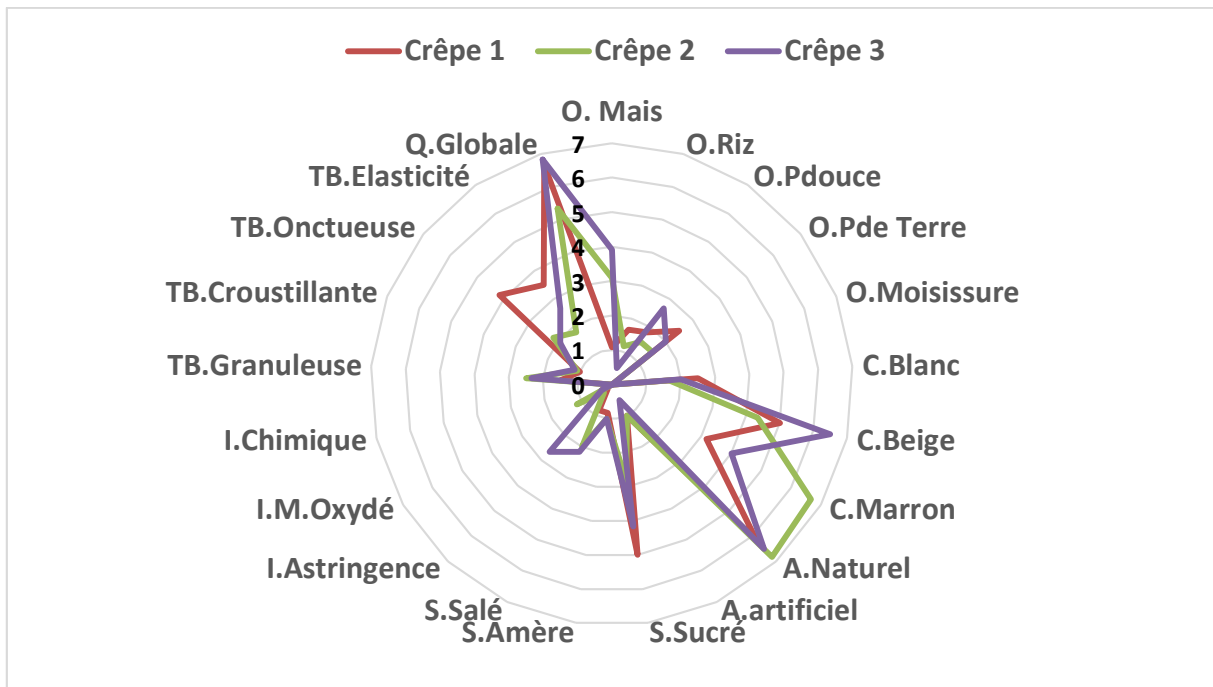


Figure 8 : Diagramme en toile des trois crêpes.

CONCLUSION

Notre étude a démontré qu'il est possible de produire une farine sans gluten avec des propriétés sensorielles et nutritionnelles acceptables en utilisant une combinaison de farine de maïs, farine de riz, farine de PD, gomme alimentaire (arabica et guar), FPT et amidon de maïs. Cette farine peut être utilisée pour développer une variété de produits sans gluten, tels que du pain, des pâtes et des pâtisseries destinées afin d'aider les personnes atteintes de la maladie cœliaque et de tester la faisabilité technologique d'un mélange de ses différents ingrédients dans la fabrication des produits (crêpes et biscuits). 6 formules ont été étudiées : mélange 1 (M1) (40% maïs + 20% PD+ 40% riz), mélange 2 (M2) (30% maïs + 30% PD+ 40% riz), mélange 3 (M3) (20% maïs + 50% PD+ 30% riz), mélange 4 (A1) (10gPD, 50g maïs, 10g riz, 10g amidon de maïs, 15g FPT, 5g gommes (3g Guar ; 2g Arabica)), mélange 5 (A2) (30g PD, 30g maïs, 10g riz, 22g amidon de maïs, 5g FPT, 3g gommes (2g Guar ; 1g Arabica)) , mélange 6 (A3) (40g PD, 30g maïs, 10g riz, 10g amidon de maïs, 10g FPT, 0g gommes).

Les analyses des résultats du test organoleptique réalisé sur les crêpes ressort de façon générale que les trois types de crêpes (crêpe 1, crêpe 2 et crêpe 3) ont été appréciées par les dégustateurs avec une qualité globale acceptable (7/10), la crêpe 3 présente une qualité globale plus élevée comparativement aux autres crêpes (1 et 2) cela est expliqué peut-être par l'intensité élevée des sucres qui est présente naturellement dans la PD.

Ces résultats montrent que nos crêpes se caractérisent par une teneur en sucres importante, une texture croustillante et peu granuleuse et une odeur très faible car nos matières premières ne possèdent pas une forte odeur ou arômes. Les résultats des analyses biochimiques montrent que les deux mélanges (A1 et A2) se caractérisent par une faible teneur en sucres comparativement au mélange A3, cela est dû au pourcentage de PD qui est élevé dans ce mélange. La teneur en eau dans le mélange A1 est plus élevée par rapport aux autres mélanges par la présence d'une quantité élevée de farine de maïs qui a une quantité supérieure en eau que les autres farines (11,7%). Par rapport à la teneur en cendre, nous avons remarqué que dans les trois premiers mélanges (M1 ; M2 ; M3), nous constatons une teneur plus élevée dans le mélange M3, tandis que dans les trois derniers mélanges servis à préparer nos crêpes, c'est-à-dire les mélanges (A1 ; A2 ; A3), la teneur en cendre est plus forte dans le mélange A3.

Ceci peut être expliqué par la présence d'une quantité de farine de PD plus élevée dans les deux mélanges cités (M3 ; A3), par rapport aux autres farines, et que la farine de PD se caractérise par sa richesse en teneur en cendre qui de 3,4%.

Le taux élevé d'incorporation de farine de PD dans nos mélanges de farines sans gluten témoigne d'une qualité nutritionnelle et sensorielle satisfaisante.

À la lumière des résultats obtenus, il nous semble que ce travail mériterait d'être complété et d'ouvrir de nouveaux axes de recherche tel que :

- Utilisation des arômes naturels tels que la vanille afin d'améliorer la qualité gustative de nos crêpes ;
- La détermination d'autres caractéristiques physico-chimiques (Protéine, polyphénol, ...);
- Utiliser cette farine pour d'autre préparation afin de varier l'alimentation des malades cœliaques.

REFERENCE :

- Adam, Katherine L
N.d. La production biologique de la patate douce.
- Adebowalea, K. O., B. I. Olu-Owolabi, O. O. Olayinka, and O. S. Lawal
2005 Effect of Heat Moisture Treatment and Annealing on Physicochemical Properties of Red Sorghum Starch. African Journal of Biotechnology 4(9).
<https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/71104>, accessed April 17, 2024.
- Afnor, NF
2007 EN ISO 15189. Laboratoires d'analyses de Biologie Médicale. Exigences Particulières Concernant La Qualité et La Compétence. Paris: Afnor.
- Ancellin, R., Catherine Dumas-Pilhou, D. Baelde, et al.
2004 La santé vient en mangeant et en bougeant: Livret d'accompagnement du guide nutrition des enfants et ados pour tous les parents destiné aux professionnels de santé.
<http://hdl.handle.net/2013/>, accessed April 30, 2024.
- Azeem, Muhammad, Tai-Hua Mu, and Miao Zhang
2021 Effets Des Hydrocolloïdes et Des Protéines Sur La Rhéologie de La Pâte et La Digestibilité *in Vitro* de l'amidon Du Pain Patate Douce-Blé. LWT 142: 110970.
- Bagot, Jean-Didier
1999 Information, Sensation et Perception. FeniXX.
- Baudelaire, Elie
2006 Optimisation Du Broyage Des Mangues Séchées (Mangifera Indica Var Kent) : Influence Sur Les Propriétés Physicochimiques et Fonctionnelles Des Poudres Obtenues.
- Bell, A., Feldafing ger Deutsche Stiftung fuer Internationale Entwicklung, O. Mueck, and B. Schuler
2000 Les richesses du sol.
<https://agris.fao.org/search/en/providers/122621/records/647396c4ce9437aa7600512a>, accessed April 24, 2024.
- BOUHASSAN, Aïcha
1984 Analyse Du Polymorphisme Des Néoformations Obtenues in Vitro à Partir de Divers Tissus de Patate Douce (Ipomoea Batatas (L.) Lam., Convolvulacée).
- BOURSIER, Bernard
2005 Amidons Natifs et Amidons Modifiés Alimentaires. Ed. Techniques Ingénieur.
- Bouwkamp, John C., and Bouwkamp. J. C, eds.
1985 Sweet Potato Products: A Natural Resource for the Tropics. Boca Raton, Fla: CRC Press.

- Brusatin, Manlio
1996 Couleurs, Histoire de l'art. Encyclopaedia Universalis 6: 682–687.
- Cairncross, SE, and LB Sjostrom
2004 Flavor Profiles: A New Approach to Flavor Problems. Descriptive Sensory Analysis in Practice. Wiley Online Library: 15–22.
- CAVALCANTE ALVES, JOAO M.
1996 L'embryogenese Somatique Chez La Patate Douce (Ipomoea Batatas (L.) Lam. , Convolvulacees): Induction et Maintien Des Structures Embryogenes, Caracterisation de Proteines Associees. These de doctorat, Paris 11. <https://theses.fr/1996PA112208>, accessed April 24, 2024.
- Cegarra, M.
2006 Le régime sans gluten : difficultés du suivi. *In* Archives de pédiatrie (Paris) Pp. 576–578. <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=17859219>, accessed April 21, 2024.
- Clerget, Yves
2011 Biodiversité Des Céréales: Origine et Évolution. Montbéliard. 17p.
- Clot, F., M. C. Babron, and F. Clerget-Darpoux
2001 La Génétique de La Maladie Coeliaque. Médecine Thérapeutique / Pédiatrie 4(4): 263–7.
- Cruz, Jean-François
1999 Evolution Des Techniques Après Récolte: La Transformation Artisanale Du Riz En Afrique Sub-Saharienne.
- Cruz, Jean-François, Joseph Hounhouigan Djidjoho, Michel Havard, and Thierry Ferré
2020 La transformation des grains. éditions Quae. <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/22794>, accessed May 2, 2024.
- Djermoun, Abdelkader
2009 La Production Céréalière En Algérie: Les Principales Caractéristiques. Nature & Technology(1). Hassiba Benbouali University of Chlef/Université Hassiba Benbouali de Chlef: 45.
- Doublier, Jean Louis
1975 Propriétés Rhéologiques et Caractéristiques Macromoléculaires de Solutions Aqueuses de Galactomannanes. (No Title).
- Doukani, Koula, Souhila Tabak, Freha Gourchala, et al.
2013 Caractérisation Physico-Chimique Du Blé Fermenté Par Stockage Souterrain (Matmora). Revue Ecologie-Environnement 9: 1–10.
- diah ElhaQ, DJEBBARI Mohamed
N.d. Etude Des Propriétés Structurales d'un Matériau à Base d'Amidon, Polymère et Argile

Préparé Par Mélange à l'état Fondu. <http://archives.univ-biskra.dz/bitstream/123456789/8472/1/memoire%20djebbari.pdf>, accessed June 8, 2024.

de Estudos, Núcleo, and Pesquisas em Alimentação
2006 Tabela Brasileira de Composição Dos Alimentos. 2^a Versão. Campinas: Unicamp.

Farrell Richard J. and Kelly Ciarán P.
2002 Celiac Sprue. *New England Journal of Medicine* 346(3). Massachusetts Medical Society: 180–188.

Fellows, Peter John
2022 Food Processing Technology: Principles and Practice. Woodhead publishing.

Gautier, Denis, Gaston Georges Ouédraogo, Zacharie Badini, and Marie Hélène Dabat
2009 Appui à La Définition de Stratégies de Développement Des Filières Agro-Sylvo-Pastorales et Halieutiques Sélectionnées Dans Les Régions d'intervention Du PADAB II : “ Goulots d'étranglement et Actions Pilotes ”. Rapport Filière Bois-Énergie, Région Centre-Est, Burkina Faso. Research Report. CIRAD. <https://hal.science/hal-01091682>, accessed April 22, 2024.

Glicksman, Martin
1969 Gum Technology in the Food Industry.
2020 Functional Properties of Hydrocolloids. *In Food Hydrocolloids* Pp. 47–99. CRC Press. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780429290329-4/functional-properties-hydrocolloids-martin-glicksman>, accessed June 8, 2024.

Godon, B
1982 Valeur Meuniere et Boulangere Des Bles Tendres et de Leurs Farines. Conservation et Stockage Des Grains et Graines et Produits Derives: Cereales, Oleagineux, Proteagineux, Aliments Pour Animaux/Coordonnateur, JL Multon; Preface, E. David.

Grommers, Hielko E., and Do A. Van Der Krogt
2009 Potato Starch. *In Starch* Pp. 511–539. Elsevier. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780127462752000112>, accessed April 17, 2024.

Hardacre, Allan Keith, and Suzanne Margaret Clark
2006 The Effect of Hybrid and Growing Environment on the Rheological Properties of Starch and Flour from Maize (*Zea Mays* L.) Grain Dried at Four Temperatures. *International Journal of Food Science & Technology* 41(s2): 144–150.

Hatamipour, M. S., H. Hadji Kazemi, A. Nooralivand, and A. Nozarpoor
2007 Drying Characteristics of Six Varieties of Sweet Potatoes in Different Dryers. *Food and Bioproducts Processing* 85(3): 171–177.

Hizukuri, Susumu
1985 Relationship between the Distribution of the Chain Length of Amylopectin and the Crystalline Structure of Starch Granules. *Carbohydrate Research* 141(2): 295–306.

Hoffenberg, Edward J., Joel Haas, Amy Drescher, et al.

2000 A Trial of Oats in Children with Newly Diagnosed Celiac Disease. *The Journal of Pediatrics* 137(3): 361–366.

Hu, Yuncai, and Urs Schmidhalter
2005 Drought and Salinity: A Comparison of Their Effects on Mineral Nutrition of Plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168(4): 541–549.

Jacobs, Heidi, Relinde C Eerlingen, Nathalie Rouseu, Paul Colonna, and Jan A Delcour
1998 Acid Hydrolysis of Native and Annealed Wheat, Potato and Pea Starches—DSC Melting Features and Chain Length Distributions of Lintnerised Starches. *Carbohydrate Research* 308(3): 359–371.

Jaisut, Donludee, Somkiat Prachayawarakorn, Warunee Varanyanond, Patcharee Tungtrakul, and Somchart Soponronnarit
2008 Effects of Drying Temperature and Tempering Time on Starch Digestibility of Brown Fragrant Rice. *Journal of Food Engineering* 86(2): 251–258.

Jenkins, P.J., and A.M. Donald
1995 The Influence of Amylose on Starch Granule Structure. *International Journal of Biological Macromolecules* 17(6): 315–321.

Ji, Y, Z Ao, J. -A Han, J. -L Jane, and J. N BeMiller
2004 Waxy Maize Starch Subpopulations with Different Gelatinization Temperatures. *Carbohydrate Polymers* 57(2): 177–190.

Juliano, Bienvenido O
1985 Factors Affecting Nutritional Properties of Rice Protein. *Trans Natl Acad Sci Technol* 7: 205–216.
1994 *Le Riz Dans La Nutrition Humaine*. Food & Agriculture Org.

Kamdem, A. T. Kenmegne, and J. Hardy
1995 Influence of Various Conditions on Meat Grinding Characteristics. *Journal of Food Engineering* 25(2): 179–196.

Kaouane, Louiza
2022 Préparation Traditionnelle d'une Farine de Riz et Essai d'élaboration d'un Biscuit sans Gluten Destiné Aux Malades Cœliaques. Université Mouloud Mammeri.

Kar, Aditi, Jean-Christophe Jacquier, Desmond J. Morgan, James G. Lyng, and Brian M. McKenna
2005 Influence of Lipid Extraction Process on the Rheological Characteristics, Swelling Power, and Granule Size of Rice Starches in Excess Water. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(21). American Chemical Society: 8259–8264.

Khaoula, TADJOURI
N.d. Contrôle de Qualité de La Farine Etude de Cas: Les Grande Moulins Du Sud Oumach-Biskra.

KIM, W. S, and P. A. SEIB
1993 Apparent Restriction of Starch Swelling in Cooked Noodles by Lipids in Some

Commercial Wheat Flours. Apparent Restriction of Starch Swelling in Cooked Noodles by Lipids in Some Commercial Wheat Flours 70(4). St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists: 367–372.

Kugimiya, M., J. W. Donovan, and R. Y. Wong
1980 Phase Transitions of Amylose-Lipid Complexes in Starches: A Calorimetric Study. *Starch - Stärke* 32(8): 265–270.

LaBuza, Theodore Peter
N.d. Moisture Sorption : Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use. (No Title). <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130000795254411136>, accessed April 24, 2024.

Lacharme, Marc
2001 Fascicule 2: Le Plant de Riz. Données Morphologiques et Cycle de La Plante. Ministère Du Développement Rural et de l'Environnement: Direction de La Recherche Formation Vulgarisation. Coopération Française. 19p.

Lebot, Vincent
2010 Tropical Root and Tuber Crops. Oils, Plant Growth Crop Prod. Encyclopei. Oxford: Eloss Publishers: 9.

Li, JS, and SK Vassal
2004 Quality Protein Maize. *Encyclopedia of Grain Science* 2. Elsevier Oxford, UK: 212–216.

Liener, Irvin E
2000 Non-Nutritive Factors and Bioactive Compounds in Soy. *Soy in Animal Nutrition* (Drackley, JK Ed.): 1–12.

Liu, Qiang, Elizabeth Donner, Richard Tarn, Jaspreet Singh, and Hyun-Jung Chung
2009 Advanced Analytical Techniques to Evaluate the Quality of Potato and Potato Starch. *In Advances in Potato Chemistry and Technology* Pp. 221–248. Elsevier. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123743497000088>, accessed April 17, 2024.

Liu, Xing-li, Tai-hua Mu, Hong-nan Sun, Miao Zhang, and Jing-wang Chen
2016 Influence of Potato Flour on Dough Rheological Properties and Quality of Steamed Bread. *Journal of Integrative Agriculture* 15(11): 2666–2676.

Lobell, David B., Wolfram Schlenker, and Justin Costa-Roberts
2011 Climate Trends and Global Crop Production Since 1980. *Science* 333(6042). American Association for the Advancement of Science: 616–620.

Ludvigsson, Jonas F., Daniel A. Leffler, Julio C. Bai, et al.
2013 The Oslo Definitions for Coeliac Disease and Related Terms. *Gut* 62(1). BMJ Publishing Group: 43–52.

M, Author(s):Escalante-Ten Hoopen, and Maïga A
2012a Production et transformation du maïs. CTA.
2012b Production et transformation du maïs. CTA.

Matuchansky, C., Sophie Rousseau, and Marie-Christine Morin
2004 Maladie Cœliaque de l'adulte : Actualités Du Régime sans Gluten. Cahiers de Nutrition et de Diététique 39(5): 311–317.

Milouda, KAKI, and SAHBENE Messaouda
2008 Aperçu Sur Les Polysaccharides de La Plante Spontanée Plantago Notata à Caractère Médicinal Dans La Région de Ouargla. PhD Thesis, UNIVERSITE KASDI MARBAH OUARGLA. <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/4425>, accessed May 26, 2024.

Motsa, Nozipho M., Albert T. Modi, and Tafadzwanashe Mabhaudhi
2015 Sweet Potato (*Ipomoea Batatas* L.) as a Drought Tolerant and Food Security Crop. South African Journal of Science 111(11–12). Academy of Science of South Africa: 1–8.

Ndjouenkeu, R., F. M. Goycoolea, E. R. Morrissa, and J. O. Akingbala
1996 Rheology of Okra (*Hibiscus Esculentus* L.) and Dika Nut (*Irvingia Gabonensis*) Polysaccharides. Carbohydrate Polymers 29(3): 263–269.

Nzamwita, Madjaliwa, Kwaku Gyebi Duodu, and Amanda Minnaar
2017 Stability of β -Carotene during Baking of Orange-Fleshed Sweet Potato-Wheat Composite Bread and Estimated Contribution to Vitamin A Requirements. Food Chemistry 228: 85–90.

Oates, Christopher G.
1997 Towards an Understanding of Starch Granule Structure and Hydrolysis. Trends in Food Science & Technology 8(11): 375–382.

Park SunJin, Park SunJin, Ha KiYong Ha KiYong, and M Shin
2012 Properties and Qualities of Rice Flours and Gluten-Free Cupcakes Made with Higher-Yield Rice Varieties in Korea.

Paterson, J.L, A Hardacre, P Li, and M.A Rao
2001 Rheology and Granule Size Distributions of Corn Starch Dispersions from Two Genotypes and Grown in Four Regions. Food Hydrocolloids 15(4–6): 453–459.

Rahman, Sadequr, Anthony Bird, Ahmed Regina, et al.
2007 Resistant Starch in Cereals: Exploiting Genetic Engineering and Genetic Variation. Journal of Cereal Science 46(3). The Contribution of Cereals to a Healthy Diet: 251–260.

Rinaudo, M.
1994 On the Relation Structure-Properties of Some Polysaccharides Used in the Food Industry. In Food Hydrocolloids. Katsuyoshi Nishinari and Etsushiro Doi, eds. Pp. 21–34. Boston, MA: Springer US. http://link.springer.com/10.1007/978-1-4615-2486-1_2, accessed April 17, 2024.

Rossel, Genoveva, Albert Kriegner, and D. Zhang
2001 From Latin America to Oceania: The Historic Dispersal of Sweetpotato Re-Examined Using AFLP. From Latin America to Oceania: The Historic Dispersal of Sweet Potato Re Examined Using AFLP.

Roullier, C
2010 Histoire de La Diffusion de La Patate Douce En Océanie et Dynamique Évolutive de La Diversité. Projet de Thèse.

Rousselle, Patrick, Jean-Claude Crosnier, and Yvon Robert
1996 La Pomme de Terre: Production, Amélioration, Ennemis et Maladies, Utilisations. La Pomme de Terre. Inra: 1–640.

Ruiz, Franz Salces
1984 Estudo das variaveis envolvidas no processo de obtenção de farinhas pregelatinizadas, de batata doce, por desidratação com rolos aquecidos (Double Drum-Dryer). [s.n.]. <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/48652>, accessed April 24, 2024.

Sandhu, Kawaljit Singh, Narpinder Singh, and Nachhattar Singh Malhi
2005 Physicochemical and Thermal Properties of Starches Separated from Corn Produced from Crosses of Two Germ Pools. Food Chemistry 89(4): 541–548.

SCHMITZ, J
2007 Le Régime sans Gluten Chez l'enfant. Le Régime sans Gluten Chez l'enfant 20(8). Paris: Elsevier: 337–344.

Schoch, Thomas John, and Carl B Williams
1944 Adsorption of Fatty Acid by the Linear Component of Corn Starch. Journal of the American Chemical Society 66(7). ACS Publications: 1232–1233.

Seetharaman, K., A. Tziotis, F. Borras, et al.
2001 Thermal and Functional Characterization of Starch from Argentinean Corn. Cereal Chemistry 78(4): 379–386.

Sihachakr, D, J M Cavalcante-Alves, S Tizroutine', and M Allot
N.d. Embryogenèse somatique chez la patate douce (Ipomoea batatas (L.) Lam.) : caractérisation et régénération des plantes.

Sika, Andrée Emmanuelle, Beugré Romuald Léonce Kadji, Koffi Martin Dje, et al.
2019 Qualité Nutritionnelle, Microbiologique et Organoleptique de Farines Composées à Base de Maïs (Zea Mays) et de Safou (Dacryodes Edulis) Produites En Côte d'Ivoire. International Journal of Biological and Chemical Sciences 13(1): 325–337.

Simon, J. L. Recherches Techniques
2001 Gomme xanthane: agent viscosant et stabilisant. Techniques de l'Ingénieur. Agroalimentaire (France)(f4300). <https://agris.fao.org/search/en/providers/122439/records/6472391453aa8c896302c70e>, accessed May 21, 2024.

Singh, Baljit, DK Sharma, Ramesh Kumar, and Atul Gupta
2009 Controlled Release of the Fungicide Thiram from Starch–Alginate–Clay Based Formulation. Applied Clay Science 45(1–2). Elsevier: 76–82.

Singh, J

1993 Influence of Heat Treatment of Milk and Incubation Temperatures on Streptococcus Thermophilus and Lactobacillus Acidophilus.

Singh, Narpinder, Jaspreet Singh, Lovedeep Kaur, Navdeep Singh Sodhi, and Balmeet Singh Gill

2003 Morphological, Thermal and Rheological Properties of Starches from Different Botanical Sources. Food Chemistry 81(2): 219–231.

Staudinger, H., and E. Husemann
1935 Über Hochpolymere Verbindungen, 116. Mitteil.: Über Das Begrenzt Quellbare Polystyrol. Berichte Der Deutschen Chemischen Gesellschaft (A and B Series) 68(8): 1618–1634.

Tanaka, Yoshikazu, Nobuhiro Sasaki, and Akemi Ohmiya
2008 Biosynthesis of Plant Pigments: Anthocyanins, Betalains and Carotenoids. The Plant Journal 54(4): 733–749.

Tang, Hanjun, Toshio Mitsunaga, and Yukio Kawamura
2006 Molecular Arrangement in Blocklets and Starch Granule Architecture. Carbohydrate Polymers 63(4): 555–560.

Tang, Yayuan, Weixi Cai, and Baojun Xu
2015 Profiles of Phenolics, Carotenoids and Antioxidative Capacities of Thermal Processed White, Yellow, Orange and Purple Sweet Potatoes Grown in Guilin, China. Food Science and Human Wellness 4(3): 123–132.

Tester, Richard, and W. Morrison
1990 Swelling and Gelatinization of Cereal Starches. I. Effects of Amylopectin, Amylose and Lipids. Cereal Chemistry 67: 551–557.

Thebud, Regina, and Kurt A. Santarius
1982 Effects of High-Temperature Stress on Various Biomembranes of Leaf Cells In Situ and In Vitro. Plant Physiology 70(1). Oxford Academic: 200–205.

Thompson, Tricia
2008 The Gluten-Free Nutrition Guide. (No Title).

Tolstoguzov, Vladimir
2003 Thermodynamic Considerations of Starch Functionality in Foods. Carbohydrate Polymers 51(1): 99–111.

Tong, Chuan, Weidong Ru, Liehong Wu, Weicheng Wu, and Jinsong Bao
2020 Fine Structure and Relationships with Functional Properties of Pigmented Sweet Potato Starches. Food Chemistry 311: 126011.

Vasanthan, T, W Bergthaller, D Driedger, J Yeung, and P Sporns
1999 Starch from Alberta Potatoes: Wet-Isolation and Some Physicochemical Properties. Food Research International 32(5): 355–365.

Vinod, V.T.P., R.B. Sashidhar, K.I. Suresh, et al.

2008 Morphological, Physico-Chemical and Structural Characterization of Gum Kondagogu (Cochlospermum Gossypium): A Tree Gum from India. *Food Hydrocolloids* 22(5): 899–915.

Wang, Honglu, Qinghua Yang, Uzizerimana Ferdinand, et al.
2020 Isolation and Characterization of Starch from Light Yellow, Orange, and Purple Sweet Potatoes. *International Journal of Biological Macromolecules* 160: 660–668.

Willard, Miles
1993 Potato Processing: Past, Present and Future. *American Potato Journal* 70. Springer: 405–418.

Yáñez, E., D. Ballester, H. Wuth, et al.
1981 Potato Flour as Partial Replacement of Wheat Flour in Bread: Baking Studies and Nutritional Value of Bread Containing Graded Levels of Potato Flour*. *International Journal of Food Science & Technology* 16(3): 291–298.

Yusuph, Mahyinur, Richard F. Tester, Ray Ansell, and Colin E. Snape
2003 Composition and Properties of Starches Extracted from Tubers of Different Potato Varieties Grown under the Same Environmental Conditions. *Food Chemistry* 82(2): 283–289.

Zhang, Hong, Fen Xu, Yu Wu, Hong-hai Hu, and Xiao-feng Dai
2017 Progress of Potato Staple Food Research and Industry Development in China. *Journal of Integrative Agriculture* 16(12): 2924–2932.

Zhu, Fan, and Jia Sun
2019 Physicochemical and Sensory Properties of Steamed Bread Fortified with Purple Sweet Potato Flour. *Food Bioscience* 30: 100411.

<https://www.schaer.com/fr-fr/a/aamidon-mais#:~:text=Amidon%20de%20ma%C3%AFs%20dans%20un%20r%C3%A9gime%20sans%20gluten&text=Bien%20que%20ses%20valeurs%20nutritionnelles,consistance%20des%20recettes%20sans%20gluten> (21 Avril 2024)

<https://www.passeportsante.net/nutrition/additifs-alimentaires?doc=gomme-guar-dangers-e412> (22 avril 2024)

FAO, 2004, <http://www.fao.org>.. Les racines de conservation de la patate douce sont utilisées comme aliment de base, matière première pour la production d'alcool et comme alimentation animale.

Nepa (Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentos). (2006). Tabela Brasileira de Composição de Alimentos(2ndEdn), Fórmula Editora, Campinas, 113 pp.

Unifesp (2008).Universidade Estadual De São Paulo.Tabela de Composição de Alimentos. Available online :<http://www.unifesp.br/dis/servicos/nutri/nutri.php?id=2597>.

Soares K.T, Melo AS, Matias E.C. (2002). A cultura da batata doce (Ipomoea batatasLam.). Documento 41, Emepa-PB (Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba SA), João Pessoa, Brazil, 26 pp

<https://ciqual.anses.fr/#/aliments/4101/patate-douce-crue>

<https://www.unifesp.br/>

Iram et Merieme, 2013. Essai de l'association légumineuse céréales (maïs) sur la disponibilité du phosphore dans la rhizosphère. Thèse ingéniorat. ENSA. EL HARRACH. Alger, 5-18p.

BERGERT A, CRUZ JF, TROUD F, 1989. Programme de mécanisation post-récolte, CEEMAT-CIRAD, Domaine de Lavalette, Avenue du Val de Montferrand, 34100 Montpellier, France : P 167- 282.

BOLIVARD J. G. 2000. Étude comparée de la viabilité de système de production rizicole dans la vallée de l'Artibonite et dans la plaine des cayes. Mémoire de fin d'étude agronomique. FAMV/UEH, Damien, Haïti. 68p.

CIRAD, 2010. Spécificités des filières riz dans le monde. ENITA de Bordeaux, 10 mars 2006, 79p.

<https://ciqual.anses.fr/#/aliments/9100/riz-blanc-cru>

<https://www.actia.com/>

MORRISON, k venkotsh
1980 canadian journal of zoologie 58(1), 57,63.

ANNEXES

- Les figures suivantes représentent les étapes de fabrication de la farine de PD :
(Fait à la maison)



Figure 1 : Epluchage et découpage des tubercules de PD



Figure 2 : Séchage des fines tranches de PD



Figure 3 : Les fines après séchage dans le four



Figure 4 : Pesage de la farine de PD après tamisage

- Les figures suivantes représentent les étapes de fabrication des fécules de pomme de terre : (réalisé au sein de laboratoire de l'usine Randji moulin)



Figure 5 : Tramage des causettes de pomme de terre dans l'eau



Figure 6 : Filtrage et séparation des causettes de l'eau



Figure 7 : FPT après séchage



Figure 8 : Tamisage des FPT



Figure 9 : Fécule de pomme de terre

➤ Dégustation des crêpes l'université de Mouloud Mammeri :



Figure 10 : Table de dégustation avec les crêpes



Figure 12 : Panel de dégustateurs

Paramètre	Description	Moyennes		
		Crêpe 1	Crêpe 2	Crêpe 3
Couleur	Blanc	4	4	4
	Jaune	4	4	4
	Orange	4	4	4
Forme	Rect	4	4	4
	Quadr. déformé	4	4	4
	Forme de torte	4	4	4
Odeur	Naturel	10	10	10
	Artificiel	0	0	0
	Autre	0	0	0
Saveur	Suave	4	4	4
	Acide	4	4	4
	Salé	4	4	4
Ingrédients	Arômes	4	4	4
	Mélangeur usagé	4	4	4
Texture (visuelle)	Épongeuse	4	4	4
	Élastique	4	4	4
	Chaqueuse	4	4	4
	Élastique	4	4	4
Texture en bouche	Compacte	4	4	4
	Épongeuse	4	4	4
	Chaqueuse	4	4	4
Persistance en bouche	Élastique	4	4	4
	Élastique	4	4	4
Qualité globale		4	4	4
Commentaires	<p>Les crêpes ont une texture de crêpes normales mais avec une saveur naturelle plus de 10 fois l'autre des crêpes</p>			

Figure 11 : Fiche de dégustation remplis par un des dégustateurs

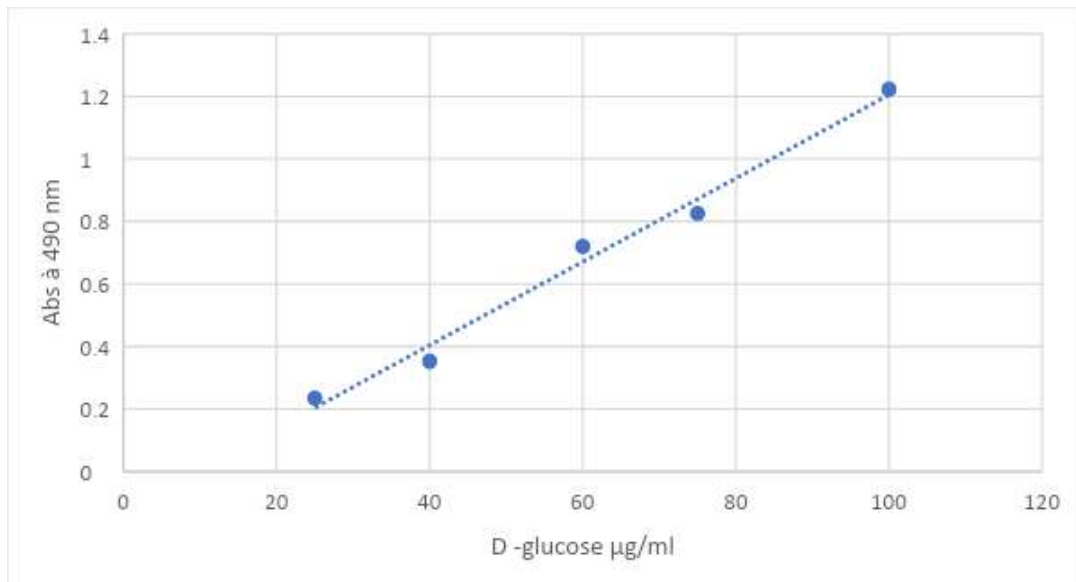


Figure 13 : Courbe d'étalonnage de D+ Glucose µg/ ml.