



DEPARTEMENT DE SCIENCES ALIMENTAIRES

N°/SNV/2022

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

M^{elle} Kassous Wafa & M^{elle} Djourdem Nabila

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES

Spécialité: NUTRITION ET PATHOLOGIE

THÈME

**Elaboration de cookies diététiques à base de farine de
souchet comestible et de bactéries probiotiques.**

Soutenu le 07/07/2022

DEVANT LE JURY

Présidente	Mme. Yahla I.	Maître de conférences A. Univ. Mosta.
Directrice de mémoire	Mme. Ziar H.	Maître de conférences A. Univ. Mosta.
Examinatrice	Mme. Boudjelthia N.	Maître assistante A. Univ. Mosta.
Co-directrice de mémoire	Melle. Belmadani N.	3 ^{ème} année doctorat LMD

Année universitaire : 2021/2022.

Résumé

Dans le présent travail, nous proposons la formulation de cookies diététiques sans l'ajout du sucre de table et avec 100% de farine entière de souchet comestible, enrichi ou non de sirop de miel d'abeille à 5% et de bactéries probiotiques. Les caractéristiques technologiques de la farine, ainsi que les critères physiques et sensoriels des cookies, ont été calculés et appréciés par un panel semi-naïf. Nos résultats ont montré que la farine brute préparée à partir des tubercules de souchet avait une densité apparente (0.74g/ml) et une dispersibilité (68%) caractéristiques de cette plante. Alors que la capacité d'absorption d'eau (0,08 g/ml) était inférieure à celles citées par la littérature. Notre farine préparée avait aussi une capacité d'absorption d'huile et de moussage élevées. Par ailleurs, nous avons confirmé que la farine de souchet comestible était exempte de gluten. L'analyse physique des cookies a traduit l'absence de différences de poids, de diamètre, d'épaisseur et de rapport d'étalement entre le cookie de souchet sans sucre et celui avec miel et probiotique. De plus, les deux étaient confectionnés conformément aux normes internationales comparés aux cookies commerciaux au cacao de la marque DELIGHT. L'analyse sensorielle globale à la première dégustation a montré que les critères de la qualité sensorielle goût, couleur et odeur, ainsi que l'acceptabilité générale des cookies enrichis de sirop de miel sont plus élevés que ceux sans sucre. Après 15 jours d'entreposage, l'appréciation s'est renversée au profit des cookies sans sucre. L'analyse trichromatique CIE LAB des cookies de souchet comestible sans sucre ou avec miel et probiotique a traduit la couleur foncée caractéristique du cookie diététique. A travers le test hédonique, les panélistes jugeaient nos cookies entreposés 15 jours comme ayant un goût caractéristique du produit et aucune connotation négative n'a été enregistrée. La couleur des cookies imbibés de sirop de miel était jugée plus foncée (j1/j15 : 40/25%) que ceux sans sucre. L'analyse de la texture a attribué le caractère croquant appréciable même si l'analyse a aussi révélé des différences de valeurs de dureté entre les deux catégories de cookies, mais qui s'est diminué lors du stockage. En fin, nos cookies enrichis de sirop de miel étaient un bon véhicule à notre isolat probiotique qui s'est exprimé viable à 6.43 log UFC dans chaque cookie. D'autres analyses complémentaires seraient souhaitables pour apprécier de mieux la composition nutritionnelle de ces cookies.

Mots clefs : Cookie diététique, souchet comestible, farine, analyse physique, analyse sensorielle, probiotique.

Abstract

In this study, we propose the development of dietetic cookies made with 100% wholemeal flour of edible nutsedge, enriched or not, with 5% honeybee syrup containing probiotic bacteria. A semi-native panel calculated and evaluated the technological characteristics of the flour as well as the physical and sensory criteria of the cookies. Our findings revealed that the crude flour made from nutsedge tubers had the typical bulk density (0.74g/ml) and dispersibility (68%) of this plant. while the water absorption capacity (0.08 g/ml) was lower than previously reported data. Our prepared flour had a high capacity for oil absorption and foaming. Furthermore, we determined that the edible Tiger Nut flour was gluten-free. Physical examination of the cookies revealed no differences in weight, diameter, thickness, or spread ratio between the sugar-free cookie and the honey-syrup-containing probiotic cookie. Furthermore, when compared to commercial cocoa cookies of the DELIGHT brand, both cookies were made in accordance with international standards. At the first tasting, the global sensory analysis revealed that the cookies enriched with honey syrup outperformed those without sugar in terms of sensory quality, taste, color, and smell, as well as general acceptability. After 15 days, the appreciation shifted in favor of the sugar-free cookies. The CIE LAB trichromatic analysis of the edible nutsedge cookies without sugar or with honey-syrup reflected the diet cookie's distinctive dark color. The panelists judged our cookies stored for 15 days as having the characteristic taste of the product using the hedonic test, and no negative connotation was recorded. The color of the honey syrup-soaked cookies was judged to be darker (d1/d15: 40/25 percent) than those without sugar. The texture analysis attributed the noticeable crunchiness, even though the analysis also revealed differences in hardness values between the two categories of cookies, which decreased during storage. Finally, our honey syrup-enriched cookies served as an excellent vehicle for our probiotic isolate, which expressed a viability of 6.43 log CFU per cookie. More research is needed to better understand the nutritional composition of these cookies.

Keywords : Diet cookie, edible nutsedge, flour, physical analysis, sensory analysis, probiotic.

Dédicace

*Je dédie ce travail à mes très chers parents
Je les remercie pour leur sacrifice, leur patience, leur soutien, l'aide
et les encouragements qu'ils m'ont apporté durant toutes ces années
d'étude, sans eux je ne serais pas ce que je suis aujourd'hui.*

*A mes chères sœurs Wahiba, Salima, Imène et Douaa
A mon frère Hichem,*

*A Ma chère amie Nabila : merci pour tous les moments qu'on a
passé ensemble, merci de m'avoir soutenu pendant cette année.*

A mes amies,

*Pour leurs soutiens et leurs encouragements pendant les moments
difficiles,*

À tous les professeurs de l'enseignement supérieur,

À toute la promotion de master II nutrition et pathologie 2021/2022.

Wafa

Dédicace

*Je dédie ce mémoire
A ma chère grand-mère
A ma chère mère
A mon cher père*

Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.

*A mes frères, Mohammed, Ahmed, Mustapha, Aboubakar
Pour leurs soutiens moraux et leurs conseils précieux tout au long
de mes études.*

A TOUTE MA FAMILLE

*Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma
considération pour votre soutien et encouragements.
Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous
m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle. Que Dieu le
Tout Puissant vous garde et vous procure santé et bonheur.*

A mes amies

Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.

Nabila

Remerciements

Avant tout nous remercions "Allah" le tout puissant qui nous a donné le courage, la volonté et la force pour accomplir ce modeste travail et de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier notre enseignante et notre promotrice le docteur **ZIAR. H**, Maitre de Conférences Classe A à l'université ABDELHAMID IBN BADIS Mostaganem, pour avoir nous dirigées tout au long de la réalisation de ce travail, pour son esprit scientifique, ses précieux conseils et ses encouragements.

Nous voulons également exprimer nos vifs remerciements aux membres de jury **Mme Yahla I**, Maitre de Conférences Classe A à l'université ABDELHAMID IBN BADIS Mostaganem, d'avoir accepté de faire partie de ce jury d'examen. Nous sommes très honorées de vous en qualité de présidente du jury de soutenance de ce mémoire de fin d'étude.

Mme Kouadri Boudjelthia Nacima Maitre Assistante Classe A à l'université ABDELHAMID IBN BADIS Mostaganem, d'avoir accepté de participer au jury en tant qu' examinatrice.

Nous tenons à remercier particulièrement la doctorante Melle **Belmadani Noussaiba** qui nous a supervisées dans la réalisation pratique de ce mémoire. Nous tenons aussi à la remercier vivement pour ses conseils.

Nous tenons également à remercier les ingénieurs des laboratoires de pédagogie à l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem qui nous ont fourni les outils nécessaires à la réussite de nos expériences.

Finalement nous remercions toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Liste des abréviations

CAE : Capacité d'absorption d'eau

CAH : Capacité d'absorption d'huile

CM : Capacité de moussage

DA: Densité apparente

FAO: Food and Agriculture Organization

SL4: isolat probiotique d'origine lait humain

L* : attribut chromatique clarté, lightness ou luminance d'une farine ou un produit alimentaire selon le système trichromatique CIE.

a* : attribut chromatique rouge-vert ou Redness d'une farine ou un produit alimentaire selon le système trichromatique CIE.

b* : attribut chromatique jaune-bleu ou Yellowness d'une farine ou un produit alimentaire selon le système trichromatique CIE.

Liste des tableaux et des figures

1. Liste des tableaux

N°	Titre	Page	Chapitre où se trouve
01	Composition physique et chimique des tubercules de <i>Cyperus esculentus</i> (KOFFI et al., 2005).	7	<u>CHAPITRE I</u> : Généralités sur le souchet comestible (<i>Cyperus esculentus L</i>)
02	Caractéristiques physiques des tubercules de <i>Cyperus esculentus</i> (KOFFI et al., 2005).	8	<u>CHAPITRE I</u> : Généralités sur le souchet comestible (<i>Cyperus esculentus L</i>)
03	Composition Minérale de la Farine de Souchet (Oladele et al., 2007).	12	<u>CHAPITRE I</u> : Généralités sur le souchet comestible (<i>Cyperus esculentus L</i>)
04	Composition de la farine de blé (Lassoued, 2009).	21	<u>CHAPITRE II</u> : Technologie biscuitière
05	Composition du sucre (Diguer et Ammouche, 2020).	23	<u>CHAPITRE II</u> : Technologie biscuitière
06	Valeur nutritionnelle de la matière grasse végétale (Diguer et Ammouche, 2020).	24	<u>CHAPITRE II</u> : Technologie biscuitière
07	Valeur nutritionnelle moyenne de quelques biscuits (Saadoudi, 2019 ; Menasra, 2020).	31	<u>CHAPITRE II</u> : Technologie biscuitière
08	Types et quantités des ingrédients ajoutés dans la fabrication du cookie de souchet comestible.	37	<u>CHAPITRE III</u> : Matériels et Méthodes
09	Propriétés physico-chimiques impliquant les critères technologiques de la farine de souchet comestible.	42	<u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion

10	Les caractéristiques*physiques des cookies de souchet comestible fabriqués dans cette étude comparés aux cookies commerciaux.	45	<u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion
11	Les propriétés sensorielles des cookies* à base de souchet comestible sans sucre ou avec sirop de miel enrichi de probiotiques, entreposés à température ambiante (1 ^{ère} dégustation : j= 1)	47	<u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion
12	Les propriétés sensorielles des cookies* à base de souchet comestible sans sucre ou avec sirop de miel enrichi de probiotiques, entreposés à température ambiante (2 ^{ème} dégustation : j= 15)	47	<u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion
13	Les caractéristiques de la couleur des cookies* à base de souchet comestible sans sucre ou avec sirop de miel enrichi de probiotiques, entreposés à température ambiante (1 ^{ère} dégustation : j= 1).	49	<u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion
14	Les caractéristiques de la couleur des cookies * à base de souchet comestible sans sucre ou avec sirop de miel enrichi de probiotiques, entreposés à température ambiante (2 ^{ème} dégustation : j= 15).	49	<u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion
15	Survie de l'isolat probiotique SL4 (log 10 UFC/1 cookie*) dans les cookies à base de farine de souchet comestible et enrichi de sirop de miel d'abeille à 5%.	56	<u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion

2. Liste des figures

N°	Titre	Page	Chapitre où se trouve
01	Tubercules <i>Cyperus esculentus</i> (Anonyme, 2014).	4	<u>CHAPITRE I</u> : Généralités sur le souchet comestible (<i>Cyperus esculentus</i> L)
02	Dimensions d'un tubercule (BORI et al., 2019).	5	<u>CHAPITRE I</u> : Généralités sur le souchet comestible (<i>Cyperus esculentus</i> L)
03	Tubercules du souchet	5	<u>CHAPITRE I</u> : Généralités sur le souchet comestible (<i>Cyperus esculentus</i> L)
04	Le tubercule du souchet comestible (Anonyme, 2016).	6	<u>CHAPITRE I</u> : Généralités sur le souchet comestible (<i>Cyperus esculentus</i> L)
05	Chufa (Souchet) (Poiret, 2017).	9	<u>CHAPITRE I</u> : Généralités sur le souchet comestible (<i>C esculentus</i> L)
06	La préparation de l'huile de souchet dans l'industrie alimentaire et les sous-produits générés (Yali Yu et al., 2022).	10	<u>CHAPITRE I</u> : Généralités sur le souchet comestible (<i>Cyperus esculentus</i> L)
07	La farine de souchet (Anonyme, 2012).	11	<u>CHAPITRE I</u> : Généralités sur le souchet comestible
08	Différents types de cookie sucré (Anonyme, 2018).	16	<u>CHAPITRE II</u> : Technologie biscuitière
09	Cookies aux pépites de chocolat	18	<u>CHAPITRE II</u> : Technologie biscuitière
10	Cookies de type Maryland	19	<u>CHAPITRE II</u> : Technologie biscuitière
11	Cookies à la farine d'avoine	19	<u>CHAPITRE II</u> : Technologie biscuitière
12	Cookies à la noix de coco	19	<u>CHAPITRE II</u> : Technologie biscuitière

13	Cookies aux arachides	19	<u>CHAPITRE II</u> : Technologie biscuitière
14	Organigramme de fabrication adopté des biscuits (Yadav et al., 2012).	29	<u>CHAPITRE II</u> : Technologie biscuitière
15	Tubercules bruns utilisés dans cette étude	32	<u>CHAPITRE IV</u> : Matériels et Méthodes
16	Les différentes étapes réalisées dans l'expérimentation	34	<u>CHAPITRE IV</u> : Matériels et Méthodes
17	La farine de souchet utilisée dans ce travail	34	<u>CHAPITRE IV</u> : Matériels et Méthodes
18	Diamètre et l'épaisseur d'un cookie confectionné	38	<u>CHAPITRE IV</u> : Matériels et Méthodes
19	Des cookies préparés à partir de la farine de souchet comestible	44	<u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion
20	L'estimation de la fracturabilité (longueur du cookie cassé en mm) des cookies confectionnés comparés aux cookies commerciaux	45	<u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion
21	Croissance abondante de l'isolat probiotique SL4 en présence de 2% (p/v) farine de souchet comestible ou de 5% (p/v) miel d'Eucalyptus.	46	<u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion
22	Les degrés de satisfaction des panélistes sur le goût, l'odeur, la couleur et la texture des cookies de souchet comestible sans sucre ou enrichis de miel (1 ^{ère} dégustation, T=1 jour).	51	<u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion
23	Les degrés de satisfaction des panélistes sur le goût, l'odeur, la couleur et la texture des cookies de souchet comestible sans sucre ou enrichis de miel (2 ^{ème} dégustation, T= 15 jours).	52	<u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion

24	Les degrés d'appréciation globale des cookies de souchet comestible sans sucre ou avec miel et probiotiques selon le test hédonique (1 ^{ère} dégustation, T= 1 jour).	54	<u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion
25	Les degrés d'appréciation globale des cookies de souchet comestible sans sucre ou avec miel et probiotiques selon le test hédonique (2 ^{ème} dégustation, T= 15jours)	54	<u>CHAPITRE IV</u> : Résultats et discussion

Sommaire

Résumé

Abstract

Dédicace

Remerciements

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux et des figures

Introduction.....01

Chapitre I : Généralités sur le souchet comestible

I.1. Historique et l'origine de souchet.....03

I.2. Taxonomie et description morphologique du souchet comestible.....03

I.2.1. Les caractéristiques morphologiques de souchet comestible.....04

I.2.2. Classification des tubercules.....05

I.3. Les caractéristiques physico-chimiques de tubercules *Cyperus esculentus*.....06

I.4. L'utilisation alimentaire de tubercules *Cyperus esculentus*.....09

I.4.1. Tubercules.....09

I.4.2. Lait de souchet.....09

I.4.3. Huile de souchet.....10

I.4.4. Produits de boulangerie sans gluten (la farine de souchet comestible).....11

I.5. Les Effets de souchet comestible sur la santé humaine.....12

➤ Propriétés biologiques du souchet12

➤ Propriétés régénératrices, digestives et anti-oxydantes.....13

➤ Propriétés antimicrobiennes, anti-diarrhéiques et anti-cancérogènes.....13

➤ Propriétés antidiabétiques.....14

➤ Propriétés hypocholestérolémiantes14

➤ Propriétés anti arthritiques et anti-athérogéniques.....14

I.6. Les zones de production mondiale et la commercialisation de tubercules.....	14
--	----

Chapitre II: Technologies biscuitières

II.1. Définition.....	16
II.2. Classification des biscuits.....	16
II.3. Les catégories de biscuit.....	17
II.3.1. Les crackers.....	17
II.3.2. Les biscuits à pâte courte	17
II.3.3. Les cookies.....	18
II.3.4. Les biscuits diététiques.....	20
II.4. Principaux ingrédients.....	21
II.4.1. Farine.....	21
II.4.2. Sucre.....	22
II.4.3. Matière grasse.....	23
II.5. Autres ingrédients.....	24
II.5.1. Lait.....	24
II.5.2. Le sel.....	24
II.5.3. L'eau.....	25
II.6. La fabrication des biscuits.....	25
II.6.1. Le mixage.....	25
II.6.2. Le pétrissage.....	26
II.6.3. La fermentation.....	26
II.6.4. Le laminage.....	26
II.6.5. Le découpage.....	26
II.6.6. La cuisson.....	27
II.6.7. Le refroidissement.....	28

II.6.8. L’emballage et la conservation.....	28
II.7. Les critères de qualité des biscuits.....	29
II.7.1. La texture.....	29
II.7.2. La couleur.....	30
II.7.3. Goût, flaveur et arôme.....	30
II.8. La qualité nutritionnelle des biscuits.....	31

Chapitre III: Matériels et Méthodes

III.1. Matériels.....	32
III.1.1. Matériel biologique.....	32
III.1.2. Matériel non biologique	32
III.2. Méthodes.....	33
III.2.1. Préparation de farine.....	34
III.2.2. Analyses physicochimiques de la farine.....	34
III.2.2.1. Détermination de la densité apparente (DA).....	34
III.2.2.2. Détermination de la dispersibilité (Dis).....	35
III.2.2.3. Détermination de la capacité d'absorption d'eau (CAE).....	35
III.2.2.4. Détermination de la capacité d'absorption d'huile (CAH).....	35
III.2.2.5. Détermination de la capacité de moussage (CM).....	36
III.2.2.6. Détermination du gluten humide.....	36
III.2.3. Analyse des cookies	36
III.2.3.1. Formulation et préparation des cookies.....	36
III.2.3.2. Analyse physique des cookies.....	38
III.2.3.3. Survie des bactéries probiotiques.....	39
III.2.4. Analyse sensorielle.....	39
III.2.5. Analyse statistique.....	40

CHAPITRE IV: Résultats et discussion

IV.1. Résultats de l'analyse physico-chimique de la farine de souchet comestible brute.....	41
IV.1.1. La densité apparente (DA).....	41
IV.1.2. La dispersibilité (Dis).....	41
IV.1.3. La capacité d'absorption d'eau (CAE).....	41
IV.1.4. La capacité d'absorption d'huile (CAH).....	42
IV.1.5. La capacité de moussage (CM).....	42
IV.1.6. Le gluten humide.....	43
IV.2. Analyse des cookies	43
IV.2.1. Formulation et préparation des cookies.....	43
IV.2.2. Analyse physique de cookies confectionnés à la farine de souchet comestible.....	43
IV.2.3. Capacité de croissance de l'isolat probiotique en présence de la farine de souchet comestible ou de miel d'abeille	46
IV.2.4. Analyse sensorielle de cookies à base de farine de souchet comestible.....	46
IV.2.4.1. Analyse d'acceptabilité globale.....	46
IV.2.4.2. Analyse de la couleur selon le système CIE.....	48
IV.2.3. Avis des panélistes, degrés de satisfaction et test hédonique.....	50
IV.2.3.1. Degrés de satisfaction des panélistes.....	50
IV.2.3.2. Le test hédonique des cookies.....	53
IV.2.4. Survie de la bactérie probiotique dans nos cookies entreposés.....	55
Conclusion	57

Références bibliographiques

Annexe

Introduction

Introduction

Le besoin de nourriture de l'être humain n'est pas seulement un choix pour lui, mais plutôt une partie essentielle de son corps. Par nature, l'être humain mange différents types d'aliments, qu'ils soient d'origine animale ou végétale. Parmi ces plantes, nous citons la plante souchet comestible qui est riche en vitamines, antioxydants, sels minéraux, fibres alimentaires et protéines. Il est considéré comme l'une des plantes anciennes qui était célèbre pour son utilisation dans de nombreux domaines tels que l'alimentation et la médecine traditionnelle, grâce aux nutriments et aux composants importants qui y sont présents. Le nom scientifique de souchet comestible est *Cyperus esculentus* L., également connue sous le nom de noix tigrée, d'amandes terreuses en Afrique, de chufa en Espagne et de « Hab Alaziz » en Algérie et dans beaucoup pays arabes.

L'utilisation du souchet comestible remonte à plus de 3000 ans. Il était déjà mentionné dans des écrits datant de l'Égypte ancienne. Il fut introduit en Europe par les Arabes à partir du XIX^e siècle, c'est surtout dans les cuisines que l'usage du souchet comestible est traditionnellement réservé. Il peut être mangé cuit ou grillé. Dans plusieurs pays, il est réduit en poudre et entre dans la composition de porridges ou bien de biscuits.

Les biscuits sont des produits céréaliers les plus populaires consommés à travers le monde à cause de différents raisons, leur qualité gustatives, leur coût accessible, leur disponibilité dans différentes variétés, ainsi que leur longue durée de conservation. Sans sucre ou sans sel, avec protéines, riches en fibres insolubles ou sans gluten. Les biscuits diététiques sont estampillés "sains", "légers" ou "minceur"... cette gamme ne cesse de s'étoffer et de multiplier les promesses nutritionnelles (**Simanca-Sotelo et al., 2021**).

D'après une récente étude publiée en Mai 2022, 70.31% des Algériens déclarent avoir pris l'habitude de faire attention à leur alimentation. Une coutume acquise durant la pandémie de Covid-19 qui a poussé le simple citoyen Algérien à se questionner sur la composition (liste des ingrédients) que renferme un produit industrialisé. 48% considèrent que les effets négatifs que peuvent avoir les produits alimentaires sucrés et industrialisés sur la santé sont désormais plus importants (**Ziar et al., 2022**).

Les biscuits diététiques sont de nombre très limité dans le marché algérien. Le peu qui existe vient des efforts de certains particuliers. La proposition d'une nouvelle formulation de cookies diététiques en substituant la farine de blé était l'objet de ce travail.

L'objectif de notre travail est de formuler des biscuits diététiques de type « cookies » à base de la farine de souchet comestible et de bactéries probiotiques. Dans ce travail, nous déterminant les propriétés physico-chimiques de la farine de souchet comestibles qui servira pour la fabrication du biscuit. Ainsi, des analyses physiques et sensorielles sur les cookies sans sucre ou enrichis de miel d'abeille, seraient aussi réalisées.

Chapitre I : Généralités sur
le souchet comestible
(Cyperus esculentus L)

Chapitre I : Généralités sur le souchet comestible (*Cyperus esculentus L*)

I.1. Historique et l'origine de souchet

Le souchet (*Cyperus esculentus L*) est une plante originaire d'Égypte antique et sa culture Remonte à 6000 ans avant J.C. Elle est citée parmi les plus anciennes plantes cultivées Dans l'Égypte ancienne et sa culture semblait être, pendant longtemps, une spécialité Égyptienne, car des tubercules secs de souchet ont été trouvés dans les tombes des pharaons Depuis l'époque prédynastique. Par ailleurs, d'autres travaux révèlent que les tubercules Seraient originaires de la région de Chuffa au Soudan. Ce qui pourrait expliquer le nom Xufa (chufa) donné à ces tubercules en Espagne. Ainsi, pendant des millénaires sa culture Etait donc une spécialité entre le Soudan et l'Égypte, à la frontière du Nil (**NDIAYE, 2020**).

Le souchet comestible est originaire de régions subtropi-cales selon les auteurs (**Bohren et Wirth, 2013**), Le tubercules *Cyperus* été découverts pour la première fois en Suisse (**Bohren et al., 2013**).

Le *Cyperus esculentus* était utilisé comme aliment, parfum et médicament dans l'ancienne méditerranée orientale. La recette égyptienne des tubercules de *Cyperus*, d'autres plantes, des pâturages et du vin décrite par Dioscoride est similaire à celle du papyrus Ebers et a montré une continuité depuis plus de 1600 ans (**Negbi, 1992**).

Au Niger le souchet est composé de type à gros tubercules et de type à petits tubercules. Selon les producteurs, le souchet à gros tubercules a été introduit il y a plus de 100 ans. Par contre le souchet à petits tubercules serait plus récent et résulte d'une domestication de la forme sauvage (**Haoua et al., 2018**).

Selon **ALOU (2005)** Le tubercules *Cyperus* En Afrique sub-saharienne, est cultivé essentiellement au mali, au Burkina Faso, au Nigéria et Au Niger. En 2005, la production sous régionale se chiffrait à 24 000 tonnes au Niger, 6500 Tonnes au mali et 1124 tonnes au Burkina.

I.2. Taxonomie et description morphologique du souchet comestible

Cyperus esculentus L. est une espèce herbacée pérenne de type C4 à croissance clonale qui appartient à la famille des Cyperaceae (**Djomdi, 2019**).

Le souchet porte d'autres noms en fonction de tribu ou de la région où le tubercule du souchet est cultivé et utilisé. Le nom de genre *Cyperus* est dérivé d'un ancien nom grec *Cypeirus*

Tandis que le nom de l'espèce *esculentus* provient d'un mot latin qui signifie comestible, Le souchet est également appelé "noix de Zoulou", "noix jaune", "Chufa", "carex plat", "noix de jonc comestible", "herbe à eau", "amande", "herbe à noix du nord" et l'herbe aux noix" (Maduka et Ire, 2018).

I.2.1. Les caractéristiques morphologiques de souchet comestible

Le souchet comestible présente une tige simple à 3 cotés et des feuilles vertes foncées tristiques de 20 à 65 cm de long. Les feuilles présentent une couche cireuse à leur surface (PITREL *et al.*, 2016), (*Cyperus esculentus*) est une culture comestible bulbeuse appartenant à la famille Du souchet comestible (Haoua *et al.*, 2018).



Figure1 : Tubercules *Cyperus esculentus* (Anonyme, 2014).

Les caractéristiques morphologiques des tubercules portent sur trois aspects : la couleur, la taille et la forme. La détermination de la couleur des tubercules pour chaque écotype a été effectuée par lots de 100 tubercules. Les différentes couleurs de l'écotype souchet ont été déterminées par la méthode de confrontation au crayon de couleur. Le nodule a été placé à côté du crayon de couleur et le type de couleur correspondant a été dérivé par observation. Pour chaque écotype, 100 échantillons de tubercules séchés ont été prélevés après récolte. Les

mesures de diamètre des tubercules ont été faites sur deux axes verticaux D1 et D2. Le diamètre D1 représente l'axe reliant les deux sommets, et le diamètre D2 est l'axe perpendiculaire à D1 (Figure 2). En mesurant le diamètre des deux rectangles, vous pouvez déterminer la forme et la taille de l'ampoule. Les tubercules sont classés en trois groupes selon la classification que $D1 / D2 < 1 \times = D1 / D2$: est proposé à base de, $D1 / D2 < 1 \times 1 \times =$ retiré dans le boîtier, le moule est allongé (BORI *et al.*, 2019).

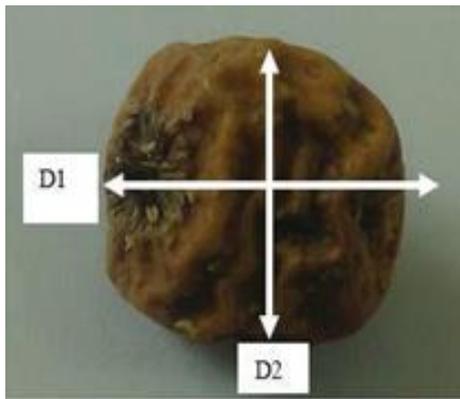


Figure 2:Dimensions d'un tubercule (BORI *et al.*, 2019). **Figure 3 :** Tubercules du souchet

I.2.2. Classification de tubercules Selon (DODET, 2006).

Classe : Liliopsida

Sous classe : Commelinidae

Ordre : Cyperales

Famille : Cyperaceae

Sous famille : Scirpoideae

Genre : Cyperus

Espèce : Esculentus



Figure 4 : Le tubercule du souchet comestible (Anonyme, 2016).

I.3. Les caractéristiques physico-chimiques de tubercules *Cyperus esculentus L*

Le souchet est riche en vitamines, éléments minéraux, glucides, lipides et protéines. Sa teneur en protéines peut varier entre 5 à 13% celle en glucides entre 38,43 à 69%, celle en amidon peut varier entre 25 à 31%. La teneur en cellulose brute culmine à 11,9%. Le souchet, bien qu'étant un tubercule, présente une teneur en matières grasses qui peut atteindre 44,52% (NDIAYE, 2020).

Les tubercules de *Cyperus esculentus L* sont généralement jaunâtres et de différentes queues et tailles, parfois les tubercules noirs âtres sont appelés comme des mutants. Comparé à la Côte d'Ivoire et à certains aliments de base couramment utilisés en Afrique, *Cyperus esculentus L* à une teneur élevée en protéines et en minéraux. L'ingestion de tubercules de *Cyperus esculentus* avec une partie de la nourriture présente devrait être bénéfique pour les personnes souffrant d'une carence en azote. Les plantes *Cyperus esculentus* contiennent également plusieurs composés actifs tels que des stérols, des polyterpènes et des alcaloïdes (Koffiet *al.*, 2011), Caractérisation des tubercules bruts révèle des teneurs importantes en minéraux (mg/100g) de 896,3 mg (K), 267,8 mg (P), 104,9 mg (Mg), 26,07 mg (Ca), 15,8 mg (Na), 4,51 mg (Fe) et 2,03 mg (Zn). La recherche met de même en insignifiance la réél des vitamines C (12,6 mg), E (80,32 mg) et les vitamines B (B1, B2, B3, B5, B6, B9 et B12) rebrousse-poil des teneurs respectives en mg/100g de 0,23 ; 0,37 ; 1,8 ; 1,5 ; 0,58 ; 0,21 et 0,004 mg. La teneur en protéines est évaluée à 5%, les glucides à 63,83% ; la chapitre charnue à 24,72% et les fibres à 32,8% (NDIAYE et NDOYE, 2021).

Tableau 1 : Composition physique et chimique des tubercules de *Cyperus esculentus* (KOFFI *et al.*, 2005).

Paramètres mesurés	Composition (%)
Humidité	8,3
Cendres	2,17
Cellulose	11,9
Parois cellulaires (NDF)	28,20
Lignocellulose (ADF)	13,81
Lignine	3,32
Protéines (N*6.25)	6,04
Matière grasse	24,70
Sucres totaux	20,2
Amidon	32,0

Tableau 2: Caractéristiques physiques des tubercules de *Cyperus esculentus*

(KOFFI *et al.*, 2005).

Paramètres mesurés	Caractéristiques (moyenne)
Longueur tubercules oblongs, ovoïdes, ellipsoïdes (mm)	13,82 ± 1,3
Grand diamètre tubercules oblongs, ovoïdes, ellipsoïdes (mm)	8 ± 0,8
Petit diamètre tubercules oblongs, ovoïdes, ellipsoïdes (mm)	4,6 ± 0,4
Diamètre tubercules ronds (g)	5,1 – 6,3
Masse (g)	0,81 ± 0,22
Masse (100 tubercules) (g)	81 ± 0,3
Masse (petits tubercules noirs) (g)	0,22 ± 0,06
Masse (100 petits tubercules noirs) (g)	22 ± 0,07
Diamètre (petits tubercules noirs)(mm)	0,3 ± 0,03

I.4. L'utilisation alimentaire de tubercules *Cyperus esculentus L*

I.4.1. Tubercules

Selon **KOFFI *et al.*, (2005)**, les tubercules de souchet sont utilisés pour soigner l'indigestion et permettent de renforcer le système de défense de l'organisme contre les infections. Dans de nombreux pays africains, les tubercules sont consommés crus, bouillis ou grillés (**ZIBA, 2017**). Le tubercule de souchet est généralement transformé en trois principaux produits utiles, à savoir le lait de souchet, la farine de souchet et l'huile de souchet (**Maduka et Ire, 2018**).

I.4.2. Lait de souchet

Lait de souchet L'"Horchata de chufa" est un lait végétal produit par le souchet et est encore populairement consommé en Espagne. Par rapport au lait animal, le lait végétal a de nombreux effets positifs sur la santé sur le corps humain, en particulier pour les personnes souffrant d'allergies au lait et d'intolérance au lactose. Le lait de souchet est produit par les étapes de broyage humide, filtration, ajout d'ingrédients, stérilisation, homogénéisation, conditionnement aseptique et réfrigération. Il contient des composés phénoliques, des acides gras insaturés et des substances biologiquement actives. Malgré les avantages de la "Horchata de chufa", elle n'a pas été distribuée à grande échelle dans le monde entier en raison du niveau élevé de microbiologie. dans le monde entier en raison de la charge microbologique élevée des tubercules récoltés et de leur courte durée de conservation. De plus, les traitements thermiques conventionnels tels que la pasteurisation et la stérilisation entraînent une perte indésirable de l'arôme le plus important du produit. une perte indésirable des caractéristiques sensorielles les plus appréciées de la "Horchata de chufa" (**Yali Yu *et al.*, 2022**).



Figure 5 : Chufa (Souchet) (**Poiret, 2017**).

I.4.3. Huile de souchet

Huile de souchet contient une quantité de lipides (22,14–44,92%). Le profilage lipidique est similaire à l'huile d'olive qui est considérée comme la matière grasse la plus adaptée à la consommation humaine. . En plus de l'huile, il contient généralement de la vitamine C, de la vitamine E, des minéraux potassium, calcium, magnésium et phénols. Les antioxydants se caractérisent à cette huile par une oxydation plus élevée par rapport aux autres huiles végétales, Il contient également des alcaloïdes, des saponines et les tanins, qui ont des effets antibactériens et anti-inflammatoires (Yali Yu *et al.*, 2022), l'huile de souchet utilisée en cuisine ou dans la préparation de salades (Zapata *et al.*, 2012).

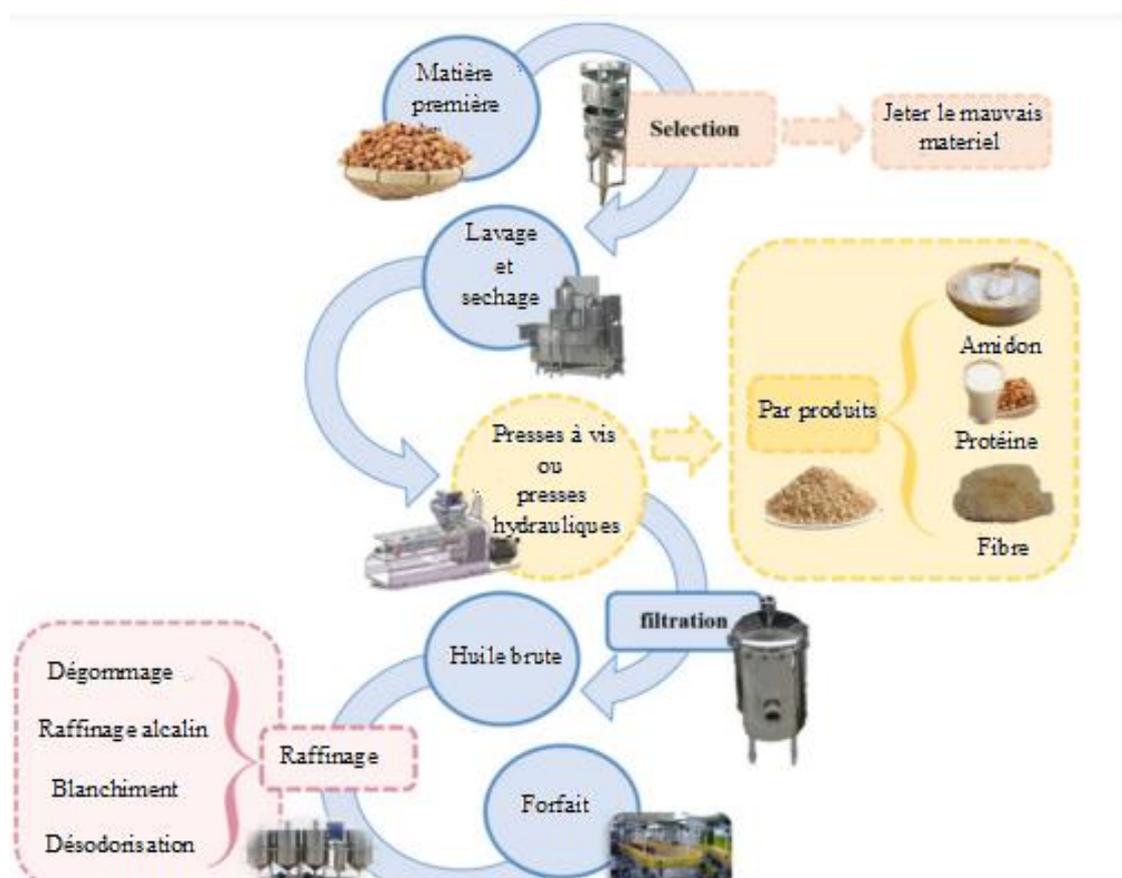


Figure 6 : La préparation de l'huile de souchet dans l'industrie alimentaire et les sous-produits générés (Yali Yu *et al.*, 2022).

I.4.4. Produits de boulangerie sans gluten (la farine de souchet comestible)

La demande de produits sans gluten augmente en raison de l'augmentation de la prévalence de la maladie cœliaque, mais la production de pain sans gluten de haute qualité est un grand défi. Pour améliorer les propriétés organoleptiques et la durée de conservation, les farines de céréales, les amidons, les protéines, les hydrocolloïdes et des émulsifiants sont généralement mélangés dans la production de pain sans gluten. La noix tigrée a été évaluée comme un nouvel ingrédient dans les produits sans gluten. Dans le pain sans gluten la farine de tubercule peut être utilisée comme émulsifiant et beurre lorsqu'elle est combinée à la farine de pois chiche ; les produits de boulangerie ont donc de bonnes caractéristiques de cuisson en termes de couleur, de dureté et de volume. De plus, la farine de souchet peut être ajoutée comme ingrédient fonctionnel pour favoriser une réduction du diamètre, du taux d'expansion, de la densité réelle et du volume total des pores dans les extrudats, ainsi que la teneur en cendres, en protéines et en phénol total, par rapport aux biscuits contenant uniquement de la farine de maïs, les biscuits fabriqués avec de la poudre de souchet ont une meilleure forme, une meilleure section transversale, une meilleure dureté et un meilleur aspect de surface (Yali Yu *et al.*, 2022).



Figure 7 : la farine de souchet (Anonyme, 2012).

Tableau 3 : Composition Minérale de la Farine de Souchet (**Oladele *et al.*, 2007**).

Élément minéral (mg/100g)	Variété Jaune	Variété Brun
Calcium	155	140
sodium	245	235
Potassium	216	255
Magnésium	51,2	56,3
Manganèse	33,2	38,41
Phosphore	121	121
Fer	0,65	0,80
Zinc	0,01	0,01
Cuivre	0,02	0,01

I.5. Les Effets de souchet comestible sur la santé humaine

La consommation des tubercules de souchet n'apporte pas seulement des avantages nutritionnels à l'organisme mais aussi des bienfaits pour la santé (**Maduka et Ire, 2018**).

- **Propriétés biologiques du souchet**

Le souchet présente des propriétés biologiques. En Afrique, il est utilisé pour ses effets sur la Réduction des maladies cardiovasculaires, il soulage les règles douloureuses, allège la Flatulence, il améliore l'intelligence et est considéré comme diurétique. Certaines femmes en Allaitement consomment le souchet afin d'augmenter leur production de lait. Par ailleurs, Certains hommes l'utilisent pour ses effets aphrodisiaques. Plusieurs travaux récents, ont Montré les possibilités thérapeutiques des tubercules de souchet illustrant ces Informations ethnobotaniques (**NDIAYE, 2020**).

- **Propriétés régénératrices, digestives et anti-oxydantes**

Selon les études, les tubercules de souchet favorisent la régénérescence des tissus, des muscles, du flux sanguin, de la croissance du corps et fortifie les os car ils sont riches en minéraux tels que le phosphore, le potassium, le calcium et le magnésium. Le souchet est recommandé pour l'indigestion, la flatulence et la diarrhée, car il fournit des enzymes (NDIAYE, 2020).

Cyperus esculentus a été signalé pour aider à prévenir cœur caillots sanguins et activer la circulation sanguine (Adejuyitan *et al.*, 2009), il réduit le risque de maladie coronarienne, d'artériosclérose (Gambo et Da'u, 2014), L'extrait de souchet joue un rôle essentiel dans la prévention de maladies cardiaques (Maduka et Ire , 2018).

souchet comestible est responsable de la prévention et du traitement de infections des voies urinaires et des infections bactériennes, aidant à réduire le risque de cancers (cancer du côlon) (Adejuyitan *et al.*, 2009), il recommandé pour ceux qui ont une digestion lourde, des flatulences et la dysenterie (Gambo et Da'u, 2014), La consommation de tubercules de tigré contribue largement à la prévention et au traitement des infections des voies urinaires ainsi que d'autres infections bactériennes (Maduka et Ire , 2018).

Les tubercules de souchet possèdent des propriétés antioxydantes, du fait De la présence de composés phénoliques et de vitamine E, ils réduisent aussi l'anxiété .Le souchet présente des propriétés anti inflammatoires. L'administration de l'huile de souchet chez des rats wistar mâles traités avec le STZ afin d'induire des dommages sur le Foie, montre une augmentation significative de l'activité antioxydante des enzymes tels que Glutathion Peroxydase, Reduced Glutathione et le Superoxyde Dismutase . L'huile de Souchet améliore le statut du profil lipidique et la capacité antioxydante (NDIAYE, 2020).

- **Propriétés antimicrobiennes, anti-diarrhéiques et anti-cancérigènes**

Les tubercules de souchet sont doués de propriétés antimicrobiennes du fait de la présence Importante de composés phytochimiques. Ainsi, l'activité antimicrobienne in vitro de l'extrait Aqueux de tubercules de souchet a révélé des effets significatifs importants sur *Escherichia Coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis* et *Staphylococcus aureus* (NDIAYE, 2020).

- **Propriétés antidiabétiques**

Les données sur les propriétés antidiabétiques des tubercules de souchet sont nombreuses. Ces Essais portent à la fois sur les tubercules bruts, l'huile de souchet et le lait de souchet. D'après Chevallier, le souchet peut intervenir dans la régulation du diabète. Ainsi, une réduction De la teneur en glucose dans le sang a été constatée dans les travaux de **Chukwuma *et al.*** Comparé au lot témoin. Cette réduction de la teneur en glucose sanguin est attribuée à la Teneur élevée en arginine, qui permet la libération de l'hormone insuline (**NDIAYE, 2020**), Le souchet comestible sans sucre peut être utilisé pour le diabète en raison de sa teneur élevée en glucides y compris le saccharose le plus élevé et l'amidon {sans glucose}, et l'arginine qui libère l'hormone insuline. (**Gambo et Da'u, 2014**).

- **Propriétés hypocholestérolémiantes**

L'huile de souchet contribue à la réduction du taux de cholestérol, des risques de maladies Coronariennes et d'athérosclérose. Une supplémentation d'huile de Souchets chez des rats albinos, entraîne une réduction du taux de cholestérol et une Augmentation du HDL-C. Une étude de **Oguwike *et al*** sur le profil hématologique et Biochimique de sujets hypercholestérolémiques montre une réduction importante du taux de Cholestérol comparé aux témoins (**NDIAYE, 2020**), Comparé à d'autres boissons gazeuses, le lait de souchet comestible n'est pas seulement une boisson rafraîchissante, mais aussi très saine. Il aide à réduire le taux de cholestérol en abaissant le « mauvais » cholestérol du les lipoprotéines de basse densité (LDL). Sa teneur en vitamine E contribue également Il travaille également dans la lutte contre le cholestérol. Cela est dû à son activité antioxydant contre les graisses (**Gambo et Da'u, 2014**).

- **Propriétés anti arthritiques et anti-athérogéniques**

L'huile de souchet possède des propriétés antiarthritiques comparées au diclofenac de sodium Qui est un médicament utilisé pour lutter contre cette anomalie. Ainsi, un traitement avec l'huile de souchet avait plus d'effets significatifs sur la réduction de l'enflure par rapport au Diclofenac sodium pendant une courte durée. Ceci montre l'efficacité du souchet dans le Traitement de l'arthrite (**NDIAYE, 2020**).

I.6. Les zones de production mondiale et la commercialisation de tubercules

Le souchet est beaucoup cultivé en Espagne, dans une zone confinée près de la ville de Valence. Le but premier de cette récolte est d'extraire, à partir des tubercules, une boisson

sans alcool Appelée « horchata » (lait du pois sucré). Le souchet est également produit aux Etats-Unis, en Amérique du Sud, en Australie et en Chine. En Afrique le souchet est produit au Burkina Faso, Au Nigeria, au Niger, et au Mali. Le Burkina Faso et le Mali représentent plus de 80% du marché D'exportation du souchet en Afrique de l'Ouest (**GEOMAR international, 2002**), Le souchet est cultivé au Burkina Faso dans la zone sud soudanienne, principalement dans les Provinces du Kéné Dougou, de la Léraba, de la Comoé, du Nounbiel de la Bougouriba et du Poni (**ZEBA, 2017**), Quant à la commercialisation du souchet au Burkina Faso, les acteurs impliqués dans la commercialisation du souchet sont les producteurs, et Collecteurs, détaillants et transformateurs. Les souchets sont vendus à un niveau Les marchés intérieurs et l'appareil de mesure restent une boîte de 1,4 kg de concentré de tomates. Le prix varie en fonction de la localisation, de la période et de la taille des tubercules (**TANNI, 2013**).

Le Niger fait partie des pays producteurs de noix tigrées, les rendements sont élevés et peuvent dépasser 18 tonnes par hectare, et la production comprend déjà plusieurs étapes :

Brûlage, démontage, tamisage et extirpation. Ainsi, avant la récolte, Les producteurs procèdent à la combustion en surface de la biomasse dans l'atmosphère des champs. Mais la culture de noix tigre demande beaucoup d'efforts (**NDIAYE, 2020**).

CHAPITRE II: Technologie

biscuitière

CHAPITRE II: Technologie biscuitière

II.1. Définition

Le nom "biscuit" vient du latin (bis coctus) et plus tard du français (bescuit) qui signifie "deux fois cuit", Les biscuits ont une longue histoire, ayant été fabriquées par les Romains, les Perses et les Égyptiens dans les temps les plus reculés. Ils étaient consommés par les marins, les armées et les pauvres comme moyen de subsistance bon marché (Davidson, 2018).

Les biscuits sont des produits de boulangerie, généralement fabriqués à partir de farine de blé, de graisse et de sucre. Ils sont fabriqués dans une variété de formes et de tailles et peuvent contenir des fruits secs, des noix et des colorants alimentaires (figure 8). Il s'agit d'un produit sec, généralement de couleur brun doré et à la texture croustillante (FAO, 2007).



Figure 8 : Différents types de cookie sucré (Anonyme, 2018).

II.2. Classification des biscuits

Il n'existe pas de classification officielle des biscuits en raison de la très grande variété des productions et de la multiplicité des composants pouvant entrer dans les diverses fabrications. Cependant, une classification peut être envisagée en se basant sur la consistance de la pâte avant cuisson (BENKADRI, 2010).

- Les pâtes dures ou semi-dures donnant naissance au type de biscuits secs sucrés et salés : casse croûte, sablés, petit beurre, etc. C'est une fabrication sans œufs qui représente environ 60 % de la consommation de biscuits.

- Les pâtes molles s'adressent à la pâtisserie industrielle. Il s'agit à la fois de biscuits secs, tels que les boudoirs, les langues de chat et d'articles moelleux tels que les génoises, les madeleines, les cakes, les macarons. La particularité de ces biscuits est leur richesse en œufs et en matières grasses.

-Les pâtes ayant une forte teneur en lait ou en eau contiennent peu de matières grasses. Ce sont les pâtes à gaufrettes.

Plusieurs facteurs peuvent influencer la qualité des biscuits tels que la qualité et le niveau des ingrédients utilisés, les conditions de fabrication telles que le pétrissage, le repos et le moulage de la pâte, et en fin la cuisson et le refroidissement des biscuits (**BENKADRI, 2010**).

II.3. Les catégories de biscuit

Les biscuits se répartissent globalement en quatre catégories, qui se distinguent par leurs recettes et leur processus : les crackers, les biscuits durs sucrés et semi-sucrés, les biscuits à pâte courte et les cookies. Chaque catégorie et chaque type de produit nécessitent un processus de mélange, de formage et de cuissons particulières (**Davidson, 2018**).

II.3.1. Les crackers

Certains considèrent les crackers comme des biscuits salés, tandis que d'autres les considèrent comme des biscuits non sucrés, salés et croquants, d'autres les considèrent comme des biscuits non sucrés, salés et croustillants, les farines de blé utilisées pour la production de crackers ont généralement une teneur plus élevée en protéines et sont plus résistantes que les farines utilisées pour les biscuits et les cookies (**Miller, 2016**).

II.3.2. Les biscuits à pâte courte

Le type de biscuits et de cookies le plus répandu dans le monde est fabriqué à partir de pâtes courtes. Ils sont aussi les plus diversifiés, variant grandement en termes d'ingrédients, la taille, la forme et la saveur. Les pâtes courtes sont généralement fabriquées en utilisant farines de blé tendre faible qui contient 9 % ou moins de protéines, et les formules

contiennent de faibles quantités d'eau et des niveaux élevés de sucre et de matière grasse (Miller, 2016).

Le gluten des pâtes courtes ne se développent pas pendant le pétrissage pour plusieurs raisons: les niveaux élevés de sucre et de matière grasse retardent le développement du gluten ; le niveau d'eau n'est pas assez élevé pour hydrater complètement le gluten, ce qui l'empêche de se développer (Miller, 2016).

II.3.3 Les cookies

Les cookies ont des niveaux élevés de matières grasses et de sucre et des niveaux d'eau relativement faibles qui donnent des pâtes courtes et friables avec un réseau de gluten presque inexistant (Cauvain, 2016).

La plupart des cookies ont une faible teneur en humidité de moins de 5 %. Ils varient largement en taille, forme, formulation, méthode de préparation et saveur. La texture varie du croustillant et dure à molle et moelleuse (Miller, 2016).

La qualité et la quantité des ingrédients incorporés pour la formation de la pâte à cookies déterminent les propriétés sensorielles recherchées par le consommateur en termes d'aspect visuel (couleur de la croûte et la croustillance), gustatif (goût sucré, moelleux en bouche, etc) et olfactif, mais aussi ses propriétés de conservation (Diguier et Ammouche, 2020).

Selon Sykes et Davidson (2020) il y a différents types des cookies :

- Cookies aux pépites de chocolat (Figure 9)



Figure 9 : Cookies aux pépites de chocolat (Sykes et Davidson, 2020).

- Cookies de type Maryland (**Figure 10**)



Figure 10 : Cookies de type Maryland (Sykes et Davidson, 2020).

- Cookies à la farine d'avoine (**Figure 11**)



Figure 11 : Cookies à la farine d'avoine (Sykes et Davidson, 2020).

- Cookies à la noix de coco (**Figure 12**)



Figure 12 : Cookies à la noix de coco (Sykes et Davidson, 2020).

- Cookies aux arachides (**Figure 13**)

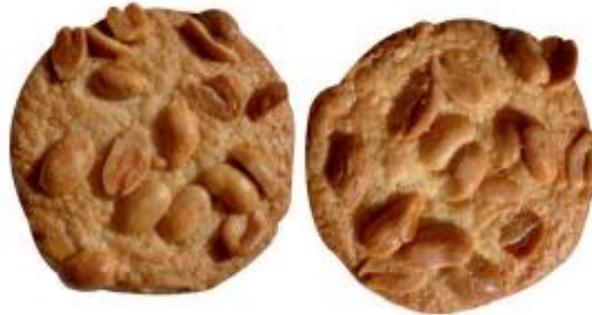


Figure 13 : Cookies aux arachides (Sykes et Davidson, 2020).

II.3.4. Les biscuits diététiques

Selon **Manely (2001)** Les biscuits de ce groupe sont principalement destinés aux personnes souffrant de problèmes médicaux se manifestant par des intolérances ou des allergies.

- **Biscuits sans gluten**

Les personnes souffrant d'une intolérance au gluten, également connue sous le nom de maladie cœliaque, ont une sensibilité de l'intestin qui est affectée par les protéines du blé, de l'orge, le seigle et l'avoine (**Manely, 2001**), Divers produits sont utilisés pour remplacer le blé, notamment le riz, le manioc, la pomme de terre, les céréales comme le maïs, ou le sorgho, ainsi que d'autres matériaux fonctionnels tels que les pseudo-céréales, les légumineuses et les graines (**Tawil et al., 2018**).

- **Biscuits pour diabétiques**

Les personnes souffrant de diabète, présentent un dysfonctionnement du métabolisme du glucose. Après un repas, le taux de glucose dans le sang augmente et redescend ensuite. Les personnes souffrant de diabète doivent contrôler leur consommation de glucides, Les biscuits destinés aux patients diabétiques doivent donc être pauvres en glucides de petit poids moléculaire (sucres) et la composition et les quantités de ces glucides doivent être clairement indiquées (**Manely, 2001**), le sucre est remplacé par des polyols tels que le mannitol ou le polydextrose (**Gallagher et al., 2003; Ansari et Kumar, 2012**).

II.4. les principaux ingrédients

Les ingrédients utilisés et leurs quantités ont un rôle essentiel selon le type de biscuits ou gâteaux désiré qui nécessitent différentes pâtes, selon les divers moulages et les différentes cuissons (Denis, 2011)

Les principaux ingrédients de la fabrication de biscuits sont les farines, les sucres et les grasses. A ces ingrédients, divers petits ingrédients peuvent être ajoutés pour le levain, le goût et la et la texture (Davidson, 2018).

II.4.1. Farine

La farine de blé est l'ingrédient de base des produits de panification. Outre l'abondance de cette céréale, son utilisation très répandue est liée à la capacité de la pâte à retenir le gaz permettant, ainsi, son expansion lors de la cuisson. La farine est un composé complexe (Tableau 4) comportant différents constituants (protéines, lipides, sucres...) qui jouent un rôle direct ou indirect dans la structuration et l'aération de la pâte (Lassoued, 2009).

Les fabricants de biscuits utilisent des farines dérivées de blés tendres et durs, en fonction des caractéristiques de transformation et de texture requises, Les produits fabriqués avec les seules farines de blé dur ont tendance à être plus denses, plus minces et plus durs. Elles nécessitent également un niveau d'eau plus élevé pour produire une pâte transformable, et plus d'énergie est utilisée dans le processus de cuisson (Cauvain, 2016).

Tableau 4: Composition de la farine de blé (Lassoued, 2009).

Constituants	% matière sèche de la farine
Eau	14
Protéines	7-15
Amidon	63-72
Polysaccharides non amylacés	4,5-5
Lipides	1-2

Selon **Cauvain (2016)** les principaux critères pour les farines pour biscuits et craquelins sont les suivants :

- **Humidité** : ne doit pas dépasser 14% pour éviter la formation de moisissures pendant le stockage.
- **Protéines** : pour les biscuits à pâte courte et semi-sucrée 8-9,5% et pour les crackers 9,5-10,5%.
- **Dégradation de l'amidon** : les farines ayant une faible capacité d'absorption d'eau sont généralement souhaitables, et de faibles niveaux d'amidon endommagé sont donc préférables.
- **L'absorption d'eau** : peut être mesurée comme pour la fabrication du pain, mais pour les pâtes à biscuits, il est plus significatif d'évaluer l'absorption d'eau.

II.4.2. Sucre

Les sucres sont des ingrédients majeurs et importants de la plupart des biscuits. En plus de leur le goût sucré, ils sont des substances qui modifient et améliorent la structure et l'arôme des biscuits (**Manley, 2011**).

Les sucres affectent les dimensions, la couleur, la dureté, la finition de surface et le goût sucré des produits, le sucre se met en solution pendant le chauffage et forme une structure semblable à du verre lorsqu'il est refroidi. Il en résulte une texture ouverte lorsque le gluten ne s'est pas développé. Les propriétés difficiles à manger des biscuits croquants sont dues à leur forte teneur en sucre : par exemple, les biscuits au gingembre contiennent jusqu'à 34 % de sucre, contre 19 % pour les digestifs qui se mangent plus rapidement (**Cauvain, 2016**).

D'autres sucres réducteurs sont inclus dans les préparations de biscuits sous forme de sirop, par exemple le sirop de glucose, les extraits de malt et le miel. Les sucres réducteurs en présence d'acides aminés produisent la réaction de Maillard qui contribue à la couleur du biscuit (**Davidson, 2018**).

La valeur nutritionnelle pour 100g du sucre est décrite dans le tableau 5

Tableau 5 : Composition du sucre (Diguer et Ammouche, 2020).

Protéines	0 %
Glucides	99.6 %
Lipides	0 %
Vitamine	0 %

II.4.3. Matière grasse

La graisse est l'un des ingrédients les plus importants des biscuits. Elle ajoute de la structure, de la qualité gustative et la saveur du produit. Sans matière grasse, les biscuits ne seraient pas reconnaissables de ceux que l'on trouve aujourd'hui. La matière grasse d'un biscuit peut être désignée de plusieurs façons : elle peut l'étiquette en tant que beurre, graisse animale, graisse végétale ou huile végétale (y compris les types nommés tels que l'huile de palme, l'huile de tournesol, etc) (Atkinson, 2011).

L'augmentation de la teneur en matières grasses dans les recettes permet d'obtenir des produits plus moelleux mais peut modifier d'autres caractéristiques des biscuits. Par exemple, des niveaux plus élevés de matières grasses dans la pâte courte induisent un écoulement pendant la cuisson, ce qui conduit à des biscuits plus fins avec des diamètres plus grands (Cauvain, 2016).

Selon Davidson (2018) les crackers et les pâtes à biscuits sucrés durs, qui sont laminés et coupées, ont une teneur en matières grasses de 10 à 22 % de la farine en poids. Les pâtes moulées par rotation rotative peuvent contenir 17 à 30 % de matières grasses et les pâtes à biscuits coupées et déposées des pâtes à cookies 25%-60%.

La valeur nutritionnelle pour 100g de matière grasse végétale est présentée dans le tableau 6 suivant :

Tableau 6: Valeur nutritionnelle de la matière grasse végétale (Diguier et Ammouche, 2020).

Lipides	82 %
Glucides	0.2 %
Eau	16 %
Divers	Dont minéraux, vitamines et additifs divers (émulsifiant, acidifiant, conservateur, antioxydants, arôme, ...) 1.8%

II.5. Autres ingrédients

II.5.1. Lait

Le lait, est un ingrédient traditionnel de la boulangerie en raison de leur saveur et de leur valeur nutritionnelle exceptionnelle, la teneur en protéines et en sucres réducteurs (lactose) contenus dans les produits laitiers contribuent fortement à la réaction de Maillard qui donne aux biscuits une coloration de surface brun doré, le lait peut également donner un peu plus de tendreté au biscuit, mais il n'est utilisé qu'en petites quantités en raison de son effet sur la coloration de surface, Il est rare d'utiliser du lait frais dans les biscuits, les poudres sèches étant plus faciles à manipuler et à stocker (Manley, 2011).

II.5.2. Le sel

Le sel alimentaire (NaCl) est présent dans la plupart des produits de boulangerie à raison de 2% du poids de la farine. C'est un exhausteur de goût, diminue les arrière goûts et ralentit l'activité de la levure. Il a aussi une tendance à limiter la disponibilité de l'eau et donc il améliore la conservation. Le sel solubilisé dans l'eau crée des liaisons ioniques avec les protéines de la farine en améliorant la capacité d'absorption d'eau. Le sel favorise également la coloration de la croûte, qui reste pâle en son absence (Menasra, 2020).

II.5.3. l'eau

Selon **Ndangui (2015)** L'eau est un ingrédient important pour la formation de la pâte. Elle hydrate la farine, fournit la mobilité nécessaire aux constituants de la farine pour la réalisation des réactions chimiques. Au cours du pétrissage, la multiplication des contacts entre les granules d'amidon et l'eau induit la diffusion des molécules d'eau dans les particules de farine, qui se aux différents constituants et favorisent leurs interactions

Une pâte panifiable contient typiquement 0,6 à 0,8 gramme d'eau par gramme de farine sèche, dont approximativement la moitié est de l'eau « non congelable », utilisée par le réseau protéique, La présence de l'eau est essentielle puisqu'elle intervient à trois niveaux dans le pétrissage :

L'eau assure la dissolution des composés solubles et est donc essentielle pour assurer l'homogénéité et la cohésion de la pâte. Le sel solubilisé dans l'eau crée, par exemple, des liaisons ioniques avec les protéines de la farine, essentielles pour le développement de la pâte

L'eau détermine en grande partie les propriétés rhéologiques de la pâte (cohésion, consistance, viscoélasticité...) : l'énergie nécessaire à la déformation de la pâte diminue exponentiellement avec l'augmentation de la teneur en eau du mélange.

Elle joue le rôle de plastifiant : sa faible masse moléculaire favorise la mobilité des macromolécules (protéines...) par augmentation du volume libre et diminution de la viscosité.

II.6. La fabrication des biscuits

La pâte est le produit intermédiaire entre la farine et le biscuit et de ses qualités dépend la réussite industrielle finale. En effet, la rhéologie de la pâte est d'importance considérable dans la fabrication de biscuit. Ainsi, une pâte trop ferme ou trop molle, ne se traitera pas d'une manière satisfaisante sur l'équipement approprié de formation de la pâte et ne donnera pas un produit satisfaisant (**Benkadri, 2010**).

II.6.1. Le mixage

Le mixage est la première étape dans le processus de préparation des biscuits. Cette opération permet de mélanger le sucre, la matière grasse, les œufs et autres ingrédients afin qu'ils forment une masse cohérente (**Menasra, 2020**), Ce procède est accompli avec trois

principaux types de mixage : mixage à broche verticale, mixage à tambour horizontal et mixage continu (Manley, 1998).

II.6.2. Le pétrissage

Le pétrissage permet de mélanger intimement la farine et les autres ingrédients. Il peut être une source d'information sur les propriétés rhéologiques des pâtes. En effet, le mélange subit un traitement mécanique fournissant l'énergie qui permet l'établissement de nombreuses interactions entre les constituants de la pâte. Il en résulte des variations de consistance qui modifient l'aptitude technologique des pâtes (Benkadri, 2010).

On distingue trois types de pétrissages :

- **Le pétrissage conventionnel** : qui assure un travail mécanique souvent insuffisant avec les farines actuelles dont le gluten est relativement tenace.
- **Le pétrissage intensifié** : qui donne des pâtes suroxydées et un pain volumineux blanc mais insipide.
- **Le pétrissage amélioré** : qui assure le meilleur équilibre entre le développement de la pâte et la conservation de sa texture, de son goût et de ses arômes (Saadoudi, 2019).

II.6.3. La fermentation

La pâte des biscuits pétrie est transférée dans une cuve à 25 °C pour un repos de durée variable et pour permettre la fermentation. La pâte est fermentée généralement à 25 et 32 °C pendant une période donnée. La fermentation fournit une pâte extensible, lisse avec une bonne rétention des gaz (Menasra, 2020).

II.6.4. Le laminage

Le laminage est la méthode la plus courante pour former la pâte biscuitière en feuille. Il implique la production d'une feuille de pâte épaisse, dont l'épaisseur est réduite en passant par divers lamineurs rotatoires (Menasra, 2020).

II.6.5. Le découpage

Le découpage est l'étape qui fait suite au laminage. Les feuilles laminées sont découpées sur une machine de formage. Il est évidemment souhaitable que chaque morceau de pâte doit avoir un poids et des dimensions identiques (Saadoudi, 2019).

II.6.6. La cuisson

La cuisson est une étape clé au cours de laquelle le morceau de pâte crue est transformé en un produit léger, poreux, facilement digestible et savoureux, sous l'effet de la chaleur. Avec les attributs de qualité requis les produits céréaliers cuits au four doivent faire l'objet d'un processus de cuisson, Pendant la cuisson, les interactions les plus apparentes sont l'expansion du volume, la formation de la croûte, les activités enzymatiques, la coagulation des protéines et la gélatinisation partielle de l'amidon dans la pâte (**Lara et al., 2011**).

Le temps de cuisson des biscuits est généralement inférieur à 10 minutes. Pour obtenir des résultats reproductibles, il est important que la porte du four chaud ne soit pas ouverte trop longtemps pour l'enfournement et que l'espace de tête (la distance entre le pâton et le haut du four) soit faible (**Manley, 2001**).

Selon **Cauvain (2016)** Lorsque la température de la pièce augmente, les processus suivants se produisent :

- La graisse fond et le sucre non dissous entre en solution dans l'eau de la pâte, la viscosité du pâton est réduite et il commence à couler.
- Les sels d'ammonium perdent rapidement du dioxyde de carbone à des températures allant jusqu'à environ 60° C ; l'ammoniac libéré se dissout dans l'eau de la pâte et est perdu pendant le reste de l'opération.
- Le bicarbonate de sodium commence à produire du dioxyde de carbone par décomposition thermique ou par réaction avec les acides de la pâte.
- Le pâton se dilate en raison de la réduction de la viscosité interne et de la pression gazeuse développée par le levain et l'eau.
- Le brunissement de la surface a lieu tard dans le processus de cuisson, les tons jaunes se forment d'abord à des températures au-dessus de 110° C. Des tons rouges se forment à des températures plus élevées, donnant lieu à une couleur brune à la surface du biscuit

II.6.7. Le refroidissement

Le refroidissement est nécessaire pour les biscuits riches en sucre car ces derniers sont très doux et plastifiants à la sortie de four et se rigidifient quand ils refroidissent. Il y a également une petite perte d'humidité des biscuits qui est bénéfique pour leur qualité et leur durée de conservation (**Menasra, 2020**).

Tous les produits chauds et cuits doivent être refroidis avant l'emballage pour plusieurs raisons :

- Les produits ne peuvent pas supporter le processus d'emballage chaud ferme
- Le matériau d'emballage peut rétrécir autour d'un produit chaud ou la qualité des produits détériorerait
- La méthode normale de refroidissement des produits est de la placer sur un convoyeur ouvert et transférer le long une distance du four.

Les produits refroidis naturellement dans l'atmosphère de l'usine ambiante, dans quelques cas, il est nécessaire de fournir l'air pour faciliter le processus de refroidissement (**Manley, 1998**).

II.6.8. L'emballage et la conservation

La dernière partie de l'opération de fabrication des biscuits est l'emballage. Les biscuits qui sortent du four ou du traitement secondaire doivent avoir une forme et un aspect corrects et, une fois refroidis, être en parfait état pour être mangés (**Manley, 2011**).

Selon **Davidson (2018)** les fonctions de l'emballage sont :

- Présenter les biscuits de manière attrayante pour les consommateurs potentiels.
- Afficher le type de biscuit, son poids, ses ingrédients et son fabricant.
- Conserver la fraîcheur et la saveur des biscuits pendant une longue durée de conservation.
- Fournissent une barrière efficace contre l'humidité et les odeurs étrangères
- Résistent aux infiltrations de graisses et d'huiles
- Protéger contre la lumière visible et les rayons UV
- Protègent les biscuits des dommages pendant transportation

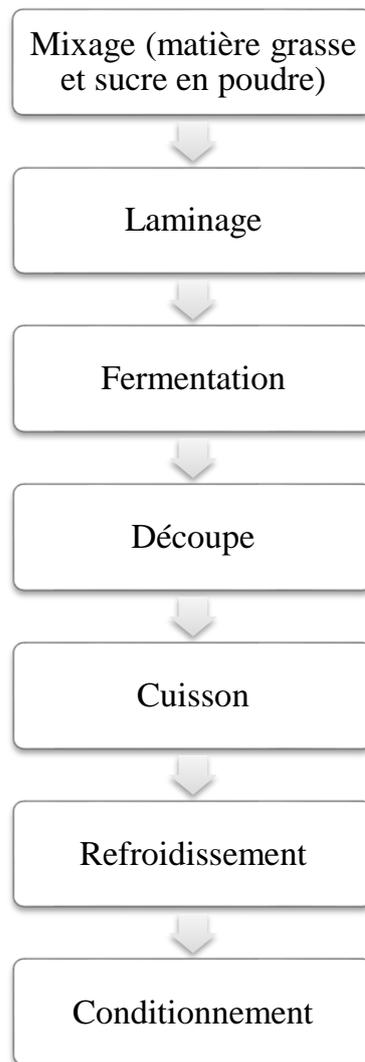


Figure 14 : Organigramme de fabrication adopté des biscuits (Yadav *et al.*, 2012).

II.7. Critères de qualité des biscuits

Les attributs de qualité des produits alimentaires incluent le goût, l'arôme, la texture, la couleur et le contenu en éléments nutritifs. Dans la plupart des cas, ces attributs commencent à décliner dès qu'une autre matière première ou ingrédient est ajouté au biscuit (Menasra, 2020).

II.7.1. La texture

Elle est déterminée principalement par la teneur en humidité, en gras et le types et les quantités des carbohydrates structurales (cellulose, amidons, pectines...) et les protéines présentes, l'expansion, un évènement pertinent dans la formation de la texture est déterminé

par les propriétés rhéologiques de la pâte, qui dépend du comportement et interactions de ces composants et la solubilité du gaz dans la phase continue. Des expansions grande produisent une faible densité ce qui résulte en de biscuits de grandes porosité. Les dimensions physiques du biscuit sont gouvernées par le développement de la structure poreuse dans le four, et le poids et la teneur en eau du biscuit sont principalement contrôlés par l'évaporation d'eau pendant la cuisson. La résistance de la croûte du biscuit à la déformation est un attribut textural dont on connaît le nom de la dureté et fermeté et c'est un facteur important dans les produits de panification comme elle est fortement corrélée avec la perception de la fraîcheur du biscuit. Pour cela, la texture est un critère de qualité important, ou la formation d'une miette tendre et flexible est désirée (Safir, 2020).

II.7.2. La couleur

La couleur est un facteur déterminant dans la définition de la qualité de n'importe quel aliment et elle est un trait que le consommateur remarque immédiatement comme elle influence l'impression sensorielle subjective, Dans le cas des biscuits, la couleur et la texture sont des paramètres importants qui doivent être contrôlés pendant le traitement (Lara *et al.*, 2011).

II.7.3. Goût, flaveur et arôme

Les attributs du goût sont le salé, le sucré l'amère et l'acidité. Les composants volatiles d'arôme sont produits sous l'effet de la chaleur, l'oxydation, l'activité non enzymatique sur les protéines, la matière grasse et les carbohydrates (exemple: réaction de Maillard) (Safir, 2020).

II.8. La qualité nutritionnelle des biscuits

Les biscuits sont riches en glucides, en graisses et en calories, mais pauvres en fibres, en vitamines et en minéraux, ce qui les rend malsains pour une utilisation quotidienne. De plus, les biscuits ne contiennent que environ 6-7% de protéines (Farzana et Mohajan, 2015).

Les biscuits sont habituellement composés de farine, de sucre, de matières grasses, d'eau, de sel et de levure chimique. Cette diversité dans la composition des biscuits leur confère un pouvoir nutritionnel intéressant. Dans les biscuits secs, il y a une prédominance des matières céréalières environ 72%, de l'amidon 51,5%. Ils contiennent une bonne teneur en protéines et en fibres. Les biscuits secs se distinguent des autres produits céréaliers par leur faible teneur

en eau : 1 à 5% contre 15 à 30% pour les gâteaux et 35 à 40% pour les pains. Du fait de leur teneur faible en eau, les biscuits secs ont une densité énergétique élevée. La teneur en lipides des biscuits secs est estimée à 12% (Saadoudi, 2019).

La valeur nutritionnelle de différents biscuits est déterminée dans le tableau 7

Tableau 7: Valeur nutritionnelle moyenne de quelques biscuits (Saadoudi, 2019 ; Menasra, 2020).

Nutriments (g/100g)	Cookies	Biscuit chocolaté	Biscuit petit beurre	Biscuit sec	Biscuit confituré	Biscuit au fromage	Biscuit sans fromage
Protéines	6	6,9	8,2	9	5	11,8	8,4
Glucides	29	60,4	75	69,2	45	49,1	62,9
Lipides	27	24	10,9	12	5	28,1	19,6
Fibres	-	3,1	2.2	3,2	-	3.1	3.3

CHAPITRE IV : Résultats et discussion.

CHAPITRE IV : Résultats et discussion.

IV.1. Résultats de l'analyse physico-chimique de la farine de souchet comestible brute

IV.1.1. La densité apparente (BD)

La densité apparente de souchet comestible dans ce travail était de 0.74g/ml, elle était presque similaire à la valeur rapportée par **Nina et al. (2019)** (0.76 ± 0.01 g/ml), par contre elle était supérieure à celles rapportées par **Oladele et Aina (2007)** (0.55g/ml) et **Yapi et al. (2021)** (0.5 à 0.54g/ml). La diminution de la densité apparente pourrait être due à la destruction des composés complexes tels que l'amidon (**Menasra, 2020**). Toutefois, une légère faible densité apparente serait un avantage dans la formulation d'aliments complémentaires, elle implique également que le produit peut être facilement emballé pour une utilisation économique (**Nina et al., 2019**).

IV.1.2. La dispersibilité de la farine

La dispersibilité de la farine de souchet comestible était de l'ordre de 68%. **Adejuyitan et al. (2009)** ont trouvé une valeur presque identique en analysant la même farine non fermentée (72.5%). Par contre, **Ohizua et al. (2017)** ont rapporté une valeur de 64% pour la farine de pois cajan (*Cajanus cajan*). La dispersibilité d'une farine mesure la façon dont les molécules individuelles de cette farine se dispersent et s'homogénéisent dans un milieu de dispersion (**Olapade et al., 2014**). Elle est définie comme étant une propriété d'hydratation de la farines (**Gaiani et al., 2011**).

IV.1.3. La capacité d'absorption d'eau (CAE)

La capacité d'absorption d'eau de souchet comestible était de l'ordre de 0,08 g/ml et était inférieure à celle rapportée par **Nina et al. (2019)** (1.74 ± 0.05 g/ml). C'est un paramètre technologique indispensable permettant de maîtriser la consistance de la pâte. Il reflète la capacité d'hydratation, en présence d'eau liquide, de la pâte et dépend surtout de l'humidité, et du taux d'endommagement de l'amidon. La Capacité d'absorption d'eau dépend aussi de la structure moléculaire et de la composition chimique de l'amidon. Ceci pourrait expliquer la valeur basse calculée dans ce travail.

A différentes températures la solubilisation de l'amylose des granules d'amidon pourrait également être un facteur influençant la Capacité d'absorption d'eau (**Adegunwa et al., 2017**). Ce critère technologique est un facteur de qualité très important dans les produits de boulangerie (**Menasra, 2020**).

IV.1.4. La capacité d'absorption d'huile (CAH)

La capacité d'absorption d'huile de souchet comestible était de 2.2 ml/g, elle est supérieure à celles rapportées par **Nina et al. (2019)** (1.75 ± 0.02 ml/g), par **Oladele et Aina (2007)** (1.13 ml/g) et par **Yapi et al. (2021)** (1.67 à 1.88 ml/g). La capacité absorption d'huile (CAH) des farines alimentaires est une importante propriété dans la conservation des aliments car elle empêche le développement du rancissement oxydatif (**Diallo et al., 2015**).

IV.1.5. La capacité de moussage (CM)

La capacité de moussage de la farine de souchet comestible était de 12%, elle était supérieure à la valeur rapportée par **Nina et al. (2019)** (4.72 ± 1.34 %). Par contre, elle était proche de celle calculée par **Oladele et Aina (2007)** (11.07%). Une valeur élevée de capacité de moussage pourrait traduire une teneur élevée en amidon et en protéines (**Menasra, 2020**).

Les propriétés moussantes sont souhaitables dans les produits alimentaires tels que les gâteaux, les pains, les meringues, les crackers, les crèmes glacées et plusieurs autres produits de boulangerie afin de maintenir une texture et une structure stable tout au long du traitement et pendant le stockage (**Nawaz et al., 2015**).

IV.1.6. Le gluten humide

Le résultat obtenu confirme que la farine de souchet comestible est une farine sans gluten. Selon **Culetu et al (2021)**, les farines de riz blanc et brun, de maïs, d'avoine, de millet, d'amarante, de quinoa, de pois-chiches et de souchet comestible représentent les farines sans gluten. Elles sont généralement utilisées dans les produits diététiques à base de céréales sans gluten vues leurs propriétés nutritionnelles. Le gluten humide varie de 17.35 à 32.20% dans la farine de blé dur (**Zilic, 2014**).

IV.2. Analyse des cookies

IV.2.1. Formulation et préparation des cookies

La farine de souchet comestible brute nous a permis de préparer des cookies diététiques sans sucre. Les photos illustrent l'aspect général du cookie confectionné et les différences macroscopiques entre les cookies diététiques sans sucre et ceux avec miel d'abeille et la bactérie probiotique SL4.

IV.2.2. Analyse physique des cookies confectionnés à la farine de souchet comestible

D'après les résultats obtenus, on remarque qu'il n'y a pas une grande différence dans le poids, le diamètre, l'épaisseur et le rapport d'étalement entre le cookie de souchet sans sucre et celui avec miel et probiotique.

Le rapport d'étalement et le diamètre sont deux critères utilisés pour déterminer la qualité de la farine utilisée dans la préparation des biscuits et la capacité de la pâte à lever. Plus le rapport d'étalement du biscuit est élevé, plus il est souhaitable (**Adéola et Ohizua, 2018**). Dans le cas des cookies, il doit se rapprocher de 10.

L'analyse comparative avec les cookies commerciaux à base de farine de blé et de cacao (Cookies Delight®, Douera, Alger) a révélé le « non-respect » des critères technologiques poids, diamètre et épaisseur des cookies par la firme industrielle. De plus, les cookies commerciaux étaient plus vulnérables à la cassure. La résistance à la cassure des biscuits a été reliée à la nature cristalline de l'amidon et aux protéines dénaturées (**Chauhan et al., 2015**). Ceci représente un souci majeur pour les industriels quant à la définition de l'emballage adéquat offrant plus de protection.

La qualité texturale (dureté et fracturabilité) est un attribut de qualité très important et souhaitable pour le biscuit (**Adéola et Ohizua, 2018**).

IV.2.3. Capacité de croissance de l'isolat probiotique en présence de la farine de souchet comestible ou de miel d'abeille

Les essais culturaux sur l'isolat probiotique SL4 ont révélé ses bonnes capacités de croissance en présence de la farine de souchet (jusqu'à 2% sans effet inhibiteur) et de miel d'abeille. Ces essais étaient indispensables pour écarter toute possibilité d'effet négatif de la part du souchet ou du miel d'abeille sur la bactérie probiotique.

IV.2.4. Analyse sensorielle de cookies à base de farine de souchet comestible

IV.2.4.1. Analyse d'acceptabilité globale

Après un jour et 15 jours de confection des cookies, les valeurs de l'analyse sensorielle globale des cookies à base de souchet comestible sans sucre ou avec sirop de miel enrichi de probiotiques, sont données respectivement. Les résultats obtenus à la première dégustation ont montré que les critères de la qualité sensorielle goût, couleur et odeur, ainsi que l'acceptabilité générale des cookies enrichis de sirop de miel sont plus élevés que ceux sans sucre. Après 15 jours d'entreposage, l'appréciation s'est renversée au profit des cookies sans sucre.

Au premier jour, la différence était concentrée dans la couleur trop foncée des cookies enrichis de sirop de miel et leur goût sucré trouvé trop prononcé par certains panélistes. Après 15 jours d'entreposage, le critère odeur s'est rajouté aux différences relevées entre les deux types de cookies fabriqués. Nos panélistes ont attribué plus de notes aux cookies sans sucre.

Dans une étude très récente, **Babiker *et al.* (2021)** ont montré que les biscuits à la farine de souchet comestible sont acceptables avec ou sans l'ajout de la farine de blé.

IV.2.4.2. Analyse de la couleur selon le système CIE

La couleur des cookies est un facteur important pour l'acceptabilité initiale des produits alimentaires par les consommateurs. Les valeurs de l'analyse trichromatique des cookies de souchet comestible sans sucre ou avec miel et probiotique, sont présentés dans les

La couleur est le facteur le plus important de l'apparence attribuée aux aliments, puisqu'elle influence l'acceptabilité du produit par le consommateur. Beaucoup de réactions peuvent affecter la couleur durant les traitements des aliments et leurs dérivés. Les plus communes sont : la dégradation des pigments, les réactions de brunissement (réaction de Maillard) et l'oxydation de l'acide ascorbique. La mesure des coordonnées L^* , a^* et b^* peut être utilisée indirectement pour estimer le changement de la couleur des aliments, puisqu'elle est plus simple et rapide que l'analyse chimique (**Maskan, 2001**).

La luminance L^* ou lightness des cookies confectionnés a montré des valeurs basses de l'ordre de 61.75 à 62.75, traduisant la couleur foncée du cookie. **Simanca-Sotelo *et al.* (2021)** ont trouvé des valeurs similaires en étudiant des cookies diététiques à base de farine de yacon

($L^* = 61.7$). **Chauhan et al. (2015)** ont calculé une clarté $L^* = 65.2$ pour les cookies à base de farine de blé. La teneur en protéines a été corrélée négativement avec la luminance d'un biscuit, ce qui indique que la réaction de Maillard joue le rôle principal dans la formation de la couleur (**Chauhan et al., 2015**).

Dans la présente étude, la fabrication de cookies à base de farine de souchet comestible brute (non pelée) a donné des cookies foncés ayant un attribut chromatique a^* élevé aux alentours de la valeur de 7 pour les deux types de cookies.

En revanche, l'attribut chromatique b^* semble être plus élevé dans les cookies sans sucre que (~25-26) ceux enrichis de miel et de probiotiques (~23).

Chauhan et al. (2015) ont calculé des attributs chromatiques a^* et b^* , respectivement de l'ordre de 6.3 et 21.8 pour les cookies à base de farine de blé.

L'effet du degré de maturité et du mode de séchage sur la couleur des farines est généralement évalué par la mesure trichromatique CIE 1976 (L^* , a^* , b^*). Les valeurs de L^* représentent l'éclat de la farine. Plus la valeur de L^* est élevée, plus la farine est claire. Bien que la farine brune des tubercules de souchet comestible soit normale et attendue, une farine de couleur brune foncée n'est pas bien acceptable par les consommateurs Algériens. L'acceptabilité d'un aliment a une connotation fortement culturelle. Cette couleur pourrait aussi avoir comme origine le brunissement pendant la cuisson des cookies.

Le développement de la couleur pourrait aussi être attribué à la réaction de Maillard, c'est-à-dire la réaction entre les sucres et les protéines du produit qui se traduit par une couleur brune. Ce développement dépend également du temps et de la température de cuisson, de l'humidité dans le four, etc (**Saadoudi, 2019**).

IV.2.3. Avis des panélistes, degrés de satisfaction et test hédonique

IV.2.3.1. Degrés de satisfaction des panélistes

Les biscuits sont généralement considérés comme des produits stables d'un point de vue microbiologique en raison de leur faible teneur en humidité initiale et de leur faible activité en eau. Les changements qui affectent leur qualité au cours du stockage sont principalement liés à la texture, c'est-à-dire à la perte de dureté et de croustillance, et dans quelques cas à l'oxydation des lipides.

La première caractéristique jugée était le goût. Après un jour d'entreposage, 50% de panélistes ont trouvé que le goût était excellent ($p < 0.05$) pour les cookies sans sucre, contre 65% pour les cookies enrichis de miel d'abeille. En fait, tous nos panélistes jugeaient nos cookies comme ayant un goût caractéristique du produit et aucune connotation négative n'a été enregistrée.

Cette appréciation n'a pas changé (55%) à la deuxième séance de dégustation ($p > 0.05$) pour les cookies sans sucre, alors que ceux enrichis de miel étaient plus d'un goût harmonieux (45%) ou excellent (45%).

La caractéristique odeur avait une distribution identique au goût. 75% et 85% de nos panélistes ($p < 0.05$) ont trouvé, respectivement que nos cookies sans sucre et ceux enrichis de miel avaient une bonne odeur caractéristique du produit fraîchement préparé, voire excellente. Après 15 jours d'entreposage, l'avis positif des panélistes n'était pas différent (85 à 95%) car nos cookies confectionnés avaient une très bonne odeur conservée, voire améliorée. Ceci pourrait être dû en premier à la nature de l'emballage choisi.

En ce qui concerne l'appréciation de la caractéristique couleur, nos dégustateurs trouvaient les cookies imbibés de sirop de miel plus foncés (j1/j15 : 40/25%) que ceux sans sucre (j1/j15 : 20/10%) même si cette différence s'est escomptée au cours de l'entreposage ($p > 0.05$). Ceci pourrait être aussi dû à la nature du miel polyfloral utilisé. Par ailleurs, nos cookies avaient une couleur jugée à 60% reflétant exactement le produit attendu, voire sans défaut.

En ce qui concerne la texture des deux types de cookies confectionnés, ceux enrichis de sirop de miel étaient jugés plus mous après un jour de fabrication ($p < 0.05$). Cependant, les différences de valeurs de dureté entre les deux catégories d'échantillons ont diminué lors du stockage, aboutissant à des avis similaires ($p > 0.05$) après le 15^{ème} jour de stockage.

Les modifications de texture dans ce type de produits ont été attribuées aux changements de teneur en humidité et aux interactions entre les différents composants présents dans la matrice du biscuit. Ces changements de texture sont un déterminant important pour la qualité/l'acceptabilité du produit final (**Romani et al., 2016**).

Nos cookies étaient trouvés « croquant » par 50-55% de nos dégustateurs, « bien cuit mais sec » par 30-35%. Seulement 10 à 15% de nos dégustateurs n'ont pas apprécié la texture « trop moue ou dure » de nos cookies après 15 jours d'entreposage.

IV.2.3.2. Le test hédonique des cookies

Le test hédonique nous a permis de mettre en évidence les différences existantes entre le cookie sans sucre et celui enrichi de miel et de probiotiques. C'est un excellent test d'appréciation permettant de se prononcer clairement sur l'acceptabilité globale du produit alimentaire.

L'analyse sensorielle de nos cookies fraîchement fabriqués (1 jour d'entreposage) a révélé que la plupart des dégustateurs (60%) ont aimé le cookie à base de farine de souchet comestible. Seulement 5% de notre jury de dégustation n'a « pas aimé » les cookies confectionnés/

Cette non appréciation globale de nos cookies s'est dissipée après 15 jours d'entreposage.

En fait, 60 et 65% de nos panélistes ont aimé modérément ou beaucoup le cookie diététique sans sucre et celui avec sirop de miel d'abeille, respectivement. Les résultats de l'analyse sensorielle devraient être reliés à une série de réactions biochimiques qui se développent particulièrement lors de la fabrication et l'entreposage des cookies. Ces réactions sont responsables des modifications de la couleur, de la texture, de l'odeur et du goût. Il s'agit principalement de la réaction de Maillard et le changement de l'humidité du produit.

IV.2.4. Survie de la bactérie probiotique dans nos cookies entreposés

La charge bactérienne de l'isolat probiotique dans un seul cookie confectionné. Cette bactérie a été additionnée à l'état lyophilisée (remuée dans le sirop de miel), une forme permettant déjà de conférer à la bactérie une stabilité à la température ambiante d'entreposage. Nos résultats reflètent la grande capacité de cet isolat probiotique à survivre dans un milieu modérément sec. Sa charge n'a pas diminué significativement ($p > 0.05$) à celle initialement incorporée dans chaque cookie.

La tendance de rajouter les probiotiques dans le produits alimentaires a déjà atteint l'industrie de la boulangerie avec certaines boulangeries offrant maintenant du pain, des biscuits, du mélange à crêpes, des muffins et des barres enrichis en probiotiques. Des probiotiques sont souvent ajoutés aux produits de boulangerie après le processus de cuisson afin de garantir leur viabilité. Cela peut être fait de différentes manières:

- Formules probiotiques à pulvériser ajoutées au produit à la dernière étape avant son emballage.

- Intégré au glaçage ajouté à la fin du processus de cuisson.

Bien que ces méthodes soient efficaces, il est sans aucun doute plus avantageux d'ajouter le probiotique directement au produit pendant la préparation de la pâte. Cela élimine non seulement la nécessité d'une étape supplémentaire à la fin du processus, mais permet également d'assurer une distribution plus uniforme des micro-organismes. De plus, avec cette méthode, les probiotiques peuvent également être ajoutés à une plus grande variété de produits de boulangerie, qu'ils soient sucrés ou salés.

La firme LALLEMEND BAKING UPDATE utilise des essais avec la bactérie *B. subtilis* Rosell-179 qui est capable de former des spores. Cette bactérie répond, selon la firme industrielle, à toutes les exigences pour une incorporation réussie dans la formulation de boulangerie

L'ajout d'ingrédients ayant des bienfaits santé, comme le probiotique, peut augmenter la valeur d'un produit, toutefois cela ne devrait pas se faire au détriment de son apparence, son goût, son odeur, sa texture ou autres caractéristiques organoleptiques (**Anonyme, 2020**).

Conclusion

Conclusion

La présente étude a pu proposer une formulation de cookies sans l'ajout du sucre de table et avec 100% de farine entière de souchet comestible. Les deux types de cookies proposés s'insèrent dans la gamme des biscuits diététiques.

Nos résultats de l'analyse des critères technologique de cette farine de souchet comestible ont traduits une densité apparente (0.74g/ml) et une dispersibilité (68%) caractéristiques de cette farine. Alors que la capacité d'absorption d'eau (0,08 g/ml) était inférieure à celles citées par la littérature. Notre farine préparée avait aussi une capacité d'absorption d'huile et de moussage élevées. Par ailleurs, nous avons confirmé que la farine de souchet comestible est une farine sans gluten.

Ces critères technologiques définis nous ont permis de confectionner nos cookies à 100% de farine de souchet comestible.

Le deuxième type de cookies diététiques proposés aux probiotiques à côté de celui sans sucre, était imbibé de sirop à base de 5% de miel d'abeille. La capacité de croissance de l'isolat probiotique choisi en présence de la farine de souchet comestible ou de miel d'abeille était très satisfaisante. Ces essais étaient indispensables pour écarter toute possibilité d'effet négatif de la part du souchet ou du miel d'abeille sur la bactérie probiotique.

Nos résultats obtenus ont aussi montré que les caractéristiques physiques des cookies fabriqués ne traduisaient pas une grande différence dans le poids, le diamètre, l'épaisseur et le rapport d'étalement entre le cookie de souchet sans sucre et celui avec miel et probiotique. De plus, les deux étaient confectionnés conformément aux normes internationales comparés aux cookies commerciaux au cacao de la marque DELIGHT.

Les résultats obtenus à la première dégustation ont montré que les critères de la qualité sensorielle goût, couleur et odeur, ainsi que l'acceptabilité générale des cookies enrichis de sirop de miel sont plus élevés que ceux sans sucre. Après 15 jours d'entreposage, l'appréciation s'est renversée au profit des cookies sans sucre.

L'analyse trichromatique CIE LAB des cookies de souchet comestible sans sucre ou avec miel et probiotique a traduit la couleur foncée du cookie. Dans la présente étude, la fabrication de cookies à base de farine de souchet comestible brute (non pelée) a donné des cookies foncés

Conclusion

ayant des attributs chromatiques a^* élevés aux alentours de la valeur de 7 pour les deux types de cookies et des luminances L^* ou lightness des cookies confectionnés basses de l'ordre de 61.75 à 62.75. En revanche, l'attribut chromatique b^* semble être plus élevé dans les cookies sans sucre (~25-26) ceux enrichis de miel et de probiotiques (~23).

Les résultats du test hédonique ont montré que la première caractéristique jugée était le goût. Après un jour d'entreposage, 50% de panélistes ont trouvé que le goût était excellent ($p < 0.05$) pour les cookies sans sucre, contre 65% pour les cookies enrichis de miel d'abeille. En fait, tous nos panélistes jugeaient nos cookies entreposés 15 jours comme ayant un goût caractéristique du produit et aucune connotation négative n'a été enregistrée.

La caractéristique odeur avait une distribution identique au goût auprès de notre panel. Après 15 jours d'entreposage, l'avis positif des panélistes n'était pas différent (85 à 95%) car nos cookies confectionnés avaient une très bonne odeur conservée, voire améliorée. En ce qui concerne l'appréciation de la caractéristique couleur, nos dégustateurs trouvaient les cookies imbibés de sirop de miel plus foncés (j1/j15 : 40/25%) que ceux sans sucre (j1/j15 : 20/10%) même si cette différence s'est escomptée au cours de l'entreposage.

L'analyse de la texture a révélé des différences de valeurs de dureté entre les deux catégories d'échantillons, mais qui s'est diminuée lors du stockage, aboutissant à des avis similaires ($p > 0.05$) chez les panélistes après le 15^{ème} jour de stockage.

L'analyse sensorielle de nos cookies fraîchement fabriqués (1 jour d'entreposage) a révélé que la plupart des dégustateurs (60%) ont aimé le cookie à base de farine de souchet comestible. La même proportion était aussi calculée après 15 jours d'entreposage (60 à 65%).

La survie de la bactérie probiotique dans nos cookies entreposés a traduit une charge de 6.43 Log UFC/ un seul cookie entreposé 21 jours à la température ambiante. Cette charge était appréciée très suffisante dans un milieu sec comme les cookies.

Ce travail est la première tentative dans l'élaboration de biscuits diététiques contenant les probiotiques. Dans le prochain futur, il serait fort souhaitable de le compléter avec d'autres aspects technologiques, biochimiques et nutritionnels de ces cookies à base de farine de souchet comestible.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adegunwa, M. O. Adelekan, E. O. Adebowale, A. A. Bakare, H. A. and Alamu, E. O. (2017).** Evaluation of nutritional and functional properties of plantain (*Musa paradisiaca L.*) and tigernut (*Cyperus esculentus L.*) flour blends for food formulations. *Cogent Chemistry*, 8p.
- Adejuyitan, J.A., Otunola E.T., Akande. E.A., Bolarinwa. I.F. et Oladokun, F.M., 2009.** Some Physicochemical properties of Flour Obtained from fermentation of tiger nut (*Cyperus esculentus*) sourced from a market In Ogbomoso, Nigeria. *African Journal of Food Science*, 3 : 51-55 p.
- Alou, A.K., 2005.** Plan d'affaires de la fédération SA'A de maradi pour la commercialisation du souchet à l'export 2009-2013. Extrait étude de marché 2008.
- Fédération Nigérienne des Organisations Professionnelles Agricoles (SA'A), maradi, Niger.
- Ansari, M.M. et Kumar, S., 2012.** Fortification of Food and Beverages with Phytonutrients. *Food and Public Health*, 2(6): 241-253. DOI: 10.5923/j.fph.20120206.09.
- Atkinson, G., 2011.** Manley's technology of biscuits, crackers and cookies. Woodhead Publishing Limited.160 p.
- Awolu O.O., 2017.** Optimization of the functional characteristics, pasting and rheological properties of pearl millet-based composite flour. Department of Food Science and Technology, Federal University of Technology, Akure, Nigeria. 3-5p.
- Babiker, E.E, Özcan, M.M., Ghaffoor, K., Juhaimi, F.A., Ahmed I.A.M., Almusallam, I.A.** Bioactive compounds, nutritional and sensory properties of cookies prepared with wheat and tigernut flour. *Food Chem.*, 6p.
- Benkadri S., 2010.** Contribution à la diversification de l'alimentation pour enfants cœliaques : fabrication de farines-biscuits sans gluten. Mémoire de Magistère en Science alimentaire, Institut de la nutrition de l'alimentation et des technologies agroalimentaires, Université MENTOURI, Constantine, Algérie. 15, 21p.

- Ban-koffi, L ; Nemlin, G.J ; Lefevre, S et Kamenan, A., 2005.** Caracterisation physico-chimique et potentialites therapeutiques du pois sucre (*Cyperus esculentus* l. cyperaceae). 9 p.
- Bohren, C et Wirth, J., 2013.** Souchet comestible (*Cyperus esculentus* L.) : Situation actuelle en Suisse. 8 pages..
- Bori, H ; Toudou, O ; Moumouni, D.M.A ; Adam, T., 2018.** La culture de souchet (*Cyperus esculentus*) au Niger : Origine, atouts et contraintes. 11 p.
- Bou ndiaye, M., 2020.** Contribution à la valorisation des tubercules de souchet (*Cyperus esculentus*) : Apport nutritionnel, itinéraires technologiques et propriétés galactogènes. 183 pages.
- Bou ndiaye, M ; Nicolas C.A ; Oumar, I.C ; Samba, B ; Mady, C ; Codou, M.D et Mama, S., 2018.** Potentialités technologiques par l'évaluation biochimique de la farine des Tubercules du souchet *Cyperus esculentus* L.6 p.
- Cauvain, SP., 2016.** Cookies, Biscuits and Crackers: Formulation, Processing and Characteristics. BakeTran, Witney, UK Elsevier Ltd. 1-7 p.
- Chauhan, S ; Saxena, DC et Singh, S., 2015.** Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus* spp.) flour. LWT Food Science and Technology. 12p.
- Chukwuma, E.R ; Obioma, N et Christopher, O.I., 2010.** The phytochemical composition And some biochemical effects of Nigerian tigernut (*Cyperus esculentus* L.) Tuber », Pak. J. Nutr., vol. 9, no7, p. 709–715 p.
- Culetu, A , Susman IE, Duta, DE and Belc, N., 2021.** Nutritional and Functional Properties of Gluten-Free Flours. Appl. Sci. 2p.
- Diallo, S.K., Soro, D., Kone, K.Y., Assidjo, N.E., Yao, K.B., Gnakri, D., 2015.** Fortification et substitution de la farine de blé par la farine de Voandzou (*Vigna subterranea* L. verdc) dans la production des produits de boulangerie. International Journal of Innovation and Scientific Research, 18(2), 440p.
- Danie, P., 2017.** Bienfaits, Propriétés, Posologie, Effets Secondaires, Chufa (souchet).

Davidson, I., 2018. Biscuit, Cookie and Cracker Production, Process, Production and Packaging Equipment, Academic Press, 1-2, 127, 165-170 p.

Denis A., 2011. Les biscuits et gâteaux : toute une diversité. Cahiers de nutrition et de Desf. extract on isolated rat duodenum. Journal of Ethnopharmacology ,88 p.

Diguer, R et Ammouche, F., 2020. Elaboration d'un biscuit « cookies » sans gluten à base de farine de pois chiche et de farine de fève. Mémoire de Master en sciences alimentaires. Université M'hamed bougara Boumerdes, Algérie. 18-21p.

DODET M., 2006. Diversité génétique et phénologie de *Cyperus esculentus* L. (*Cyperaceae*) pour une gestion intégrée de l'espèce dans les cultures de haute lande. 226 p.

Farzana, T et Mohajan, S., 2015. Effect of incorporation of soy flour to wheat flour on nutritional and sensory quality of biscuits fortified with mushroom. Food Science & Nutrition published by Wiley Periodicals, Inc. 363p.

Food and Agriculture Organisation (FAO), 2007. Cakes_ Biscuits.

Gaiani, C., Boyanova, P., Hussain, R., Murrieta Pazos, I., Karam, M. C., Burgain, J. & Scher, J. (2011). Morphological descriptors and colour as a tool to better understand rehydration properties of dairy powders. International Dairy Journal, 21, 461-469

Gallagher, E., O'Brien, C.M., Scannell, A.G.M. et Arendt, E.K., 2003. Evaluation of sugar replacers in short dough biscuit production. Journal of Food Engineering. 56: 261-263. Galvan, J.V

Gambo, A. and Da'u, A., 2014. Tiger nut (*Cyperus esculentus*) : composition, products, uses and health benefits – a review.6 p.

Geomar International., 2002. Projet de diversification des filières et l'horticulture. Diagnostic du pois sucré et du gombo. 155 p.

Georges, T ; Pierre Tristan, F ; Arnaud J, Gregory, V., 2018. Biscuits sans gluten Sélection et contrôle de farines de riz. Chopin Technologies, Lempa. 1p.

Lassoued-Oualdi, N., 2005. Structure alvéolaire des produits céréaliers de cuisson en lien avec les propriétés rhéologiques et thermiques de la pâte : Effet de la composition. Thèse de

doctorat en Sciences Alimentaires. Ecole Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires « ENSIA ». AgroParisTech, 9p.

Lara E., Cortes P., Briones V., Perez M., 2011. Structural and physical modification of corn biscuits during baking process. *LWT- Food Science and Technology*, 44, 622-630p.

Maduka, N and Ire F. S., 2018. Tigernut Plant and Useful Application of Tigernut Tubers (*Cyperus esculentus*) – A Review. 23 p.

Manley D., 1998. Biscuits, cookies and crackers manufacturing manuals. CRC, 2000. Woodhead publishing limited, Cambridge: 15-20 p.

Manley, D., 2001. Manley's technology of biscuits, crackers and cookies. Woodhead Publishing Limited. 28 p.

Manley, D., 2011. Manley's technology of biscuits, crackers and cookies. Woodhead Publishing Limited. 143, 192 p.

Maskan, M. (2001). Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48, 169-175

Menasra,A., 2020. Etude de la formulation et des traitements technologiques des biscuits enrichis. Thèse de doctorat en sciences alimentaire. Université Hadj Lakhdar Batna 01 (UHB1), Algérie, 8, 11-14, 17-19 p.

Miller, R., 2016. Biscuits, Cookies and Crackers: Nature of the Products Kansas State University, Manhattan, KS, USA Elsevier Ltd. 445-448 p.

Nawaza, H ; Aslam Shada, M ; Mehmoodb, R ; Rehmanb, T et Munir, H., 2015. Comparative Evaluation of Functional Properties of Commonly Used Cereal and Legume Flours with their Blends. *International Journal of Food and Allied Sciences*. Vol: 1, Issue: 2. 71 p.

Ndangui, C.B., 2015. Production et caractérisation de farine de patate douce (*Ipomoeabatatas.Lam*) : optimisation de la technologie de panification. Thèse de doctorat en Co-tutelle en Procédés et Biotechnologiques Alimentaires. Université de Lorraine et Université Marien Ngouabi. 44 p.

Negbi. M ., 1992. A sweetmeat plant, a perfume Plant and their weed relatives: a chapter In the history of *Cyperus esculentus L.* and *C. rotundus L.* *Econ. Bot.* 46 :64–71 p.

Nina GC, Ogori AF, Ukeyima. M, Lukas H, Miroslava C, Eleonora O, Stanislav V, Natalya B, Andrey G, Mohammad AS., 2019. Proximate, mineral and functional properties of tiger nut flour extracted from different tiger nuts cultivars. *Food Sciences of Food Sciences.* Vol: 9, no. 3. 656 p.

Ohizua, E. R., Adeola, A. A., Idowu, M. A., Sobukola, O. P., Afolabi, T. A., Ishola, R., Oyekale, T.O. (2017). Nutrient composition, functional and pasting properties of unripe cooking banana, pigeon pea and sweetpotato flour blends. *Food Sciences and Nutrition*, 9p.

Oguwike, F.N ; Eluke, B.C; Eze, R.I ; Asika, CM ; Nwosu, P.N ; Nwafor,C ; Onumou, C., 2017. « The effects of *Cyperus esculentus* (Tiger nut) on haematological and biochemical profile of male hypercholesteremic subjects in Uli, Anambra state Nigeria », *Greener J. Med. Sci.*, vol. 7, no 4, p. 036- 041 p.

Oladele AK, Aina JO. 2007. Chemical composition and functional properties of flour produced from two varieties of tiger nut (*Cyperus esculentus*). *Afr J Biotechnol.* 2475 p.

Olapade A. A., Babalola, Y. O. and Aworh, O. C., 2014. Quality attributes of fufu (fermented cassava) flour supplemented with bambara flour, *International Food Research Journal* 21(5): 2029P

Pitrel, B ; Boutteaux, P et Davy, M., 2018. Biologie et nuisibilité du souchet comestible (*Cyperus esculentus*) en cultures légumières -recherche de moyens de lutte.10 p.

Riazi. A and Ziar. H., (2008). Growth and viability of yogurt starter organisms in honey-sweetened skimmed milk. *African Journal of Biotechnology.* 7(12), pp. 2055-2063. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/58890>.

Saadoudi, M., 2019. Caractérisation biochimique, conservation et essais d'élaboration des produits alimentaires à base du fruit de *Zizyphus lotus L.* Thèse de doctorat en sciences. Université Hadj Lakhdar Batna 01 (UHB1), Algérie, 22, 30-32 p.

Safir, S., 2020. Elaboration d'un biscuit « cookies » sans gluten à base de farine de pois chiche et de farine de fève. Mémoire de Master en sciences alimentaires. Université Akli Mohand Oulhadj Bouira, 17p.

Sánchez-Zapata, E ; Fernández-López, J ; Angel Pérez-Alvarez, J., 2012. Tiger nut (*Cyperus esculentus*) commercialization: Health aspects, composition, properties, and food applications. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 366 p.

Simanca-Sotelo, M., De Paula, C., Domínguez-Anaya, Y., Pastrana-Puche, Y., & Álvarez-Badel, B. (2021). Physico-chemical and sensory characterization of sweet biscuits made with Yacon flour (*Smallanthus sonchifolius*). *NFS Journal*, 22, 14-19.

Sykes, G.B et Davidson, I., 2020. Biscuit, Cookie and Cracker, Process and Recipes, Academic Press, 127, 136-138, 141-143 p.

Tanni, S.P., 2013. La culture du souchet : une source de revenus pour les femmes de la commune de Banfora. Mémoire de maîtrise option géographie rurale, à l'université De Ouagadougou. 104 p.

Yadav, D.,Thakur, N., Sunooj, K., 2012. Effect of Partially De-Oiled Peanut Meal Flour (DPMF) on the Nutritional, Textural, Organoleptic and Physico Chemical Properties of Biscuits. *Food and Nutrition Sciences* ,3: 471-476.

Yali Yu, Xiaoyu Lu, Tiehua Zhang, Changhui Zhao , Shiyao Guan, Yiling Pu and Feng Gao., 2022. Tiger Nuât (*Cyperus esculentus L.*): Nutrition, Processing, Function and Applications .19 p.

Yapi, J. C., Deffan, Z. A. B., Koko, A. C., Diabagate, J. R., Kouamekan, K. B., & Kouame, L. P. (2021). Influence de la granulométrie physicochimiques sur les caractéristiques et techno-fonctionnelles des farines de souchet (*Cyperus esculentus L.*). *Agronomie Africaine*, 33(2), 239-250

Zeba, A., 2017. Amélioration de la productivité du souchet (*Cyperus esculentus* var *sativus*) dans la zone ouest du Burkina Faso : mise au point d'un itinéraire technique adapté. 62 p.

Ziar H., Fetouch M., Keddar K., Belmadani N., Amtout L., Riazi A. (2022). Food behavior of the Algerian population at the time of the Covid-19: The first survey carried out in the western Algerian region. *South Asian J Exp Biol*; 12 (3): 385-397. [DOI: 10.38150/sajeb.12(3).p385-397] <https://sajeb.org/index.php/sajeb/article/view/616/565>.

Žilić, S., 2013. Wheat Gluten: Composition and Health Effects. *Nova Science Publishers, Inc.* 74p.

Anonyme, : « <https://www.lesdoigtsfleuris.com/index.php/2016/02/16/le-tubercule-du-souchet-comestible-permet-de-fabriquer-du-lait-vegetal> », **2016**.

Anonyme,: « <https://www.fwa.be/cultures/le-souchet-comestible-une-adventice-identifier-et-combattre-imperativement.>», **2014**

Anonyme : « <https://www.amazon.es/Common-Baits-Harina-chufamolidadp/B008FK4V02> », **2017**

Anonyme :« <https://www.alamy.com/various-types-of-sweet-cookies-image228089003.html> », **2018**

Anonyme, (2020). <https://www.lallemadbaking.com/wp-content/uploads/2020/11/Baking-Update-Special-Edition-Baking-with-Probiotics-FR.pdf>. Consulté le 1/7/2022