

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. Mira de Bejaia



Faculté de Technologie
Département de Génie des Procédés
Laboratoire de Biomathématiques, Biophysique, Biochimie et Scientométrie (3BS)

Mémoire EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE Master

Domaine : Science et Technologie Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie alimentaire

Présenté par

SAADI Nawal & REKKAS Cylia

Thème

**Valorisation des graines de citrouille par l'optimisation des conditions d'extraction
des composés phénoliques avec une méthode innovante (micro-onde)**

Soutenue le 04/07/2023

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
Mme ACHAT Sabiha	MCA	Université de Bejaia	Présidente
Mme GUENDOUZE Naima	MCA	Université de Bejaia	Examinatrice
Melle BRAHMI Fatiha	MCA	Université de Bejaia	Encadrante
Melle OUFIGHOU Amira	Doctorante	Université de Bejaia	Co- Encadrante

Année Universitaire : 2022/2023

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction	1
--------------------	----------

Synthèse bibliographique **I. Généralités sur la citrouille**

1	Généralités sur la citrouille.....	3
1.1	Historique.....	3
1.2	Définition	3
1.3	Production mondiale de la citrouille.....	3
1.4	Principales espèces et variétés de citrouilles.....	4
1.5	Description botanique de <i>Cucurbita pepo</i>	6
1.6	Composition de <i>C. pepo</i>	8
1.7	Importance médicinale de la citrouille.....	8
1.8	Utilisation de la citrouille dans le domaine agroalimentaire	9
1.9	Extraction des composés bioactifs de la citrouille.....	10

II. Généralités sur les graines de citrouille

2	Généralités sur les graines de citrouille.....	12
2.1	Définition	12
2.2	Composition chimique.....	12
2.3	Activités biologiques des graines	13
2.4	Huile des graines de citrouille.....	14
2.4.1	Composition lipidique de l'huile des graines de citrouille	14
2.4.2	Importance de l'huile des graines de citrouille.....	15
2.5	La différence entre les graines de citrouille décortiquées ou entières	16
	Phytostéroles et acides gras insaturés	16
2.6	Farine des graines de citrouille et les denrées alimentaires	16

III. Généralités sur les biscuits

3	Généralités sur les biscuits	19
3.1	Historique.....	19
3.2	Définition.....	19
3.3	Classification des biscuits	19

3.4	Diversité des biscuits et des gâteaux	20
3.5	Composition chimique des biscuits	22
3.6	Principaux ingrédients des biscuits.....	23
3.7	Ingrédients secondaires.....	24
3.8	Technologie de fabrication des biscuits	25
3.9	Enrichissement des biscuits	27
3.9.1	Enrichissement en protéines	27
3.9.2	Enrichissement en fibres	27
3.9.3	Enrichissement en polyphénols	28

Partie expérimentale

IV. Matériel et méthodes

4	Matière végétale.....	30
4.1	Traitement des échantillons.....	30
4.2	Propriétés fonctionnelles des poudres.....	30
4.3	Propriétés physico-chimiques	33
4.4	Composition approximative	34
4.5	Optimisation des paramètres d'extraction assistée par micro-onde des composés phénoliques	36
4.5.1	Extraction assisté par micro-onde (EAM) et son principe	36
4.5.2	Procédure de l'extraction	37
4.5.3	Etudes préliminaires.....	37
4.6	Facteurs influencent sur l'extraction par micro-onde	38
4.7	Dosage des composés phénoliques	38
4.8	Stratégie d'optimisation par la méthode des Plans d'expériences	39
4.9	Application du plan d'expérience.....	39
4.10	Dosage des flavonoïdes	40
4.11	Détermination de l'activité antioxydante.....	41
4.11.1	Test au radical DPPH.....	41
4.12	Préparation des biscuits	41
4.12.1	Les formulations	41
4.12.2	Procédure de formulation	42
4.13	Analyses physico chimiques des biscuits.....	42
4.14	Détermination de la meilleure formulation du biscuit (évaluation sensorielle et gustative) ..	43
4.15	Analyse statistique.....	43

V. Résultats et discussion

5	Résultats et discussion.....	46
5.1	Caractéristiques physico-chimiques des poudres	46
5.2	Propriétés fonctionnelles des poudres.....	48
5.3	Composition approximative des poudres	50
5.4	Optimisation des conditions d'extraction assistée aux micro-ondes des composés phénoliques.....	52
5.4.1	Etude préliminaire.....	52
5.4.2	Application des plans d'expériences	56
5.4.3	Validation du modèle.....	58
5.5	Dosage des composés phénoliques.....	63
5.5.1	Polyphénols totaux.....	63
5.5.2	Flavonoïdes totaux.....	64
5.6	Détermination de l'activité antioxydante.....	64
5.7	Analyse des biscuits.....	65
	Conclusion	76

Références bibliographiques

Annexes

Résumé



Dédicaces

C'est avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie que je dédie ce travail à :

Mon cher père, pour qui aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que J'ai toujours eu pour lui. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

Ma chère mère, affable, honorable, aimable, que je ne cesse de remercier pour tout ce qu'elle m'a donnée, que dieu la récompense pour tous ces bienfaits. Je la remercie pour tout le soutien et l'amour qu'elle me porte depuis mon enfance et j'espère que sa bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de ses vœux tant formulés et le fruit de ses innombrables sacrifices. Puisse Dieu, le très haut, lui accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais ne la déçoive.

Mes très chers frères et sœurs, mes anges gardiens et mes fidèles compagnons dans les moments les plus délicats. Je leur dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé, et de réussite.

*Je le dédie à tous les **membres de ma famille** et toutes mes belles copines (Souad, Zahra, Mira, Aldja, Silia, fayrouz, Lidia, Lila) merci pour ces belles souvenirs.*

*Mon âme **Saad**, mon amour, mon affection pour toi n'ont pas cessé de s'accroître de jour en jour. Ton sourire illumine ma vie et la rend plus joyeuse et pleine de sens. Merci de m'encourager chaque seconde afin de réaliser mes rêves. Merci pour ton amour, ton soutien et tes encouragements qui ont toujours été pour moi d'un grand réconfort. Merci pour ta gentillesse et ton sens du sacrifice..*

*Je tiens également à dédier ce travail à ma chère « **Binôme** » **Silia**, avec un grand respect. Je lui dis merci pour tous les moments passés ensemble. Merci de m'avoir soutenue durant cette année*

Melle SAADI NAWAL





Dédicaces

Grâce à Dieu, je dédie ce modeste travail :

À ma très chère mère, la lumière de mes yeux, la source de tendresse, de patience et de sacrifice. Vos prières m'ont beaucoup aidé.

À mon cher père, Qui a éclairé mes chemins, grâce à votre présence à mes côtés, vos conseils, votre soutien pour moi, aujourd'hui je suis à ce niveau. Qu'ALLAH vous protège toujours.

À ma très chère sœur unique, Merci d'être là pour moi, merci de me prêter ton épaule quand j'en ai de besoin.

À mes chers frères, Puisse dieu vous donne la santé, le bonheur et surtout la réussite.

À tous mes amis, pour tous les bons moments que nous avons partagés ensemble.

A la chère enseignante BRAHMI FATIHA, pour ces conseils et ces efforts pour nous aider.

À ma binôme, Qui partagée avec moi les moments difficiles pour réaliser ce travail. Je le souhaite une bonne continuation et le succès dans sa vie.

Cydia.

Remerciements

En tout premier lieu, nous remercions le bon Dieu, le tout puissant

Et miséricordieux, de nous avoir donné la force pour surmonter les difficultés

et accomplir ce modeste travail

Nous remercions infiniment notre encadreur Mme Brahmi Fatiha, enseignante

A la faculté des Sciences de la nature et de la vie à l'université de Bejaia pour la confiance qu'elle nous a attribuée en acceptant de diriger notre travail et pour ses Précieux conseils, sans oublier sa patience et son sens de compréhension On lui présente nos remerciements et nos respects les plus profonds.

Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu voir le jour sans l'aide de notre département de génie des procédés, on les remercie pour leurs conseils, soutien, et leurs sérieux absolu, durant notre préparation de ce mémoire.

Enfin, on dit souvent que le trajet est aussi important que la destination .Les cinq années de maîtrise nous ont permis de bien comprendre, la signification de cette phrase toute simple. Ce parcours, en effet, ne s'est pas réalisé sans défis et les longues heures de travail.

Afin de n'oublier personne, nos vifs remerciements s'adressent à tous ceux qui ont

Contribué à la réalisation de ce mémoire.

Nawal et cylvia.



Liste des abréviations

CAE: capacité d'absorption d'eau

CAH: capacité d'absorption d'huile

CE: capacité émulsifiante

CG: capacité de gonflement

CM: capacité moussante

CPT : composés phénoliques totaux

DPPH: Diphényl picryl hydrazyle

EAG: équivalent acide gallique

EC: équivalent Quercétine

MS: matière sèche

pH : potentiel hydrogène

PG: poudre grillée

PNG: poudre non grillée

UNICEF: United Nations Children Emergency Fund

Liste des figures

Figure 1: morphologie de fruit de citrouille.....	6
Figure 2: propriétés médicinales de la citrouille.....	9
Figure 3: extraction des composants bioactifs des grains et de la pulpe de citrouille.....	11
Figure 4: classification des biscuits.....	19
Figure 5: grande famille des biscuits.....	20
Figure 6:diagramme de fabrication des biscuits.....	27
Figure 7: teneurs en sucres de la PG et la PNG.....	52
Figure 8: choix de la concentration du solvant de la PNG.....	53
Figure 9: choix de la concentration du solvant de la PG.....	54
Figure 10: choix de la puissance de micro-onde pour la PG.....	55
Figure 11:choix de la puissance de micro-onde pour la PNG.....	55
Figure 12: choix de temps d'extraction pour la PG.....	56
Figure 13: choix de temps d'extraction pour la PNG.....	57
Figure 14: comparaison entre les valeurs prédites et expérimentales.....	59
Figure 15:diagramme de surface de la PG.....	62
Figure 16: diagramme de surface de la PNG.....	62
Figure 17: teneurs en flavonoïdes dans les deux poudres.....	65
Figure 18: teneurs en humidité des biscuits.....	67
Figure 19: valeurs de pH des biscuits.....	68
Figure 20: teneurs en brix des biscuit.....	68
Figure 21: teneurs en brix des biscuits.....	69
Figure 22: teneurs en protéines des biscuits.....	70
Figure 23: teneurs en sucres totaux des biscuits.....	70
Figure 24: analyse en composante principale des caractéristiques sensorielles des biscuits formulés.....	71

Liste des tableaux

Tableau I: production mondial de la citrouille.....	4
Tableau II: principales espèces et variétés des cucurbitacées.	5
Tableau III: description botanique des différentes parties de <i>C.pepo</i>	7
Tableau IV: composition approximative de fibres alimentaire totales et énergie de la citrouille cru.....	8
Tableau V: résumé des produits alimentaires contenant des fractions de citrouille.....	10
Tableau VI: composition chimique des graines de citrouille (<i>C.pepo</i>).....	12
Tableau VII: quelques activités biologique des graines de citrouille.....	13
Tableau VIII: composition lipidique de l'huile des graines de citrouille.....	14
Tableau IX: composition chimique de l'écaille des graines de citrouille.....	16
Tableau X: comparaison entre les farines de citrouille.....	17
Tableau XI: comparaison entre la farine de blé et la farine de citrouille.....	18
Tableau XII: diversité des biscuits.....	21
Tableau XIII: composition nutritionnelle des biscuits. (Pour 100g)	22
Tableau XIV: valeur nutritive des biscuit.....	23
Tableau XV: ingrédients des principaux types des biscuits.....	23
Tableau XVI: influence des ingrédients secondaires sur la préparation des biscuits.....	25
Tableau XVII: enrichissent des biscuits en protéines.....	28
Tableau XVIII: enrichissement des biscuits en fibres.....	29
Tableau XIX: enrichissement des biscuits en polyphénols.....	29
Tableau XX: variable indépendantes et les niveaux des facteurs influençant sur l'extraction assistée par micro-ondes pour la poudre grillée.....	41
Tableau XXI: variables indépendantes et les niveaux des facteurs influençant sur l'extraction assistée par micro-ondes pour la poudre non grillée.....	41
Tableau XXII: pourcentages des taux d'incorporation.....	43
Tableau XXIII: les essais de formulation de biscuit réalisés.....	44

TableauXXIV : propriétés physico-chimiques et fonctionnelles des poudres.....	46
Tableau XXV:optimisation des conditions d'extraction par le plan d'expérience(CCD) de la PG.....	59
Tableau XXVI: optimisation des conditions d'extraction par le plan d'expérience (CCD) de la PNG.....	60
Tableau XXVII: valeurs expérimentales et prédites des CPT de la PG et PN.....	61
Tableau XXVIII:défaut d'ajustement pour la PG.....	62
Tableau XXIX: défaut d'ajustement pour la PNG.....	62
Tableau XXX: résumé des effets des facteurs dans la PG.....	63
Tableau XXXI: résumé des effets des facteurs da la PNG.....	63
Tableau XXXII:conditions optimales d'extraction des polyphénols pour les deux poudres.....	66
Tableau XXXIII:le pourcentage d'inhibition des radicaux libres pour les deux poudres.....	68

Introduction

Introduction

La demande des snacks et de produits de pâtisserie est en augmentation et le cout des produits devenus cher. Le blé qui est préférée pour la production de snacks et de pâtisseries n'est pas cultivés avec succès dans la plupart des régions du monde (**China et Ezema, 2016**).

Afin de soutenir la consommation de ces snacks (biscuits et galettes de rois), il y a donc un besoin de développer des farines enrichis à partir de matières alimentaires disponibles localement en particulier.

Selon l'**UNICEF (2016)**, une mauvaise nutrition impliquant des protéines reste un problème de santé majeur chez les enfants de moins de cinq ans, ce problème découlait d'approvisionnement insuffisant induit par le prix élevé des protéines animales, qui sont préférées à celles d'origine végétale.

Le défi actuelle, est de chercher des ressources végétales riches en nutriments, afin d'améliorer la valeur nutritive et d'enrichir les produits de boulangerie (biscuits, pain, pâtisserie ...)

Parmi les plantes les plus riches en protéines qui constituent le couvert végétale se trouve l'espèce *Cucurbita pepo* (citrouille), c'est une culture végétale traditionnelle ayant une grande importance nutritionnelle et économique, cultivée même pour leurs graines (**Azizah et al.,2009**).La citrouille est une très bonne source en éléments nutritifs tels que les vitamines, les lipides et le calcium (**Gliemmo et al.,2009**).La poudre est également riche en divers composés phytochimiques qui sont très nutritifs pour les êtres humains, elle peut être utilisée comme une source concentrée en β -carotène, cette farine pourrait être utilisée en raison de sa saveur, douceur, et sa quantité considérable en fibres (**Kim et al.,2012**).

Les graines de citrouille sont une source de protéines de grande qualité et sont également riches en nutriments, dont des caroténoïdes et du tocophérol (**Ristic et al., 2014**), elles constituent une riche source végétale de fer, une supplémentation en graines de citrouille permet d'améliorer le taux de fer chez les femmes(**Naghii et al., 2007**)

Pour extraire les substances bioactives dans les graines de citrouille, il existe plusieurs technologies telles que la macération, hydro distillation, l'infusion.

L'extraction assistée par micro-ondes est l'une des nouvelles techniques qui donne un meilleur rendement, et améliore la qualité des extraits (**Karabegovice et al.,2013**).

Introduction

Dans un premier temps, ce travail a pour but de caractériser physico-chimiquement les poudres issues à partir des graines de citrouille et d'étudier l'effet de la torréfaction sur cette farine. Leurs propriétés fonctionnelles sont aussi à déterminer.

Dans un deuxième temps, une optimisation des conditions d'extraction des polyphénols par micro-onde est à réaliser sur la poudre de graines de citrouille torréfiées et brutes, en utilisant la méthode des plans d'expérience, afin de chercher les meilleures conditions d'extraction de ces composés bioactifs.

Dans un dernier stade, une formulation basée sur l'enrichissement des biscuits secs avec les deux poudres (torréfiée et brute) à mettre en place, ce stade sera consacré essentiellement à l'analyse physico-chimique et sensorielle pour évaluer la qualité et les préférences.

Synthèse
bibliographique

Généralités sur la citrouille



I. Généralités sur la citrouille

1. Généralités sur la citrouille

1.1. Historique

Les citrouilles sont originaires d'Amérique centrale où les fruits et surtout les graines étaient consommés par les indiens, mais il existe des citrouilles sauvages en Afrique (**Ghediraet Goetz, 2013**). Les courges (citrouille, pastèque, melon, potiron, etc.) ne connurent véritablement leur heure de gloire en Europe qu'au XIX^{ème} siècle suite à des expéditions dans le nouveau monde et en Russie qu'au XIX^{ème} siècle (**Loison, 2006**).

1.2. Définition

La citrouille appartient au genre *Cucurbita* de la famille des Cucurbitacées. Cette famille comprend les courges et les concombres qui sont cultivés dans les pays tropicaux et subtropicaux. La citrouille peut être trouvée dans de nombreuses formes tailles et couleurs (**Lee et al., 2003**).

1.3. Production mondiale de la citrouille

La chine est le plus grand producteur de citrouille au monde avec 7 838 809 tonnes de volume de production par an. L'Inde arrive en deuxième position avec 5 073 678 tonnes de production annuelle. Tandis que, le Luxembourg ne produit pas de citrouille (**Atlas big, 2018-2021**). La production des autres pays est donnée dans le tableau I.

I. Généralités sur la citrouille

Tableau I: production mondiale de la citrouille (Atlas big, 2018-2021).

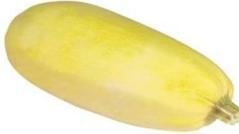
Pays	Consommation /personne (kg)	Production (tones)	Superficie (ha)	Rendement (kg/ha)
Chine	5.624	7 838809	425230	18 .434, 3
Inde	3.796	5 073678	753528	9.595,6
Russie	8.338	1 224 711	01257	21 .481, 6
Ukraine	28.625	1 209 810	60058	20.645,2
USA	3.067	1 005 150	64041	24.139
Mexique	5.428	677 048	72136	18.437 ,7
Indonésie	2.277	325 603	8288	68.342 ,2
Italie	9.6	580 188	48618	31.385
Cuba	64,24	518. 862	01857	1009
Turquie	6,064	489.999	697106	592,44
Argentine	6,119	2 72274	17 .470	15.584,9
Algérie	6,371	271.054	12. 349	21.949 ,9
Maroc	5 ,442	1 89256	7,057	26 .819 ,1

1.4.Principales espèces et variétés de citrouilles

Il existe trois types courants de la citrouille dans le monde, à savoir *Cucurbita pepo*, *C. maxima*, et *C. moschata* (Lee et al., 2003). Les autres principales espèces et variétés des cucurbitacées sont données dans le tableau II.

I. Généralités sur la citrouille

Tableau II: principales espèces et variétés des cucurbitacées (Polèse, 2006).

Espèce	Variétés	Images
<i>Cucurbita moschata</i>	Courge musquée	
	Musquée de Provence	
<i>Cucurbita pepo</i>	Citrouille	
	Pâtisson	
	Courge spaghetti	
<i>Cucurbita maxima</i>	Giraumo	
	Potiron	
	Potimarron	

I. Généralités sur la citrouille

Dans ce présent travail nous sommes intéressés à l'étude de *Cucurbita pepo*.

1.5. Description botanique de *Cucurbita pepo*

Cucurbita pepo est de forme ronde avec une chair orange, contiennent des graines au centre et entouré d'une écorce (Figure 1).

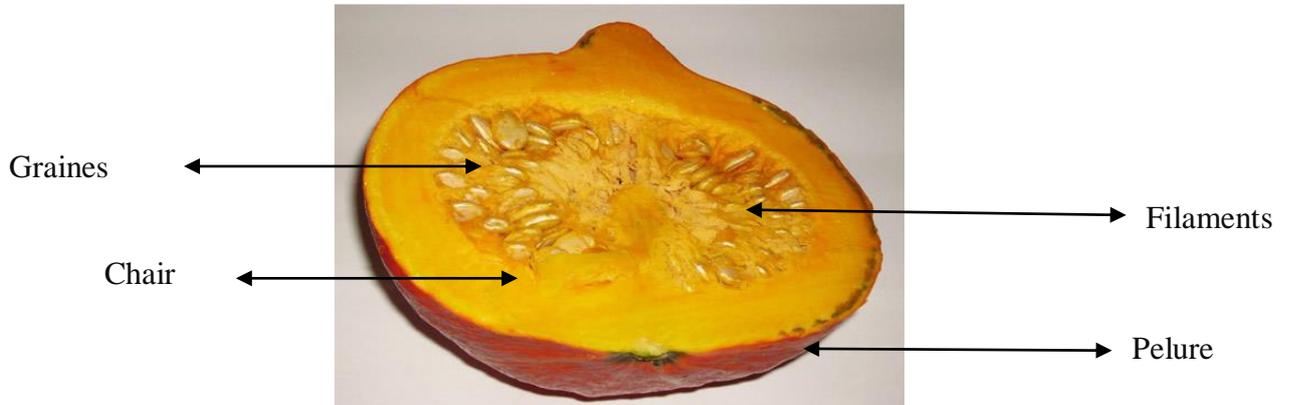


Figure 1: morphologie de fruit de citrouille (www.pijanivor.com).

La description des différentes parties de *C. pepo* est donnée dans le tableau III.

I. Généralités sur la citrouille

Tableau III: description botanique des différentes parties de *C.pepo*.

Organe	Description	Photographie
Feuilles	Grandes, cordiformes, à nervation palmées, triangulaires très lobées formant cinq lobes arrondis.	 http://emmanuel.clement.free.fr
Fleurs	Solitaires, unisexuées, régulières, grandes (5à10cm), pentamètres, de couleur jaune avec des sépales fins.	 www.foodavenue.fr
Fruits	<p>Grosse baie volumineuse avec une chair épaisse de couleur jaune orangé (Polèse, 2006) renfermant de nombreuses graines dans une pulpe spongieuse, l'épiderme de fruit est brillant.</p> <p>Le pédoncule du fruit est anguleux (5angles), très dur à maturité, long anguleux, à 5 cotes qui ne s'élargissent pas au point d'attache mais semblent s'étendre sur le fruit.</p>	 (Zhou et al., 2007)
Graines	Aplaties, de forme ovale, blanchâtres.	 (Darrudi et al., 2018)

I. Généralités sur la citrouille

1.6.Composition de *C.pepo*

C. pepo a un potentiel nutritionnel inégal à toute autre culture unique (**Kiharason et al. 2017**). La couleur jaune–orangée caractéristique des citrouilles est due à la présence de caroténoïdes, (**See et al., 2007**). En outre, c'est une bonne source de pectine, de sels minéraux, de vitamines et d'autres éléments bénéfiques pour la santé (**Jun et al., 2006**).

Selon le tableau IV, le principal composant de la citrouille est l'humidité, qui varie selon la variété, la maturité, les conditions de croissance, la saison et la fraction consommée (**Hart et Scott, 1995**).

Tableau IV: la composition approximative de fibres alimentaire totales et énergie de la citrouille crue (**USDA National Database For Standard Référence, 2005**).

Propriétés physico-chimiques	Nutriment (%)	Minéraux (mg/100 g)
Poids (g) : 3730.0±67.71	Protéines: 1.00	Ca : 10
Longueur (cm) : 32.6±2.32	Graisse:0.1	P : 30
Diamètre (cm) : 69.1±2.05	Fibres:0.5	Fe: 0.44
Pulpe (%) : 76.7±0.006	Sucres totaux : 3.9±0.01	Mg: 38
pH : 4.5±0.003	Sucres réducteurs : 2.1±0.02	Na: 5.6
Acidité titrable (%) : 0.07±0.003	Pectine: 1.2±0.01	K: 139
Humidité % PF:91.60	β –carotène: 11.2±0.007	S: 16
Energie % PF : 26Kcal/100g	Acide ascorbique: 14.5±0.03	Cl: 4

1.7.Importance médicinale de la citrouille

La citrouille est une plante comestible bien connue, la plupart des parties de cette plante sont également utilisées dans les systèmes de médecine traditionnelle du monde entier bien qu'un grand nombre de composés aient été isolés à partir d'espèces de citrouille (**Cailli et**

I. Généralités sur la citrouille

al., 2006).le fruit de la courge possède plusieurs propriétés physiologiques bénéfiques : activité immunologique, antimicrobiennes (Escalada et *al.*,2009), c'est ce qui est représenté dans la figure 2.

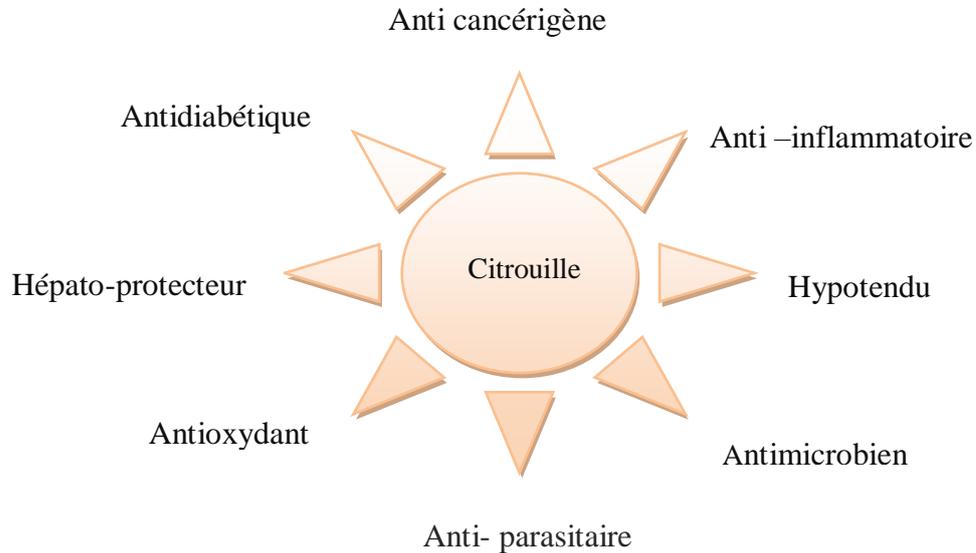


Figure 2: propriétés médicinales de la citrouille.

1.8.Utilisation de la citrouille dans le domaine agroalimentaire

En plus des propriétés médicinales de la citrouille, elle est trop utilisée comme ingrédient dans la préparation de plusieurs aliments (Tableau V).

I. Généralités sur la citrouille

Tableau V: résumé des produits alimentaires contenant des fractions de citrouille.

Fraction de citrouille	Utilisation	Références
Chair/Pulpe	<ul style="list-style-type: none"> -légumes. -purée de citrouille, pour les gelées. -épaississant dans la confiture, garniture de tarte. -Poudre /farine, dans les produits de boulangerie (pain de mie, pain sucré, gâteau au beurre, cookies, pain de blé). -flocons de citrouille. -cuisine portugaise, base pour soupe et dessert. -l'alimentation animal. 	<ul style="list-style-type: none"> -longe et al., 1983. -Dutta et al., 2006. -Ptitchkina et al., 1994. -Pongjata et al., 2006. -Fernandez et al., 1999, Jirapa et al., 2001. -Goncalves et al., 2007. -Akwaowo et al., 2000.
Graines	<ul style="list-style-type: none"> - huile. -incorporé à la saucisse, additif. 	<ul style="list-style-type: none"> -Wenli et al., 2004 Achinewhu, 1987, Banigo & Akpapunam, 1987.
Peau	<ul style="list-style-type: none"> -pectine, agent stabilisant, agent gélifiant. 	<ul style="list-style-type: none"> -Jun et al., 2006.

1.9.Extraction des composés bioactifs de la citrouille

Les extraits bruts des plantes commencent à avoir beaucoup d'intérêts comme source potentielle de molécules naturelles bioactives. Ils font l'objet d'étude pour leur éventuelle utilisation comme alternative pour le traitement des maladies infectieuses et pour la protection des aliments contre l'oxydation. Ils interviennent dans la prévention et le traitement des maladies liées au stress oxydatif tels que le cancer, le diabète, les maladies neuro-dégénératives et l'arthrite (**Chun et al., 2005**).

En raison de leur origine naturelle, les antioxydants obtenus à partir de plantes ont plus d'avantages par rapport aux antioxydants synthétiques utilisés dans l'industrie alimentaires (**Nadhlala et al., 2010**). Le schéma au-dessous présente les composés bioactifs extraits dans la citrouille et leurs façons d'extraction.

I. Généralités sur la citrouille

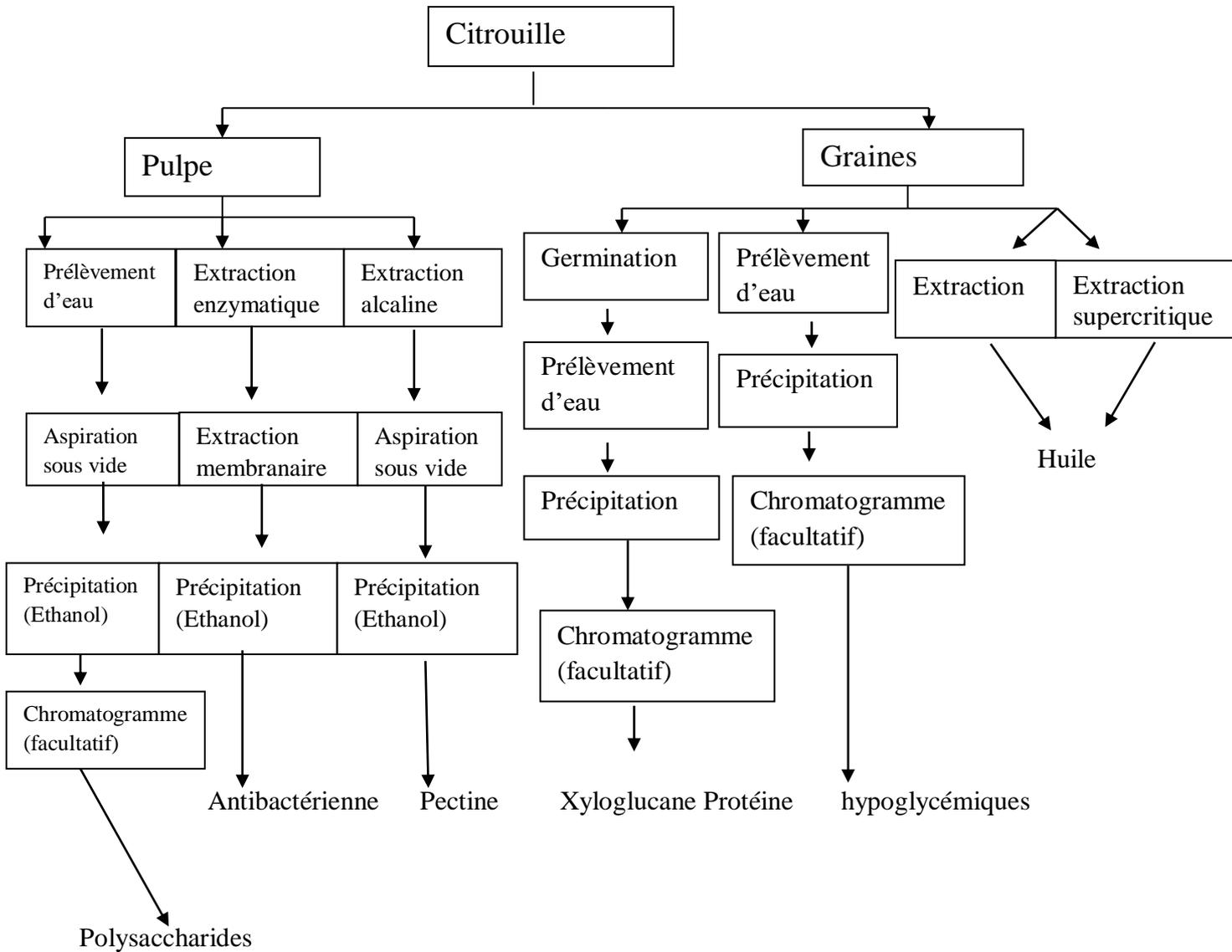


Figure 3: extraction des composants bioactifs des grains et de la pulpe de citrouille.

Généralités sur les graines de citrouille



II. Généralités sur les graines de citrouille

2. Généralités sur les graines de citrouille

2.1. Définition

Les graines de citrouille également connues sous le nom de pepitas, sont petites, vertes, comestibles avec une texture moelleuse et connues par leurs richesses en saveur de noisette. La plupart des graines de citrouille sont recouvertes d'une enveloppe blanche, mais certaines variétés peuvent produire des graines sans enveloppe, ces graines représentant 3,1% du poids total des fruits de citrouille (**Samaha, 2002**).

2.2. Composition chimique

Les graines de citrouille sont riches en protéines (33%) et en acides aminés soufrés (**Samaha, 2002**). Elles sont également une bonne source en sels minéraux, elles contiennent du Mg et du Fe en plus de niveaux élevés de Zn, P, K, Se, Mn et Cu. L'analyse de la variété « Lady Godiva » a indiqué que moins de 400g de graines de citrouille pouvaient fournir les besoins quotidiens totaux en protéines et en minéraux autres que Ca et Na pour une personne adulte (**Robinson, 1975**). Les graines sont aussi une bonne source de vitamines du complexe B (**Mansouret et al., 1993**). D'autres composants sont donnés dans le tableau VI.

Tableau VI: composition chimique des graines de citrouille (*C. pepo*).

Composant	Concentration)
Huiles brutes	35,53g
Magnésium	527,85mg
Fibres totales	12,89g
Cendres totales	3,47g
Sucres totaux	1,15g
Calcium	44,92mg
Manganèse	3,93mg
Sodium	189,81mg
Fer	7,07mg
Zinc	8,42mg
Phosphore	1471,24mg
Cuivre	89,84mg
Protéines brutes	40,00g
Taux d'humidité	6,96%

II. Généralités sur les graines de citrouille

1.3. Activités biologiques des graines

Les types comestibles de citrouilles et de courges, comme *C. maxima*, *C. moschata* et *C. pepo* peuvent être une source naturelle de certains composants biologiques (Tableau VII). En effet, ces espèces sont riches en tocophérols et en caroténoïdes, en particulier les graines et l'écorce des fruits, respectivement (**Kim et al., 2012**).

Tableau VII: quelques activités biologiques des graines de citrouille (**Ratnam et al., 2017**).

Composant	Activités biologiques	Références
Vitamines E (Tocophérols)	Antioxydants, antidiabétique	(Ratnam et al., 2017)
Vitamine C	Antioxydant	(Mala et Kurian, 2016)
Caroténoïdes	Antioxydant	(Baradaa et al., 2016)
Triterpénoïdes (Squalène)	Antioxydant, anticancéreux	(Micera et al., 2020 ; Ratnam et al., 2017)
L'acide γ -aminobutyrique	Anti dépression, anti hypertension	(Cui et al., 2020)
Acides gras saturés et insaturé	Anti-inflammatoire	(Thibaut et al., 2021)
Peptides	Antifongique, antimicrobien	(Yadav et al., 2010)
Les polysaccharides	Antioxydant, antitumorales, immunorégulatrices, Hypoglycémiantes, Héptroprotectrices	(Jiet et al., 2021)

II. Généralités sur les graines de citrouille

2.4. Huile des graines de citrouille

La couleur de l'huile de graines de citrouille dépend de la méthode d'extraction. Celle obtenue par pression à froid est de couleur verdâtre avec une légère inflorescence, tandis que l'huile pressée à chaud est rouge foncé et est fluorescente à un degré marqué. L'huile étirée à froid est utilisée à des fins comestibles, tandis que les gardes inférieurs servent d'huile de combustion (**Kamel et al., 2007**).

Elle a un goût de noix, elle est liquide à température ambiante et même au réfrigérateur (**Gohari et al., 2011**).

2.4.1. Composition lipidique de l'huile des graines de citrouille

La fraction lipidique de l'huile des graines de citrouille contient environ 96% de lipides neutres, les acides gras libres sont le composant principal (**Goetz et al., 2010**).

L'huile de graines de citrouille, a une teneur élevée en acides gras libres avec des acides palmitique, stéarique, oléique et linoléique qui prédominent (Tableau VIII) (**Murkovic et al., 1996 , Nakic et al., 2006**). Selon **Kamel et al. (2007)** l'acide linoléique est le principal acide gras de l'huile de graines de citrouille.

Tableau VIII: composition lipidique de l'huile des graines de citrouille (**Murkovic et al., 1996 , Nakic et al., 2006**)

Acide gras	Pourcentage (%)	Symbole
Acide gamma-linolénique	[0 -2]	C18 :3(n-6)
Acide stéarique	[4,5 -8]	C18:0
Acide α -linoléique	[5-15]	C18 :3(n-3)
Acide palmitique	[6-13]	C16:0
Acide oléique	[14-41]	C18:1
Acide linoléique	[44-61]	C18:2

II. Généralités sur les graines de citrouille

2.4.2. Importance de l'huile des graines de citrouille

L'huile des graines a une stabilité oxydative élevée, et convient aux applications alimentaires et industrielles, ainsi qu'une teneur élevée en vitamine E et en tocophérol qui pourrait potentiellement améliorer la nutrition des régimes alimentaires humains (**Stevnson et al., 2007**).

La médecine traditionnelle est prête à fournir les recettes éprouvées aux quelles les gens font le plus confiance (**Gardenlux, 2015**).

- **Pour la prostatite**

L'huile des graines de citrouille soulagent rapidement l'inflammation de la prostate, il est recommandé de prendre de l'huile de pépins (graines) pour homme 3 fois / jour pendant 2-3 semaines. Une dose unique doit être une cuillère à soupe ou 2 à 3 gélules de pharmacie et vous devez boire ce produit à jeun (**Gardenlux, 2015**).

- **Pour la constipation**

L'huile des graines de citrouille libère non seulement l'intestin, mais elle renforce également le travail digestif de manière cohérente. Ce produit est utilisé pour éliminer la formation accrue de gaz, l'amélioration et la régularisation des selles. Pour un effet maximal, vous devez prendre ce produit pendant 1 mois (**Gardenlux, 2015**).

- **Pour le pancréas**

Cette huile peut être bénéfique, car elle facilite l'absorption rapide des aliments et réduit la charge sur le pancréas; dans les pancréatites chroniques, il est recommandé d'utiliser ce produit le matin à jeun (**Gardenlux, 2015**).

- **Utilisation alimentaire**

Vous pouvez utiliser l'huile des graines de citrouille pour faire une délicieuse vinaigrette pour vos recettes de salade, cela ajoute à la saveur aromatique et améliore votre santé (**Webster, 2016**).

- **Utilisation cosmétique**

Pour une peau sèche, peau mature : l'huile végétale des pépins de citrouille est un excellent anti-âge, grâce à sa teneur en polyphénols élevée. Ses molécules empêchent les

II. Généralités sur les graines de citrouille

radicaux libres responsables de la formation des rides, cette huile est très riche en acide linoléique, favorise également la régénération de la peau (**Compagnie des sens, 2002**).

2.5. La différence entre les graines de citrouille décortiquées ou entières

- ✓ Une once (28 g) de graines de citrouille entières offre environ 5 g de fibres, tandis que la même quantité de graines décortiquées n'a que 2 g.
- ✓ Les graines entières sont également riches en zinc, magnésium et cuivre, de plus, elles sont riches en fer, ce qui est vital pour la santé du sang et le transport de l'oxygène (source : <http://infosante24.com>).
- ✓ Les personnes souffrant des troubles digestifs, comme la maladie de Crohn ou la colite ulcéreuse (connue sous le nom de maladie inflammatoire de l'intestin), devraient éviter ou limiter la consommation des graines entières car leur teneur élevée peut déclencher des symptômes comme la douleur et la diarrhée (Source: <http://infosante24.com>).

La composition chimique de l'écaïlle des graines de citrouille (*Cucurbita pepo*) est donnée dans le tableau suivant (**Calixto et al., 1983**).

Tableau IX: la composition chimique de l'écaïlle des graines de citrouille.

Component	Teneur en matière sèche [%]
Cellulose	39,9 ± 3,5
Hémicellulose	17,5 ± 1,0
Protéines	28,5 ± 1,2
Phytostéroles et acides gras insaturés	14,5

2.6. Farine des graines de citrouille et les denrées alimentaires

Un défi important de l'industrie alimentaire consiste à utiliser des parties végétales telle que les graines ayant une valeur nutritionnelle significative dans la formulation des produits alimentaires, en enrichissant leurs valeurs fonctionnelles et en réduisant les couts des traitements des déchets (**Batista et al., 2018**).

II. Généralités sur les graines de citrouille

L'enrichissement de ces produits avec des légumes riche en protéines, en fibres et en ingrédients bioactifs est pertinent (Aljahani, 2022).

En plus des composants nutritionnels dans le cas des graines de courges (notamment la citrouille) un autre aspect à considérer est la réduction des déchets agro-industriels fournis par la réutilisation de la farine des graines pour du pain, des gâteaux et d'autres denrées alimentaires. Pongjatna et al. (2006) ont produit de la poudre de citrouille qui a été utilisée dans certains produits de boulangerie tels que : pain de mie, pain sucré, gâteaux au beurre, gâteaux en mousseline, et des cookies.

Les farines composites (farine de blé + farine des graines de citrouille) ont montré une meilleure capacité de rétention d'eau et des gels, plus mous que les produits mono farines. De même, la qualité nutritionnelle s'est améliorée en renforçant l'activité antioxydante (Aljahani, 2022).

La composition physico-chimique et calorique de deux farines de graines de citrouille dans 100g de la matière sèche (Costa et al., 2018) est donnée dans le tableau suivant :

Tableau X: comparaison entre les farines de citrouille.

Paramètre	Farine I	Farine II
Humidité (%)	3,13 ± 0,11	2,27 ± 0,19
Cendre (%)	3,62 ± 0,24	4,42 ± 0,02
Lipides (%)	39,6 ± 0,97	48,68 ± 0,89
Protéines brutes (%)	25,56 ± 2,74	28,78 ± 0,15
Fibres alimentaires (%)	52,56 ± 0,17	44,74 ± 2,37
Valeur calorique (kcal)	484,78 ± 2,14	556,71 ± 1,66

La farine I : présence de l'écaille des graines de citrouille.

La farine II : présence de l'endosperme des graines de citrouille.

La comparaison entre la composition de la farine de blé et la farine de citrouille (Tableau XI) montre que la farine de citrouille peut être utilisée pour compléter la farine de blé, avec ces nutriments pour la production de pain de meilleure qualité (Kundu et al., 2014). Toutefois, il est important de savoir que l'ajout des niveaux plus élevés de la farine des graines de la citrouille pourrait provoquer le rancissement (Jeevitha et al., 2019).

II. Généralités sur les graines de citrouille

Tableau XI: comparaison entre la farine de blé et la farine de citrouille.

	Farine de blé	Farine de citrouille
Humidité	11,1%	4,8%
Protéines	12,4%	11,6%
Graisse	1,4%	2,4%
Fibres alimentaires	10,1%	28,3%
Fibres brutes	1,2%	16,9%
Cendre	0,63%	6,7%
Calcium	170,0 mg/100g	121,7 mg/100g
Fer	5,3 mg/100g	7,1 mg/100g
Zinc	2,8mg/100g	3,1 mg/100g
β -carotène	/	1,8 mg/100g

Généralités sur les biscuits



III. Généralités sur les biscuits

3. Généralités sur les biscuits

3.1. Historique

Les origines des biscuits remontent à plusieurs milliers d'années, lorsque la bouillie de céréales devient galette, premier aliment condensé susceptible à être conservé. Dans le tombeau d'un pharaon de la V^{ème} dynastie, il existe déjà des peintures montrent un ouvrier attise le feu d'un four et cuisent des galettes. A l'époque de Périclès, les grecs savent déjà préparer les « Dypires », ou pains cuits deux fois, signent la naissance du biscuit (Kabore, 2012).

3.2. Définition

Le mot biscuit dérive du latin « panis biscotis », littéralement « pain cuit deux fois » (Smith, 2011) : les biscuits étaient autrefois cuits dans un four chaud, puis séchés, dans un four plus froid (Manley, 2011). Les biscuits sont des produits de boulangerie très populaire du fait de leur praticité. En effet, ils constituent un bon apport énergétique, sont « prêts à être consommés », abordables et très diversifiés (Misra et Tiwari, 2014). De nos jours, les biscuits sont définis comme des produits cuits à faible teneur en humidité (<5%). Ils sont à base de matière sucrante, de matière grasse, et de tous autres produits alimentaires, parfums et condiments autorisés, susceptibles après cuisson de conserver ces qualités organoleptiques et commerciales pendant une durée supérieure à un mois (Menard et al., 1992).

3.3. Classification des biscuits

Les biscuits sont généralement classés d'abord selon leur teneur en eau et ensuite selon leurs teneurs en sucre et matière grasse (Figure 4). L'eau est donc indispensable à la formation de la pâte de biscuit elle génère un réseau tridimensionnel qui retient les autres ingrédients. Une classification peut être envisagée aussi en se basant sur la consistance de la pâte avant cuisson (Kiger et Kiger, 1968 ; Mohtadji –Lambalais, 1989 ; Feillet, 2000).

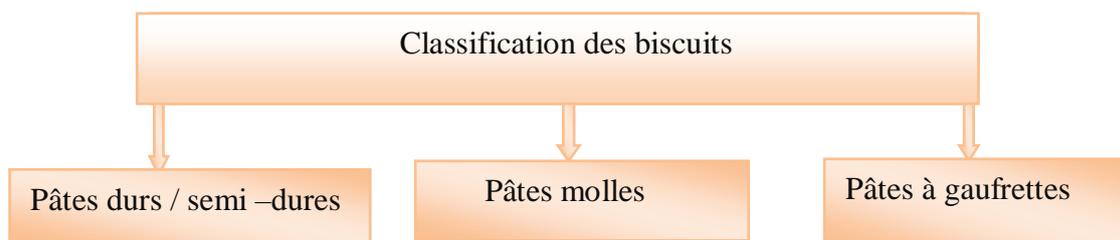


Figure 4: classification des biscuits.

III. Généralités sur les biscuits

- **Biscuits à pâtes dures**

Sont des pâtes à teneur en eau élevée, elles représentent une consistance importante et des teneurs en matière grasse et sucres inférieures à 20% de la teneur en farine. Ces biscuits donnent naissance au type de biscuits secs (sablés, petit beurre)(Van der Sman et Renzetti, 2018).

- **Biscuits à pâtes molles**

Si la matière grasse est en quantité importante ou suffisamment fluide, la pâte formée est relativement molle et cohérente (les boudoirs, les madeleines, les cakes, les macarons). Leur structure ressemble d'avantage à une émulsion (Van der Sman et Renzetti, 2018).

- **Biscuits à pâtes à gaufrettes**

Si celle-ci reste en partie solide, la pâte est peu structurée et forme une poudre sablonneuse plus ou moins grossière.

Le biscuit offre une large palette de recettes provenant de nos traditions culinaires :

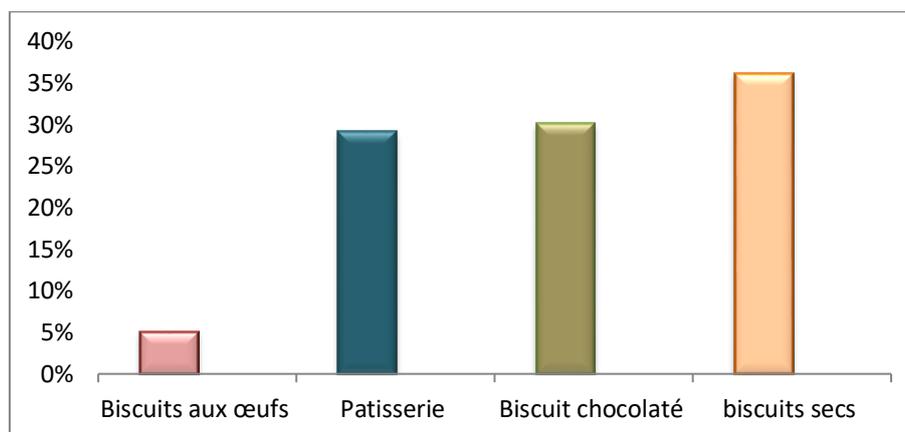


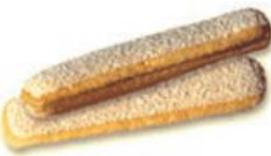
Figure 5: la grande famille des biscuits (Ministère de l'agriculture et de la pêche, 2007).

3.4. Diversité des biscuits et des gâteaux

Les biscuits et les gâteaux recouvrent une infinie variété de produits et une grande diversité d'ingrédients, quelques exemples sur la diversité des biscuits sont illustrés dans le tableau suivant :

III. Généralités sur les biscuits

Tableau XII: diversité des biscuits.

Nom de biscuit	Description	Composition	Photographie
Cookie	Petit biscuit de forme ronde et de texture friable qui contient souvent des inclusions : pépites de chocolat, noisettes,	Les ingrédients de cookie sont : la farine les œufs, les matières grasses et les matières sucrantes (Broutin ,2001) .	 http://www.foodplanet.fr
Boudoir	Biscuit aux œufs, croustillant, de forme allongée, comportant sur le dessus un sucrage de sucre cristallisé (Broutin, 2001).	Les ingrédients de boudoir sont: sucre, œufs, farine, lait, matière grasse (Broutin, 2001) .	 http://www.foodplanet.fr
Macaron	Le macaron a une forme ronde et sa surface est lisse et craquelée, il est fabriqué, Les macarons dériveraient des massepains, composés en principe d'une égale quantité de sucre et d'amandes	Les ingrédients de macaron sont : des amandes, des matières sucrantes et des blancs d'œufs (Broutin, 2001) .	 http://www.foodplanet.fr
Choux	Pâtisserie soufflée est généralement présentée sous la forme d'une bouchée. Les choux peuvent être fourrés de crème pâtissière, chantilly.	La pate est composée éventuellement, des matières grasses, sucre, Œufs et farine (Broutin, 2001) .	 http://www.foodplanet.fr
Madeleine	petit gâteaux moelleux aux œufs, soit en forme de coquille pour le dessous et bombé sur le dessus (Broutin, 2001) , soit de forme longue. La forme du coquillage appelé «peigne», qu'ils sont conservés jusqu'au aujourd'hui.	De même, leur composition est restée invariable : farine, beurre, sucres et œufs, parfum de citron ou d'orange (Broutin, 2001) ,	 http://www.foodplanet.fr

III. Généralités sur les biscuits

3.5. Composition chimique des biscuits

Du fait des grandes variétés des recettes, il existe une très grande variabilité de la composition nutritionnelle des biscuits en fonction de la catégorie de biscuit (Tableau VIII) :

Tableau VIII: composition nutritionnelle des biscuits. (Pour 100g) (Feillet, 2000).

Type de biscuit	Amidon (g)	Sucres (g)	Protéines (g)	Lipides (g)	Kcal
Petit beurre biscuit chocolaté	56	21	9	11	440
gouter fourré	29	35	7	26	520
génoise confituré	29	33	7	18	480
cookies	21	57	5	3	360
biscuits aux œufs	31	29	6	27	505
biscuit sablé	26	58	8	4	405
	45	23	7	22	500

Le tableau suivant présent l'apport énergétique (calories) de 100 g de biscuit et les nutriments (protéines, glucides, sucres, matières grasses, fibres alimentaires, sels minéraux et vitamines), les quantités de nutriments indiquées sont des valeurs moyennes, ces valeurs peuvent varier pour différents types de biscuit.

Tableau XIV: valeur nutritive des biscuits (PNNS, 2007).

Composition	Quantité
Protéines	475Kcal
Glucides	66,2g
Lipides	19,8g
Eau	3,52g
Fibres	3g
<ul style="list-style-type: none"> • Magnésium • Phosphore • Potassium • Calcium • Fer • Iode 	14mg 190mg 157mg 10mg 0,4mg 4,15mg
<ul style="list-style-type: none"> • Vitamine D • Vitamine E • Vitamine B1 	0,4mg 1,4mg 0,05mg

III. Généralités sur les biscuits

3.6. Principaux ingrédients des biscuits

La formulation des biscuits est toujours basée sur l'utilisation des ingrédients de base, le tableau XV montre, présente la composition principale de quelques types des biscuits.

Tableau XV: ingrédients des principaux types des biscuits (Feillet, 2000).

Type de biscuit	Composition
Biscuits secs sucrés	Farine, matière grasses, sucres, eau
Crackers	Farine (pate fermentée), sucre, eau, sel
Génoise	Farine, sucre, œufs
Gaufrette	Farine, sucre, œufs, eau

Le tableau donne les principaux composants des biscuits qui sont :

- **Farine**

Le principal ingrédient du biscuit. Elle comporte en grande majorité de l'amidon, mais aussi des protéines et des lipides. Elle a généralement une teneur en eau de l'ordre de 14% (Mamat et Hill, 2018).

L'amidon représente 60 à 75% de la farine en base humide (Atwell, 2001), l'amidon contient aussi 0,8 à 0,9% de lipides à base sèche (Thomas et Atwell, 1999).

- **Matière grasse**

C'est un ingrédient indispensable dans le biscuit. Dans la recette la matière grasse joue un rôle de liant, elle ramollit la pâte et contribue à sa plasticité (Jurgens et van Vliet, 1999 ; Misra et Tiwari, 2014).

Les propriétés hydrophobes des lipides permettent d'isoler les protéines et les grains d'amidon ce qui limite les interactions (Wade, 1998 ; Maache-Rezzoug, 1998).

- **Sucre**

Le saccharose est le sucre le plus communément utilisé dans les produits de boulangerie (Van der Sman et Renzetti, 2018). Cependant, il n'est pas rare que d'autres sucres soient utilisés dans la biscuiterie notamment le glucose et le fructose (sirops).

III. Généralités sur les biscuits

Le sucre confère le goût et la saveur sucrée au biscuit. Lorsqu'il s'hydrolyse sous l'effet de la chaleur, le saccharose libère ses sous-unités (fructose et glucose). Ces sucres sont capables de réagir en présence d'eau et d'acides aminés pour produire des composés aromatiques bruns (**Edwards, 2007**). La production d'arômes et de couleur dépend aussi de type de sucre utilisé dans les biscuits.

3.7. Ingrédients secondaires

D'autres ingrédients secondaires (eau, sel, agents levants, lait, œufs) et leurs effets sur la préparation des biscuits sont donnés dans le tableau XVI:

Tableau XVI: influence des ingrédients secondaires sur la préparation des biscuits.

Ingrédient	Effet	Référence
Eau	Permet la dispersion des ingrédients et leur hydratation (sucres, levures ...) ou leur solubilisation. La quantité limitée d'eau utilisée dans la formulation des biscuits, ainsi que son indispensabilité des protéines et de l'amidon, contribue au croustillant des biscuits. Une augmentation de la quantité d'eau dans la recette entraîne une réduction de la consistance, augmentation de la fluidité et de l'adhérence de la pâte.	(Cauvain et Young, 2008) (Misra et Tiwari, 2014) (Maache-Rezzoug, 1998)
Agents Levant	Ces agents aèrent la pâte, la rendent plus légère et contribuent à donner au biscuit la bonne épaisseur et une texture lisse. Le bicarbonate de sodium est utilisé comme source primaire de CO ₂ .	(Misra et Tiwari, 2014) (Atwell, 2001 ; Colonna, et al. 2002).
Sel	Un très bon exhausteur de goût. Le sel se solubilise rapidement, ses ions interagissent avec les groupements chargés des protéines du gluten. Ceci conduit à la diminution des répulsions entre protéines et renforce le développement du réseau de gluten dans la pâte.	(Mnley, 2011b) (Indrani et Rao, 2008)
Œufs	Apportent de la légèreté et du moussant aux biscuits, ils permettent aussi de donner une	(Coutouly et al., 1998)

III. Généralités sur les biscuits

	couleur doré aux biscuits. Les œufs peuvent également assurer des fonctions d'aérations et de coagulation lors de la préparation de biscuit.	(Hui et al. 2006)
Lait	Donne la couleur et la saveur à la pâte, tout en améliorant sa texture. Il permet une liaison plus rapide de la pâte avec l'eau et peut jouer sur la friabilité ou le fondant de biscuit	(Cheftel et Cheftel, 1995)

❖ Autres ingrédients

• Chocolat

Le corps gras de chocolat étant essentiellement d'origine végétale, son taux de cholestérol est faible. Il n'y a pas de condition favorable au développement des microorganismes (Nebensy et Zyzelewicz, 2006).

• Aromes

Les arômes les plus couramment introduits dans les biscuits sont : la vanille, l'amande, le caramel, la noisette, le café. Dans l'industrie biscuitière, il existe trois principales façons d'insérer des arômes dans les produits (Manley, 2011), tels que :

- a) Incorporation directe sur la pâte de biscuit.
- b) Pulvérisation en surface après cuisson.
- c) Incorporation dans les autres éléments non cuits.

• Emulsifiants

Substances tension actif qui favorisent la formation et la stabilisation d'une pâte, ils agissent comme lubrifiants, améliore la qualité de l'aliment, retiennent l'humidité, ainsi qu'elles prolongent la durée de conservation (Benaissa et Slamani, 2018).

3.8. Technologie de fabrication des biscuits

• Préparation des matières premières :

Matière grasse, sucre, œufs, farine et les autres ingrédients.

III. Généralités sur les biscuits

- **Mixage**

La première étape dans le processus de biscuiterie. Cette opération permet le mélange des ingrédients de base et d'autres ingrédients mineurs afin qu'ils forment une masse cohérente (**Maache-Rezzoug et al. 1998**).

- **Pétrissage**

La totalité de la farine est introduite dans le pétrin suivi de pétrissage de la pâte pour l'obtention d'une pâte homogène à la fois assez souple (**Armand et Germain, 1992**).

- **Laminage**

Ce procédé implique la production d'une feuille épaisse de la pâte, ce qui réduit de façon uniforme l'épaisseur de la feuille (**Manley, 2011**).

- **Découpage**

Les feuilles laminées sont découpées. Il est évidemment souhaitable que chaque morceau de pâte doit avoir un poids et des dimensions identiques (**Cronin et Preis, 2000**).

- **Cuisson**

Elle ne forme pas une simple déshydratation mais encore elle acquiert une couleur, un goût et une friabilité au biscuit. Les biscuits sont cuits pour un temps court (quelques minutes) (**Misra et Tiwari, 2014**).

- **Refroidissement**

Les biscuits sortant du four à des températures élevées sont refroidis à l'air libre, pendant quelque minute, des ventilateurs utilisés pour éliminer l'humidité (**Cheblaoui et Yahiatene, 2016**).

- **Conditionnement**

Le biscuit est un produit énergétique de longue conservation (en fonction de taux de la matière grasse). Lorsque l'humidité relative de l'air est supérieure à 50%, l'emballage doit être imperméable à l'humidité (**Broutin, 2001**).

Le diagramme suivant résume les différentes étapes de formulation d'un biscuit :

III. Généralités sur les biscuits

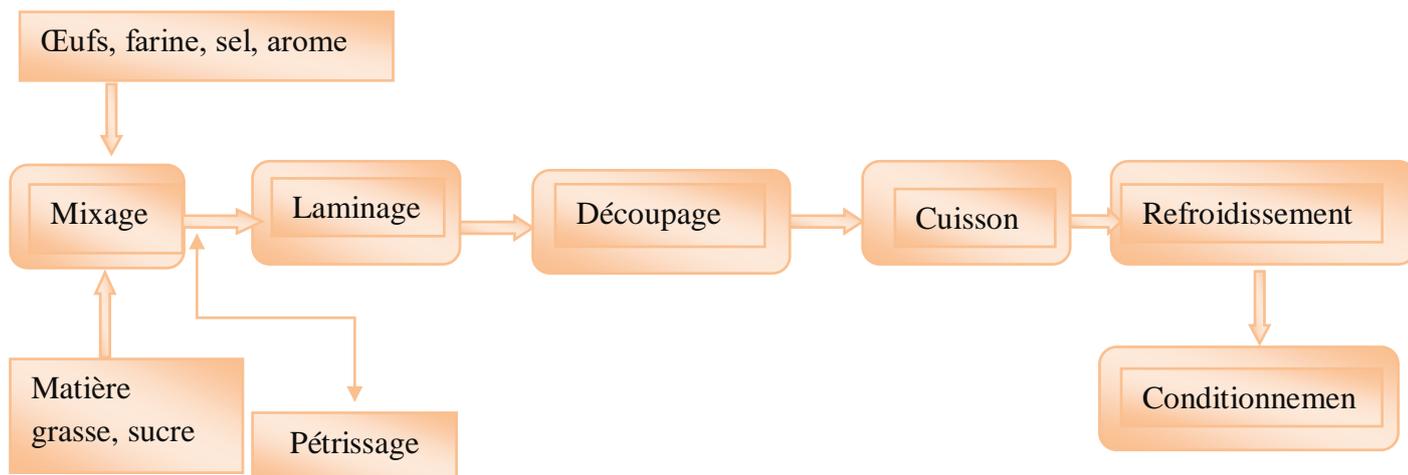


Figure 6: diagramme de fabrication des biscuits.

3.9. Enrichissement des biscuits

3.9.1. Enrichissement en protéines

Les produits céréaliers sont pauvres en protéines (surtout en acides aminés essentiels). L'addition des graines entières des pseudos céréales au produits de boulangerie améliore leur teneur en protéines (**Raffo et al. 2003; Brodowska et al. 2014**).

Quelques exemples d'enrichissement de biscuits en protéines sont donnés dans le tableau XVII :

Tableau XVII: enrichissent des biscuits en protéines.

Produits Agro-alimentaires	Objectifs	Références
Citrouilles cannellées (5%, 10%, 15%, 20% et 25%)	Préparer un biscuit riche en protéines	Giarni et al., 2005
Arachide dégraissée (5%, 10%, 15%, 20%, 25% et 30%)	Préparer un biscuit riche en protéines	Dauda et al., 2018
Soja dégraissée (28%, 50% et 71,4%)	Augmenter la teneur en protéines des biscuits	Rajiv et al., 2012

3.9.2. Enrichissement en fibres

Enrichir les biscuits en fibres alimentaires est un défi, comme de nouvelles sources de fibres deviennent disponibles et le grand intérêt du consommateur par l'alimentation saine, la

III. Généralités sur les biscuits

recherche d'utilisation des fibres comme ingrédients fonctionnelles dans les produits alimentaire devient plus vaste (**Ktenioudaki et Gallagher, 2012**).

Tableau XIII: enrichissement des biscuits en fibres.

Produits Agro-alimentaires	Objectifs	Références
Framboise (25 et 50%)	Enrichir les biscuits en fibres	Gorecka et al., 2010
Ananas (5, 10 et 15%)	Préparer des biscuits sains et évaluation de la qualité des biscuits enrichis de poudre de (marc) grignons de l'ananas	Sadal et al., 2018
Chou-fleur (10, 15 et 20%)	Etudier la possibilité d'utiliser la farine de chou-fleur dans la fabrication de biscuits	Ribeiro et al., 2015

3.9.3. Enrichissement en polyphénols

Les fruits, les légumes ou leurs produits sont utilisés dans la fabrication des produits céréaliers, comme source supplémentaire des composés biologiquement actifs (**Tableau XIX (Brodowska et al., 2014)**).

Tableau XIX:enrichissement des biscuits en polyphénols.

Produits Agro-alimentaires	Objectifs	Références
Graines de chia (5, 10, 15 et 20 %)	Enrichir les biscuits en polyphénols	Mesías et al., 2016
Graines de lin	Préparer des biscuits riches en polyphénols	Khouryieha et Aramouni, 2012

Partie
Expérimentale

Matériel
et
méthodes

V. Matériel et méthodes

4. Matière végétale

4.1. Traitement des échantillons

La farine des graines de citrouille est obtenue par l'ensemble des traitements technologiques comme suit :

- **Séchage**

L'opération a été effectuée à l'air libre afin d'éliminer la teneur en eau dans les graines pour assurer la conservation à longue durée et pour faciliter le broyage.

- **Torréfaction**

Torréfier c'est cuire les grains cru, l'opération a été effectuée dans un four à une température moyenne et une durée ni trop longue ni trop courte, le but principale de la torréfaction est de développer les arômes.

- **Broyage**

Cette opération a pour but de transférer les graines en particules de plus en plus fines. Le broyage est réalisé à l'aide d'un broyeur électrique.

- **Tamissage**

Le tamissage des poudres est soigneusement effectué à l'aide de tamis dont les mailles sont de 200 μm de diamètre et donnent une farine très fine.

4.2. Propriétés fonctionnelles des poudres

- **Densité apparente (DA)**

Est une grandeur sans dimension et sa valeur s'exprime sans unité de mesure. La densité apparente des farines (poudres) définie comme la masse de nombreuses particules divisées par le volume total qu'elles occupent, c'est une propriété fonctionnelle des particules fines ou ingrédients alimentaires. Le volume total comprend le volume des particules, des pores internes et le volume des vides inters particules (**Buckman et Brady, 1960**).

La densité apparente (DA) est déterminée selon la méthode décrite par **Chinma et al. (2009)**.

V. Matériel et méthodes

Peser une masse (m_0 (g)) d'une éprouvette graduée (10mL). Repeser une masse (m_1 (g)) de la même éprouvette remplie de la poudre jusqu'à un volume connu V (mL). La densité est calculée selon la formule suivante :

$$DA \text{ (g/cm}^3\text{)} = (m_1 - m_0) / V.$$

Tels que :

m_0 : masse de l'éprouvette graduée sans poudre en g.

m_1 : masse de l'éprouvette graduée remplie de poudre en g.

V : volume de la poudre en mL.

- **Capacité d'absorption d'eau (CAE) et d'huile (CAH)**

Les méthodes décrites par **Zouari et al. (2016)** ont été appliquées.

1g de poudre (m_0) est mélangée avec 10 mL d'eau distillée ou d'huile végétale. La suspension est mélangée au vortex puis laissée reposer pendant 30 min. Après centrifugation (5000 tr/30 min), le surnageant est éliminé et le culot est récupéré puis séché dans une étuve à 105 °C pendant 30 minutes. La masse de culot séché est mesurée (m_1 (g)) (**Zouari et al., 2016; Zidani, 2019**).

La capacité d'absorption d'eau (CAE) ou la capacité d'absorption d'huile (CAH) est exprimés en g d'eau ou d'huile absorbé par g de la poudre selon la formule suivante :

$$CAE \text{ (g/g)} : (m_1 - m_0) / m_0.$$

- **Capacité de gonflement (CG)**

C'est le volume en ml absorbé par le gonflement de 1g de la matière alimentaire, sa détermination est basée sur l'ajout d'eau ou l'ajout d'un agent gonflant (**Iwe et al., 2016**).

La méthode décrite par **Mateos-Aparicio et al. (2010) et Ouazib (2016)** a été utilisée pour déterminer la capacité de gonflement des poudres préparées. 100mg de la poudre dans une éprouvette graduée. Ajouter 10mL d'eau distillée. Mesurer le volume V_0 (mL) occupé par le mélange. Laisser reposer pendant 18 h. Mesurer le volume final V_1 (mL). La capacité de gonflement (CG) est déterminée selon la formule suivante :

$$CG \text{ (\%)} = [(V_1 - V_0) / p] * 100.$$

V. Matériel et méthodes

Tels que :

P : la masse de la prise d'essai.

V₀ : volume initial du mélange.

V₁ : volume final après 18 h de repos.

- **Capacité émulsifiante**

L'émulsification consiste à transformer un système à deux phases séparées en un système pseudo homogène caractérisé par une aire interfaciale importante (**McClements, 1999**).

Mode d'opérateur

Peser 3,5g de la poudre. Remplir une fiole jaugée de 50 mL avec l'eau distillée. Mélanger la poudre avec l'eau distillée. Prélever 5ml de la suspension préparée puis ajouter 5mL de l'huile végétal (huile de tourne sol). Homogénéiser le mélange pendant 5min au vortex. Mettre le mélange dans une centrifugeuse à 1200 tr/min pendant 5min. Après centrifugation, mesurer la hauteur (L_1 (cm)) de la couche d'émulsion puis mesurer la hauteur (L_0 (cm)) de contenu total (**Elkhalifa et Bernhardt, 2010; Zidani, 2019**). La capacité émulsifiante (CÉ) est calculée comme suit :

$$CE (\%) = (L_1/L_0) * 100.$$

- **La capacité moussante**

Une mousse est une dispersion de bulles de gaz dans une phase continue liquide ou semi solide ; il s'agit donc dans le cas le plus simple d'un système biphasique avec un mélange de deux phases non –miscibles (**Bouquelet, 2008**).

Le fouettage et le bullage parmi les méthodes utilisées pour former des mousses. Le fouettage utilise plusieurs dispositifs comme le mélangeur de cuisine, elles agitent vigoureusement un liquide et son interface avec une phase gazeuse. Le bullage permet l'introduction de l'air dans le liquide sous forme de fines bulles à travers une buse ou un verre fritté (**Ganesan et Ning, 2017**).

La capacité moussante est déterminée selon la méthode décrite par **Elkhalifa et Bernhardt. (2010)**.

V. Matériel et méthodes

Mode d'opérateur

Peser 1 g poudre. Dispersez la poudre dans 50mL (V_1 (mL)) d'eau distillée dans un récipient. Fouettez le mélange à l'aide d'un batteur pendant 1min. Mesurez le volume final (V_f (mL)) dans une éprouvette graduée. La capacité moussante est calculée selon la formule suivante :

$$CM (\%) = ((V_f - V_1) / V_1) \times 100.$$

- **Brix**

Selon la méthode d'**AFNOR (1970)**, la concentration en saccharose d'une solution (brix) est déterminée comme suit :

Peser 1g d'échantillon. Mélanger l'échantillon avec 10mL d'eau distillée et bien mélanger. Prendre une goutte de mélange et la placer sur la surface de prisme du réfractomètre. La valeur du brix est exprimée en pourcentage.

4.3. Propriétés physico-chimiques

- **pH**

C'est l'abréviation du terme potentiel hydrogène, le PH mesure l'activité chimique des ions hydrogènes (H^+) en solution, il mesure donc son acidité ou sa basicité (**Noomene et Hamza, 2011**). La mesure de l'acidité ou l'alcalinité d'une solution en fonction de sa concentration en $[H^+]$ et suivant une échelle logarithmique de [1-14] à 25°C (**Sorensen, 1909**).

Le potentiel hydrogène (pH) des différents échantillons est déterminé à l'aide d'un pH mètre selon la méthode **AFNOR (1982)**.

Peser 1g de l'échantillon. Ajouter 10 mL d'eau distillée. Agiter pendant 30 minutes. Filtrer l'échantillon. Le filtrat récupéré permet de mesurer les valeurs de pH à l'aide d'un pH mètre.

- **Acidité titrable**

L'acidité titrable est déterminée par la méthode d'**AFNOR (1974)** comme suit :

Préparation de la solution titrée :

Placer 5g d'échantillon dans une fiole conique. Ajouter 25mL d'eau distillée chaude, récemment bouillie, refroidie. Mélanger jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène. Chauffer le contenu dans un bain Marie pendant 30min. Refroidir et transvaser le contenu dans une

V. Matériel et méthodes

fiolle conique jaugée de 250mL. Ajuster le volume avec l'eau distillée récemment bouillie, puis filtrer.

Afin de déterminer l'acidité titrable :

Prélever 25mL du filtrat et les verser dans un bécher. Ajouter 2 à 3 gouttes de la phénolphaléine. Verser à l'aide d'une burette la solution d'hydroxyde de sodium à N/9. Noter le volume de la soude versé dès l'apparition d'une couleur rose persistante. L'acidité est déterminée par la formule suivante :

$$\text{Acidité titrable (\%)} = (250 * V_1 * 100) / (V_0 * M * 10).$$

Soit :

M : masse du produit prélevé (g).

V₀ : volume de la prise d'essai (mL).

V₁ : volume de la solution d'hydroxyde de sodium utilisé (0,1 N) (mL).

4.4.Composition approximative

- **Détermination de la teneur en eau**

Afin de déterminer la teneur en eau des différents échantillons :

Peser 5 g d'échantillon subi une dessiccation dans une étuve portée à 103°C ± 2°C pendant 4 heures (**Doymaz et al., 2004**). La teneur en eau est calculée selon la formule suivante:

$$\text{H(\%)} : (M_1 - M_2 / p) * 100.$$

H (%): Humidité en pourcentage.

M₁: Masse de la capsule + masse de la matière fraîche (g).

M₂: Masse de la capsule + masse de la matière sèche (g).

- **Teneur en cendre**

Le cendre d'un produit est le résidu minéral incombustible résultant de son incinération dans des conditions déterminés et à des températures pratiquement comprises entre 550 °C et 900 °C (**Laniese, 1963**).

- Le dosage des cendres est basé sur la destruction de la matière organique par l'incinération dans un four à moufle (**Saadoudi, 2019**). Peser les creusets vides et mentionner la valeur. Peser les creusets avec 1 g de l'échantillon. Mettre les creusets pendant 5 h dans le four à moufle réglé à 550 °C jusqu'à l'obtention d'un résidu

V. Matériel et méthodes

blanchâtre. Une fois le flambage des creusets est terminé, on ferme bien le four et on laisse la température descendre jusqu'à 55°C Laisser refroidir dans un dessiccateur pendant 10 à 15min. Peser les creusets avec le résidu blanchâtre.

Expression des résultats

$$\text{MO}(\%) : ((M_1 - M_2/P)) * 100.$$

Où :

MO (%) : matière organique.

M₁(g): masse de la capsule + l'échantillon.

M₂(g) : masse de la capsule + cendres.

P (g) : masse de la prise d'essai.

- La teneur en cendres est calculée par la formule suivante :

$$\text{Cendre}(\%) = 100 - \text{MO}.$$

- **Dosage du gluten**

- ❖ **Principe**

Le dosage de gluten repose sur la propriété qu'il possède de s'agglomérer lorsque il est malaxé sous un courant d'eau qui élimine les autres constituants , puis la masse de plastique est pesée (AACC, 2000).

Mode opératoire

Peser 25 g d'échantillon. Ajouter 15 mL d'eau de robinet salé à 2%. Mélanger le tous à la main de façon à avoir un pàton. Laisser reposer 5 minutes. Pétrir le pàton à la main pendant 1 min, ensuite le laisser 15 min dans un b cher rempli d'eau. Une fois cette durée terminée, malaxer le pàton sous un fil d'eau, au-dessus d'un tamis. Au fur et à mesure, éliminer le lait d'amidon qui se forme, jusqu'à ce que l'eau de lavage devienne plus claire. Récupérer les morceaux de gluten qui peuvent éventuellement tomber sur le tamis, après essorer fortement le gluten, jusqu'à ce qu'il commence à y adhérer. Peser rapidement le gluten humide. Le taux de gluten (humide) est calculé comme suit :

$$\text{G} (\%) = (M_1/P) \times 100.$$

Où :

M₁ (g) : masse de gluten.

P (g): masse de la prise d'essai.

V. Matériel et méthodes

- **Dosage des sucres totaux**

➤ Selon **Dubois et al. (1956)** le principe repose sur la réaction suivante :

L'acide sulfurique concentré provoque, à chaud, le départ de plusieurs molécules d'eau à partir des oses. Cette déshydratation s'accompagne par la formation d'un hydroxy – méthylfurfural (HMF), dans le cas d'hexose et d'un furfural dans le cas d'un pentose. Ces composés se condensent avec le phénol pour donner des complexes colorés (jaune-orangé). L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration des oses. La densité optique (absorbance) est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre.

Mode d'opérateur

L'extraction est effectuée en ajoutant 2g de poudre à 50mL de l'éthanol 80%, agiter l'échantillon pendant 30min puis filtrer. Un volume de 1mL de phénol 5% est ajouté à 2mL de filtrat, et 5mL d'H₂SO₄, le mélange est laissé incuber pendant 20min au bain Marie en 25 à 30°C puis refroidie sous eau. L'absorbance a été mesurée à 485nm.

- **Dosage des protéines**

Les protéines sont des composés azotés que l'on rencontre sous forme simple et sous forme plus complexe (**Feillet, 2000**). Le dosage des protéines est effectué selon la méthode de **Bradford (1976)**.

Protocole de la préparation de l'extrait :

Peser 1 g de la poudre. Ajouter 50 mL d'eau distillée. Agiter le mélange pendant 30 min, puis récupérer le filtrat. Un volume de 500µL d'extrait (filtrat récupéré) est ajouté à 2mL de réactif de Bradford, le mélange est laissé incuber pendant 5min à l'obscurité après agitation, et l'absorbance, a été mesurée à 595 nm.

4.5.Optimisation des paramètres d'extraction assistée par micro-onde des composés phénoliques

Cette étape consiste à déterminer les meilleures conditions d'extraction des composés phénoliques contenus dans les graines de la citrouille grillés et non grillés, par l'utilisation de la méthode d'extraction par micro-onde.

4.5.1. Extraction assisté par micro-onde (EAM) et son principe

C'est un processus par lequel l'énergie de micro-onde accélère l'extraction. Ce traitement accélère la rupture des cellules en provoquant une augmentation rapide de la

V. Matériel et méthodes

température et de la pression interne dans les parois des cellules végétales (**Inoue et al., 2010 ; Jawad & Langrish , 2012**).

Au cours de l'extraction le chauffage provoque la rupture des liaisons hydrogène faibles par la rotation dipolaire des molécules. La quantité considérable de la pression accumulée à l'intérieur du biomatériau, modifie les propriétés physiques des tissus biologiques et améliore la porosité de la matrice biologique. Ceci permet une meilleure pénétration du solvant d'extraction à travers la matrice (**Kratchanova et al., 2004 ; Yeoh et al., 2008**) et facilite l'extraction des composés entre autre les composés phénoliques (**Mandal et al., 2007**).

4.5.2. Procédure de l'extraction

L'extraction a été effectuée au niveau de laboratoire de 3BS, toute en respectant les bonnes pratiques d'hygiène (propreté de verrerie, porte des blouses, la présence du système efficace de refroidissement afin d'éviter l'influence des hautes pressions qui provoque le chauffage de micro-onde).

- ✓ **Première étape** : à l'intérieur d'un ballon propre à fond rond, 10 mL du solvant d'extraction ont été ajoutés à 0,5g de matière végétale.
- ✓ **Deuxième étape** : après une légère agitation manuelle de mélange (le solvant pénètre dans la poudre), placer le ballon à l'intérieur de la micro-onde afin de fixer le temps et la puissance.
- ✓ **Troisième étape** : lorsque l'extraction est terminée, placer le ballon à l'intérieur refroidisseur Puis verser l'extrait dans les tubes à centrifugation.
- ✓ **Quatrième étape** : placer les échantillons en parallèles dans la centrifugeuse.

Le modèle expérimental est subdivisé en deux parties :

- Un essai préliminaire pour déterminer les types : étude des facteurs qui influencent sur la réponse selon la méthode classique d'extraction en variant un paramètre et en fixant les autres (**Al-Farsi & Lee, 2008**) pour la détermination des niveaux hauts et bas des facteurs.

4.5.3. Etudes préliminaires

Des études préliminaires sont effectuées afin de sélectionner un intervalle approprié pour l'extraction des composés phénoliques pour chaque variable indépendante.

V. Matériel et méthodes

4.6. Facteurs influencent sur l'extraction par micro-onde

Les principaux paramètres de l'extraction assistée par micro-ondes sont :

- **Effet de type et concentration du solvant**

Pour notre cas, des solutions aqueuses avec des concentrations différentes (20%, 40%, 60%, 80%) de l'éthanol ont été utilisés pour extraire les composés phénoliques sachant que les deux autres paramètres sont fixes (le temps et la puissance). Cette étape consiste à déterminer la concentration la plus évidente afin de poursuivre l'extraction avec un seul solvant. Le volume de solvant doit être suffisant pour s'assurer que la matrice est bien immergée dans le solvant.

Le meilleur solvant a été choisi sur la base de résultat de la teneur la plus élevée en polyphénols.

- **Effet du temps d'extraction**

L'impact du temps d'extraction (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8min) a été également étudié en utilisant le meilleur solvant à la concentration qui a donné le meilleur résultat, et une puissance fixée, le meilleur temps d'extraction a été choisi selon la teneur la plus élevée de l'extrait en composés phénoliques.

- **Effet de la puissance d'extraction**

La puissance micro-ondes contrôle la quantité d'énergie fournie à l'échantillon. Dans cette étape les deux paramètres précédents : % de solvant, le temps ont été fixés toute en variant la puissance (100, 300, 500, 700 et 900 W).

La meilleure puissance a été choisie sur la base de la valeur la plus élevée en composés phénoliques.

4.7. Dosage des composés phénoliques

Le dosage des polyphénols est réalisé par la méthode utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Ce dosage repose sur le réactif de Folin Ciocalteu (couleur jaune) qui est constitué par un mélange d'acide phospho tungstique et d'acide phospho molybdique. Lorsque les polyphénols sont oxydés, ils réduisent le réactif Folin-Ciocalteu en un complexe ayant une couleur bleue constitué d'oxyde de tungstène et de molybdène. L'intensité de la couleur est proportionnelle aux taux des composés phénoliques oxydés (**Rakic et al., 2006; Ghaderi-Ghahfarrokhi et al., 2017**).

V. Matériel et méthodes

Mode opératoire

250 μ L de l'extrait + 1250 μ L de Folin dilué. Agiter pendant quelques secondes. Ajouter 1000 μ L de Na₂CO₃. Incuber l'échantillon à l'obscurité pendant 30 min. Lire l'absorbance à $\lambda = 760$ nm.

Les concentrations des polyphénols sont déduites à partir des gammes d'étalonnage établies avec l'acide gallique (μ g/mL).

4.8.Stratégie d'optimisation par la méthode des Plans d'expériences

Principe : la méthode des plans d'expériences cherchera à déterminer et à établir les liens existant entre 2 types de variables

- **La réponse :** grandeur étudié (pour notre cas la réponse est les composés phénoliques)
- **Les facteurs :** grandeurs physiques modifiables par l'expérimentateur, sensées influé sur la réponse.

4.9.Application du plan d'expérience

L'optimisation de la méthode d'extraction est réalisée en employant le plan composite centré.

- **Méthodologie des surfaces de réponse**

Les variations de la réponse sont calculées en fonction des facteurs précédemment jugés influents. Cette étude est davantage quantitative, le but étant de déterminer comment la réponse varie.

Les études préliminaires effectuées, ont permis de déterminer les niveaux bas et haut pour les variables influençant l'expérimentation. Ces derniers sont illustrés dans les tableaux suivant :

V. Matériel et méthodes

Tableau XX: variable indépendantes et les niveaux des facteurs influençant sur l'extraction assistée par micro-ondes pour la poudre grillée.

Les variables indépendantes	Niveaux des facteurs		
	-1	0	+1
X ₁ : Ethanol	20	40	60
	3	4	5
X ₃ : puissance	500	700	900

Tableau XXI: variables indépendantes et les niveaux des facteurs influençant sur l'extraction assistée par micro-ondes pour la poudre non grillée.

Les variables indépendantes	Niveaux des facteurs		
	-1	0	+1
X ₁ : Ethanol	20	50	80
X ₂ : temps	4	5	6
X ₃ : puissance	500	700	900

4.10. Dosage des flavonoïdes

- La teneur des flavonoïdes des extraits a été déterminée par la méthode au trichlorure d'aluminium en utilisant la méthode rapportée par **Brahmi et al. (2012)** :

Mettre 1 mL d'extrait de la plante dans un tube à essai. Ajouter 1mL de la solution d'AlCl₃ à 2%. Incuber 15 min à température ambiante. Lire les absorbance à partir du spectromètre UV-visible à 430nm.

La teneur en flavonoïdes de l'extrait a été déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage réalisée avec la quercitrine, les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent quercitrine par gramme de matière sèche (mg EQ/g MS).

V. Matériel et méthodes

4.11. Détermination de l'activité antioxydante

4.11.1. Test au radical DPPH

L'activité de DPPH a été déterminée par la méthode proposée par **Blois (1958)**.

Ajouter un volume de 1mL d'éthanol pur à un volume de différentes concentrations des extraits. Ajouter 1mL de solvant d'extraction. Ajouter 150µL de la solution de DPPH ($10^{-3}M$). Incuber à obscurité et à température ambiante pendant 1h. L'absorbance a été mesurée à 517 nm. Le contrôle est préparé sans extrait.

Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH par les échantillons a été calculé selon la formule suivante :

$$\text{Effet d'inhibition du radical DPPH (\%)} = ((\text{ABS contrôle} - \text{ABSech}) / \text{ABS contrôle}) \times 100.$$

La concentration de l'extrait fournissant une inhibition de 50% (IC_{50}) a été obtenue en traçant le pourcentage d'inhibition en fonction des concentrations de la solution d'extrait

4.12. Préparation des biscuits

L'objectif principal est d'élaborer des biscuits enrichis, par remplacement de la farine de blé tendre par les poudres nutritives des matières végétales aux trois pourcentages (10, 20 et 30%) puis de juger le degré d'acceptabilité sur le plan organoleptique et l'analyse physico-chimiques de ces produits.

4.12.1. Les formulations

Dans cette partie, deux types de poudres des graines de citrouille ont été utilisées pour l'enrichissement des biscuits, l'une grillée et l'autre brute.

Plusieurs formulations ont été réalisées au début des manipulations pour la production, 7 types de biscuits ont été produits mais avec des taux différents de farine de blé et de citrouille.

Selon la recette donnée par **Sheikh (2020)**, pour 100 g de la farine, on exporte 35 g de sucre fin, un œuf, 25g de la margarine, 1 g de bicarbonate de sodium, 2 mL du lait, 0,5 g de vanille et 0,5 g de sel.

Les pourcentages d'incorporation des farines étudiées sont donnés dans le tableau suivant :

V. Matériel et méthodes

Tableau XXII: pourcentages des taux d'incorporation.

Farines	BFB (%)	BFCNG (%)			BFCG (%)		
Blé	100	90	80	70	90	80	70
citrouille	0	10	20	30	10	20	30

BFB : biscuit 100% farine de blé.

BFCNG : biscuit à farine de citrouille non grillée.

BFCG : biscuit à farine de citrouille grillée.

4.12.2. Procédure de formulation

Dans un récipient, la matière grasse est mélangée avec le sucre pendant quelques minutes (3 à 5min). Ensuite, l'œuf et le sel sont ajoutés et les ingrédients sont mixés à l'aide d'un batteur, jusqu'à l'obtention d'une crème homogène. Après, le lait, la farine, le bicarbonate du sodium sont ajoutés au mélange crémeux, et le tout est mélangé pendant quelques minutes.

- **Moulage des pâtes**

Le plan de travail a été fariné, la pâte a été étalée manuellement à l'aide d'un rouleau à pâtisserie, des emportes pièces différents ont été utilisés pour façonner les biscuits (formes : cœur, disque, triangle ...).

- **Cuisson**

Opération importante pendant 10 à 15 min à la température 180°C, elle dépend principalement de : goût et de l'aspect des biscuits.

- **Refroidissement et conditionnement**

Les biscuits sont refroidis totalement à l'air libre, après le refroidissement les biscuits sont emballés dans un papier film alimentaire, puis sont stockés dans des sacs en papier pour être conservés et étiquetés en fonction de pourcentage de la poudre.

4.13. Analyses physico chimiques des biscuits

Les mêmes protocoles utilisés dans les caractérisations physicochimiques des poudres d'enrichissement, sont utilisés pour déterminer les caractéristiques physicochimiques des biscuits cuits.

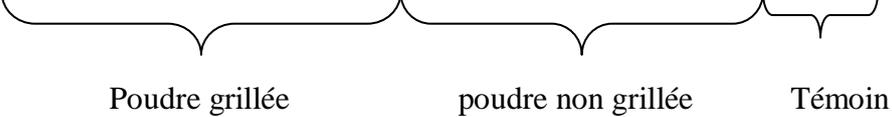
V. Matériel et méthodes

4.14. Evaluation sensorielle et gustative

Afin de déterminer la meilleure formulation expérimentale possible de ces biscuits, des tests d'appréciation sont réalisés par un panel de 8 dégustateurs entraînés et n'ayant aucune notion préalable sur le produit à déguster. Sept essais de formulation de biscuit sont réalisés (Tableau XXIII)

Tableau XXIII: les essais de formulation de biscuit réalisés.

Biscuit	A	B	C	D	E	F	G
Taux de substitution %	10	20	30	10	20	30	0



L'évaluation des biscuits a été faite dans des conditions favorables (lumière uniforme, absence de d'odeur particulière, température et hygrométrie constantes) auprès de 8 experts d'analyse sensorielle de l'université de Bejaia. Ils leurs a été demandé d'effectuer un classement de préférence par ordre croissant pour les 7 échantillons préparés.

Chaque dégustateur doit se rincer la bouche après chaque dégustation et noter leur classement sur un bulletin.

4.15. Analyse statistique

L'étude statistique a été élaborée avec une technique de statistique correspond à un modèle linéaire (ANOVA), ou analyse de la variance, pour tester l'existence d'une relation entre les variables ou notamment entre une variable explicative et une variable cible, un test de Tukey a été utilisé où $p < 0,05$ a été considéré comme significatif. Pour notre optimisation le logiciel utilisée c'est le JMP14 pro.

Résultats
et
discussion

V. Résultats et discussion

5. Résultats et discussion

5.1. Caractéristiques physico-chimiques des poudres

Les résultats obtenus lors des analyses effectuées sur les deux poudres des graines de citrouille sont rapportés dans le tableau XXIV.

Tableau XXIV: propriétés physico-chimiques et fonctionnelles des poudres.

Paramètre	PG	PNG
pH	6,156 ± 0,025	5,726 ± 0,030
Acidité titrable (%)	0,093 ± 0,023	0,106 ± 0,023
Brix (%)	0,5333 ± 0,057	0,866 ± 0,057
CAE (g/g)	0,013 ± 0,015	0,083 ± 0,061
CAH (g/g)	0,206 ± 0,077	0,567 ± 0,086
CM	0,666 ± 1,154	3,333 ± 2,30
CG	0,066 ± 0,058	0,733 ± 0,115
CE	41,267 ± 1,486	48,285 ± 2,256
Cendres	4,00 ± 0,707	3,377 ± 0,533
Densité (g/m ³)	0,670 ± 0,042	0,537 ± 0,074
Gluten	00 ± 00	00 ± 00

PG : poudre grillée, **PNG** : poudre non grillée, **CAE (g/g)**: capacité d'absorption d'eau, **CAH (g/g)** : capacité d'absorption d'huile, **CM(%)**: capacité moussante, **CG(%)** : capacité de gonflement, **CE(%)** : capacité émulsifiante.

- **pH**

Les valeurs de potentiel d'hydrogène mesuré pour les deux poudres (PG, et PNG), sont respectivement, 6,156±0,025 et 5,726 ± 0,030. De nombreuses recherches ont attribuées que le pH acide à une valeur approximative de 5,0 pour la famille des cucurbitacées (**Bucko et al. 2015**). Ce paramètre dépend de plusieurs facteurs, comme l'espèce et la maturité du fruit (**Murlidhar et al. 2017**), nous remarquons que le pH de la PG est supérieur à celui de la PNG (6,156 > 5,726).

V. Résultats et discussion

Morgan et al. (1990) ont expliqué cette augmentation par la désorption de protéines qui présentent des groupes carboxyles. L'augmentation du pH est d'autant plus importante que la température est élevée et que le taux de solubilisation augmente. **Murillo (2004)** explique que cette augmentation du pH pourrait être une partie due à une volatilisation de composés acides ou de CO₂ dissous.

- **Acidité titrable**

Les valeurs moyennes de l'acidité titrable dans les deux échantillons de PG et PNG sont $0,093 \pm 0,023$ et $0,106 \pm 0,023$, ces résultats nous montrent que y'a pas une différence significative entre l'acidité des deux poudres étudiées ($p < 0,05$). Une tendance inverse est notée par Lim et Kim (2018) qui ont trouvé une diminution après la torréfaction des graines de *Ginkgo biloba*, ainsi a été noté par **Ghnimi et al. (2015)** qui a expliqué l'augmentation de l'acidité lors De la torréfaction par l'hydrolyse des acides organiques présents dans les graines de datte.

Selon **Al-farsi et al. (2005)** ; **Youssef et al. (1992)**, cette différence pourrait s'expliquer par la variation en acides organiques, la maturité, la saison, l'origine géographique, le taux d'exposition au soleil et la période de récolte.

- **Brix**

Le taux de sucre (brix) pour les deux poudres est très faible avant et après le traitement thermique. Le taux de sucre de la PG est inférieur à celui de la PNG

Selon **Arkoub-Djermoune et al. (2016)**, la grillade de l'aubergine diminue le taux de brix.

Boumdjel et Bouttebba (2003) ont conclu dans leur travail que les traitements thermiques provoquent des changements de conformation des molécules bioactives, ainsi la teneur en sucres diminue par destruction ou entrée en réaction avec les oses et les protéines (réaction de Maillard), les variations dans les teneurs en brix sont principalement dues à ces réactions (protéines-sucres).

- **Cendres**

Il ressort de l'analyse des résultats que la teneur en cendres pour la PNG est de $3,166 \pm 0,763$ qui est inférieure à celle de la PG ($4,5 \pm 0,5$). Selon **Vachon et al. (1982)**, même les graines déjà séchées perdent encore de l'humidité à la torréfaction. Le traitement thermique n'est pas seulement un procédé pour détruire les micro-organismes et autres éléments

V. Résultats et discussion

indésirables au sein du produit, mais il a permis également de réduire la teneur en eau et d'augmenter ainsi la teneur en matière sèche. En comparant avec le résultat obtenu par **Alshehry, (2020)** ($6,54 \pm 0,41$) pour *C. pepo*, un taux de $5,92 \pm 0,81\%$ a été rapporté par **Chukwuemeka (2020)** et un taux de $5,34 \pm 0,04\%$ est rapporté par **Gohari et al. (2011)** ce qui montre la conformité de nos résultats.

5.2. Propriétés fonctionnelles des poudres

- **Capacité d'absorption d'eau**

La capacité d'absorption de l'eau (WAC) est définie comme les différences de poids de la farine avant et après son absorption d'eau. C'est aussi la capacité d'absorber ou de retenir l'eau, cette capacité est une propriété très importante, est un indice de la quantité maximale d'eau que la farine peut absorber **Roongruangrsri et Bronlund. (2016)**.

La capacité d'absorption d'eau (CAE) de la PG et PNG sont respectivement $0,923 \pm 0,105$ g/g et $1,060 \pm 0,026$ g/g. Selon **Olcoo et al. (2010)**, la composition de la farine et les méthodes de préparation, tel que le temps de mouture, peuvent affecter certaines propriétés de la farine. Ces résultats ont confirmé que la CAE est généralement liée à la filtration de l'amylose, à la solubilité donc l'augmentation du CAE conduit à l'augmentation de ceux-ci.

- **Capacité d'absorption d'huile**

La capacité d'absorption d'huile (OAC) est définie comme la différence de poids de la farine avant et après son absorption d'huile (**Giami et al., 1994**), c'est très important car la graisse agit comme un conservateur de saveur et augmente également la texture douce à la sensation en bouche des aliments cuits au four (**Ubbor et Akobundu, 1994**).

La capacité d'absorption d'huile est liée à la capacité des protéines à fixer les graisses, le mécanisme d'absorption des graisses est attribué principalement au piégeage physique de l'huile et à la liaison des graisses à une chaîne polaire de la protéine. Les chaînes latérales d'acides aminés non polaires peuvent former une interaction hydrophobe avec les chaînes hydrocarbonées des lipides (**Adeleke et Odedeji, 2010**).

Selon les résultats obtenus dans cette étude, une légère différence entre la PG et PNG a été observée ($1,233 < 1,566$ g/g). Cette différence peut être liée aux traitements technologiques appliqués au cours de la préparation des poudres alimentaires (**Ma et al., 2011; Vioque et al., 2012**). Une farine qui a une forte capacité d'absorption d'huile pourrait être utile dans les produits de boulangerie, tels que les sablés, gâteaux, et les macarons (**Oppong et al., 2015**).

V. Résultats et discussion

- **Capacité moussante**

Nos résultats montrent que la capacité moussante de la PG est strictement inférieure à celle de la PNG ($0,666\% < 3,333\%$). La différence des capacités de moussage pourrait être due à la teneur élevée en amidon et en protéines (**Awad-Allah, 2013**).

Fabemi et al. (2005) ont déclaré que la torréfaction réduisait la capacité de moussage. Tandis que, **Giami et al. (2001)** a assuré que la torréfaction augmentait la capacité d'absorption des graisses. Ce qui explique le faible pouvoir moussant de la PG.

Le volume de la mousse ou le foisonnement dépendent de la rapidité avec laquelle les protéines diffusent et s'adsorbent sur la phase gazeuse, ainsi les peptides et les protéines à faible poids moléculaire peuvent migrer facilement vers l'interface (**Poole et Fry, 1987 ; Damoda-Ran, 1990 ; Wilde et Clark, 1996**).

- **Capacité de gonflement**

C'est le volume en (mL) absorbé par le gonflement de 1g de matière alimentaire, sa détermination est basée sur l'ajout d'eau ou l'ajout d'un agent gonflant. La capacité est une indication de la liaison non covalente entre les molécules des granules d'amidon (capacité de l'amidon à absorber l'eau et à gonfler) et aussi des facteurs des ratios a-amyloseamylo pectine (**Iwe et al., 2016**).

La PNG avait une capacité de gonflement différente (0,733) en comparaison avec la PG (0,066). Selon **Correia et Beirao-da-Costa (2011)**. Les principaux composants chimiques qui améliorent le gonflement des farines, sont les protéines et les glucides car les deux composants contiennent des parties hydrophiles. Selon **Nyam et al. (2009)**, ces faibles teneurs pourraient être dues à la teneur en graisses disponibles dans les graines de citrouille. **Sownbhagya et al. (2007)** ont rapporté que, l'huile résiduelle emprisonnée à l'intérieur de la matrice fibreuse des graines mène au fait que l'absorption des molécules d'eau est restreinte et conduit à un indice de gonflement plus faible.

- **Capacité émulsifiante**

La formation d'émulsions est favorisée par l'adsorption de protéines, de la nature amphiphile, qui se comportent comme de véritables agents tensioactifs (**Li Zhai et al., 2013**).

V. Résultats et discussion

La capacité émulsifiante pour la PG et PNG sont respectivement: $41,267 \pm 1,486$ et $46,585 \pm 3,906$. D'après ces résultats, cette influence peut être une conséquence de la solubilité élevée des protéines de la farine de graines de citrouille qui montre plus de groupes de liaison à l'interface (eau –huile), ce qui est le plus important pour augmenter la capacité et la stabilité de l'émulsion alors que les protéines insolubles ne sont pas de bons émulsifiants et peuvent générer une coalescence (Moure et al., 2006).

Une certaine différence dans la CE entre la PNG et la PG ($41,267 < 46,58$) peut être justifiée selon Abdelkader Karas et al. (2020) par le fait que la température est l'un des plus importants facteurs qui influence sur l'émulsion et sa viscosité. Ainsi, la viscosité des fluides décroît quand la température augmente.

D'après, Chandra et al. (2015) cela amène également à réduire la puissance de la pâte et sa stabilité mais les composants de poudre de graines de citrouille peuvent être utilisés dans la fabrication de biscuits (Alshehry, 2020).

La capacité à retenir l'huile ou la matière grasse est une caractéristique importante dans la formulation des aliments pour conserver leur saveur et améliorer leur sensation en bouche (Kinsella et Melachouris, 1976). Elle est liée à la nature et à la teneur en protéines, fibres, et amidon (Tiwari et al., 2011, vioque et al., 2012).

- **Densité apparente**

Le tableau montre que la densité apparente de la PG et la PNG sont respectivement de $0,67 \pm 0,042$ et $0,537 \pm 0,074$ g/mL. En effet, la différence entre la densité des deux poudres est due à la température de torréfaction. El khatib et Muheddine (2020) ont rapporté que la densité apparente, les capacités d'absorption d'huile et celle de l'eau, dépendent de la température de séchage, ils ont noté que la densité apparente de la poudre de citrouille augmente en parallèle avec la température de séchage à des températures de 50, 60, et 70 °C, les valeurs de la densité apparente sont de 0,62, 0,86 et 0,91 g/mL, ces résultats sont proches à au résultats de notre étude.

5.3.Composition approximative des poudres

- **Gluten**

Le gluten, est classiquement défini comme la masse en grande partie protéique qui reste lorsqu'une pâte à base de farine de blé et d'eau est délicatement lavée dans un excès d'eau ou de solution saline diluée pour éliminer la majeure partie de l'amidon et des matières

V. Résultats et discussion

solubles (**Wrigley et al., 1998**). Le matériau restant, qui a été décrit comme « caoutchouteux », comprend environ 75 à 80% de protéines selon la qualité de lavage du matériau.

Les résultats obtenus montrent qu'il n'y a aucune trace de gluten dans la farine des graines de citrouille (PG et PNG), d'après les recherches effectuées par **Jacino et al. (2020)**. Sur l'ajout de la poudre de différentes graines notamment les graines de la citrouille sur la qualité du pain d'épice, ces chercheurs montrent que : l'augmentation de la proportion de farine de graines de citrouille dans le mélange total de farine a contribué à l'augmentation de la teneur en protéines, leurs résultats montrent le grand potentiel de l'utilisation de différentes graines pour créer un mélange de farine sans gluten. Même hypothèse a été rapportée par **Korus et al. (2015)** qui ont constatés que la poudre des glands de chêne pourrait être utilisée pour préparer des produits de boulangerie sans gluten. De même, les poudres étudiées dans notre cas peuvent être exploitées pour avoir des produits de boulangerie sans gluten.

- **Teneur en protéines**

La teneur en protéines de PG est légèrement supérieure à celle de la PNG (Figure 6), d'une manière similaire **Giami et al. (2001)** ont signalé qu'il n'y avait pas une différence significative sur la teneur en protéines, des échantillons bruts et traités thermiquement. D'autre part **Krimer-Malesevic (2020)** ont assurés la richesse des graines de citrouille en protéines. Le résultat obtenu par **Ahsan et al. (2015)** pour *C. pepo* (34,56%) est similaire à celui trouvé dans cette étude. En revanche, **Elinge et al. (2012)** et **Nyam et al. (2013)** ont noté des valeurs inférieures ($24,27 \pm 0,7\%$). Selon **Kumar et sasmal (2021)** cette différence est probablement liée à la composition proximale de la graine de citrouille de différents cultivars, ainsi qu'à la génétique et aux conditions de culture.

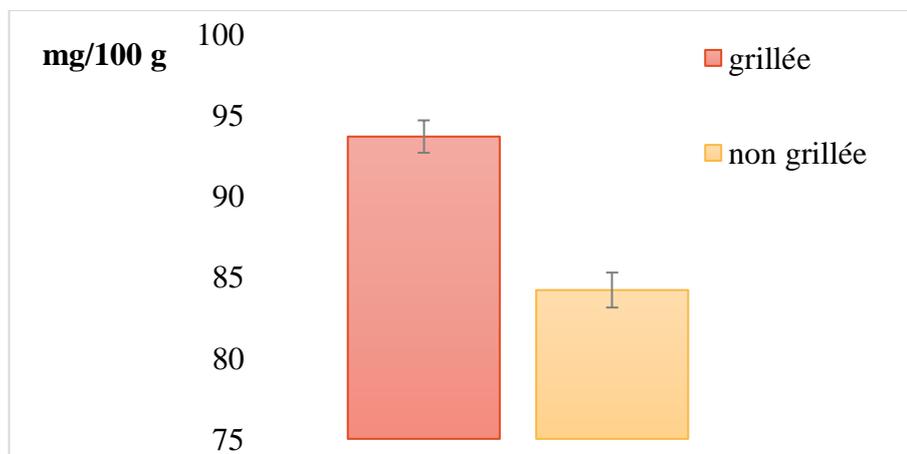


Figure 7: teneurs en protéines de la PG et la PNG.

V. Résultats et discussion

- **Sucres totaux**

La concentration des sucres totaux pour la PG est 1,21 mg/100 g et pour PNG est de 3,99 mg/100 g (Figure 7) Ces résultats confirment que les graines de citrouille utilisées dans notre étude sont très pauvres en sucres, et la concentration en sucres totaux changent significativement au cours de la torréfaction. D'après **Agume et al. (2017)**, une diminution importante qui est de 2,88% des sucres totaux de la farine de soja a été notée après un traitement de torréfaction.

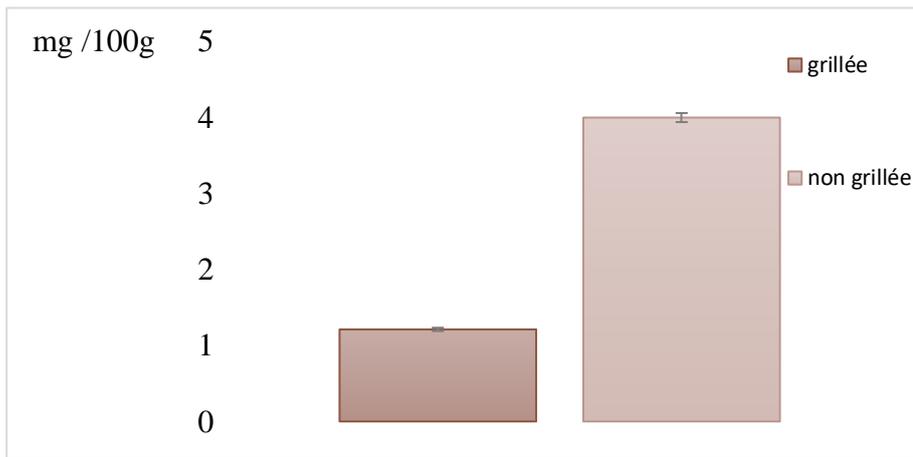


Figure 8:teneurs en sucres de la PG et la PNG.

5.4.Optimisation des conditions d'extraction assistée aux micro-ondes des composés phénoliques

5.4.1. Etude préliminaire

- **Concentration de solvant d'extraction**

Le choix de solvant est un paramètre clé de l'extraction pour les échantillons d'aliments complexes car il déterminera la quantité et le type de composés phénoliques (**Chan et al., 2009**).

L'étude préliminaire pour la PG a montré une différence significative ($p < 0,05$) entre les teneurs en polyphénols extraits par les différentes concentrations d'éthanol utilisées, allant de $92,14 \pm 7,99$ mg EAG/100MS à $139,34 \pm 4,89$ mg EAG/100gMS (Figure 8). Selon nos résultats on peut constater que la concentration optimale de l'éthanol est 40%. Les niveaux hauts et bas de concentration de solvant sont : 20, 40 et 60%. Pour la PNG, les résultats ont montrés qu'il existe une différence significative entre les teneurs en composés phénoliques lors de la variation de la concentration d'éthanol de $67,458 \pm 7,888$ mg EAG/100g MS à

V. Résultats et discussion

135,974±3,985mg EAG/100gMS (Figure 9), d'après ces résultats, la concentration optimale de solvant pour l'échantillon non grillée est 20%, les niveaux bas et hauts de la concentration de solvant sont : 20, 50,80%. **Gaillot et al.(2015)** ont constatés que l'éthanol 50% limitera plus la charge bactériologique que l'eau.

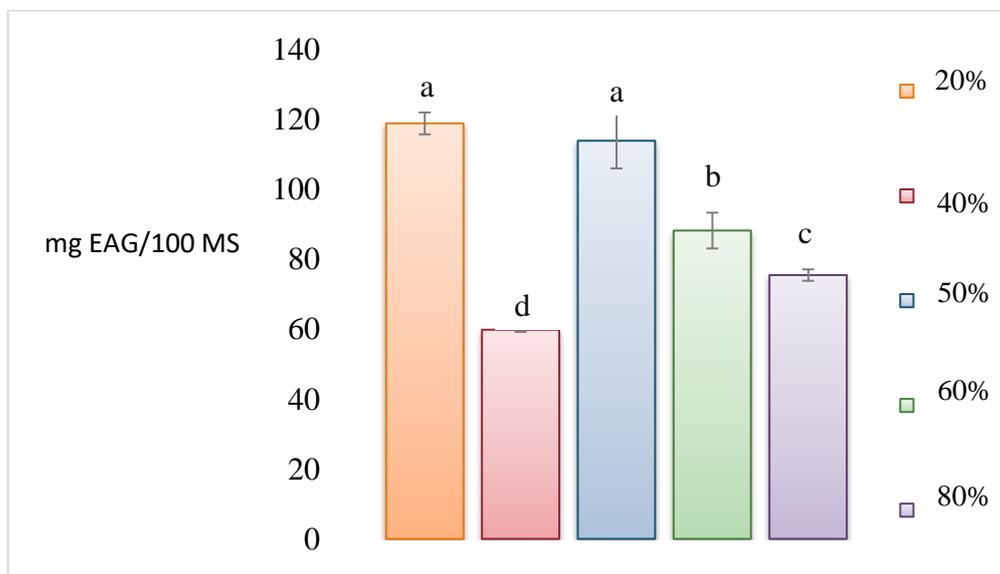


Figure 9:choix de la concentration du solvant de la PNG.

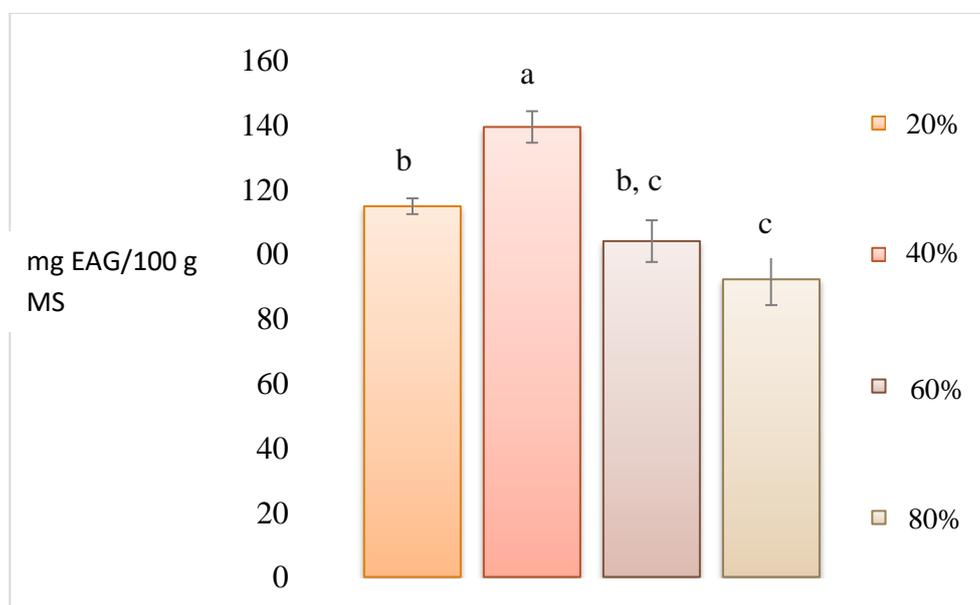


Figure 10:choix de la concentration du solvant de la PG.

V. Résultats et discussion

• Puissances des micro-ondes

d'après les résultats obtenus (Figures 10 et 11), l'extraction des composés phénoliques a été considérablement influencés par la puissance des micro-ondes, le taux des composés phénoliques de la PG, augmente parallèlement avec l'augmentation des puissances des micro-ondes, les résultats montrent qu'il y a une différence significative ($p < 0,05$) entre les teneurs en polyphénols, lorsque les puissances varient de 100 à 500 W ($60,48 \pm 2,001 \text{ mgEAC}/100 \text{ gMS}$ - $124,261 \pm 2,471 \text{ mgEAC}/100 \text{ g MS}$), puis de 500 et 700 à 900 W nous observons une légère différence significative. La teneur la plus élevée en CPT a été fixée à 700W ($135,80 \pm 4,50 \text{ mgEAC}/100 \text{ g MS}$).

Les mêmes résultats ont été notés pour la PNG, plus que la puissance des micro-ondes augmente plus la teneur en CPT augmente, selon **Spigno et De Faveri (2007)**, l'amélioration de l'extraction des polyphénols est due à l'effet de chauffage et par conséquent une augmentation des phénomènes de transfert de masse. De 100 w à 500 w la teneur en CPT, va de ($50,736 \pm 1,559 \text{ mg EAG}/100 \text{ g MS}$) à ($79,741 \pm 2,278 \text{ mg EAG}/100 \text{ gMS}$), à partir de, 700 W à 900 W une légère différence a été notée, allant de $96,907 \pm 3,756 \text{ mgEAG}/100 \text{ g MS}$) à ($98,830 \pm 3,782 \text{ mgEAG}/100 \text{ g MS}$), pour cette poudre nous avons fixé 700 W comme une puissance optimale pour l'extraction des CPT. **Akhtar et al. (2019)** a démontré que les niveaux de puissances les plus élevés provoquent une rupture soudaine des cellules, ce qui entraîne une augmentation de la quantité d'extrait, mais cet extrait devient un mélange complexe à partir duquel il est difficile d'isoler un seul composé d'intérêt.

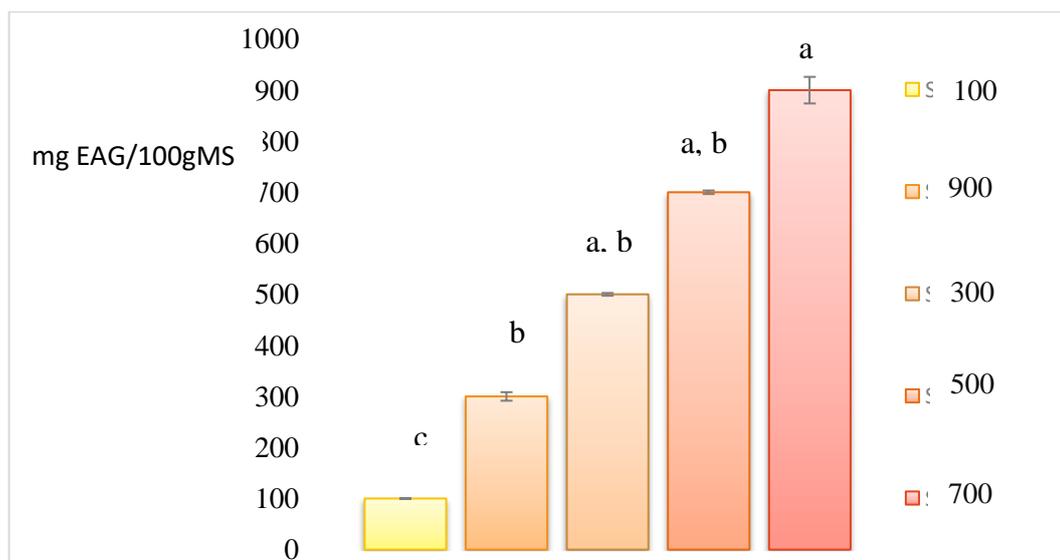


Figure 7: choix de la puissance de micro-onde pour la PG.

V. Résultats et discussion

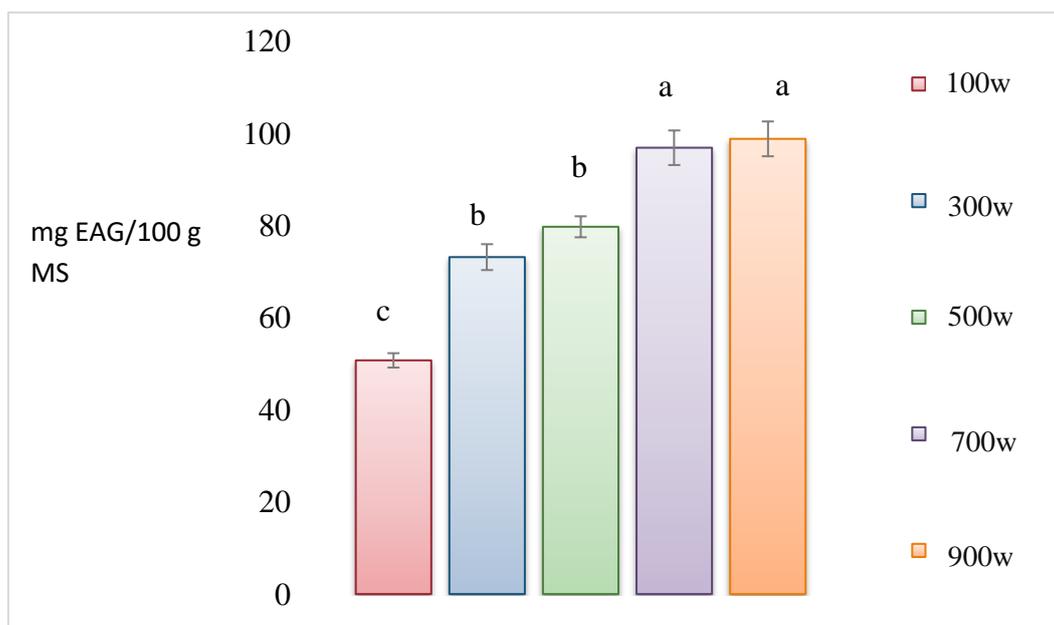


Figure 12: choix de la puissance de micro-onde pour la PNG.

- **Temps d'extraction**

A une influence sur le rendement d'extraction (**Lucchesi et al., 2007**), une exposition prolongée peut conduire à une dégradation des composés phénoliques avec une surchauffe du système solvant/soluté.

Les résultats obtenus pour la PG (Figure 12), indiquent que, plus le temps d'extraction augmente plus la teneur en composés phénoliques augmente, les essais préliminaires et l'étude statistique ont déterminées que la durée idéale de l'extraction est de 4 min, à partir de 5 min la teneur en CPT diminue, cela est probablement due à leur dégradation causée par l'irradiation des micro-ondes à des temps d'extraction prolongés (**Alessandro, 2010**).

Les résultats d'extraction pour la PNG (Figure 13), indiquent que le temps optimal pour extraire les TPC varie entre 4,5 et 6min car les teneurs de la réponse étudiée augmentait de $105,046 \pm 1,477$ mgEAG/100gMS jusqu' à $111,779 \pm 5,319$ mgEAG/100gMS, d'après ces résultats, l'extraction efficace des CPT a été effectuée à 5 min.

V. Résultats et discussion

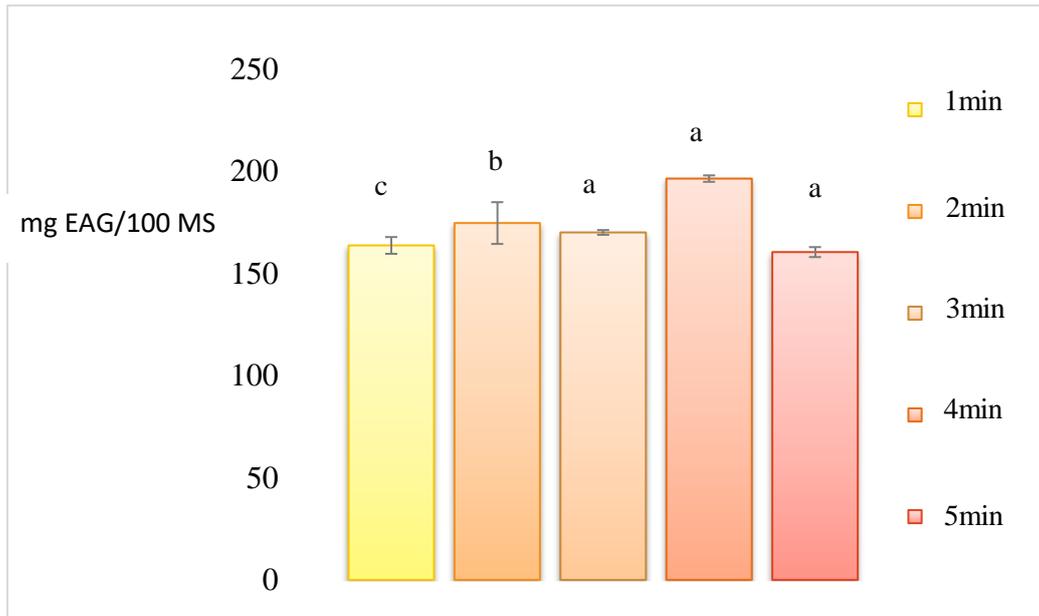


Figure 13: choix de temps d'extraction pour la PG.

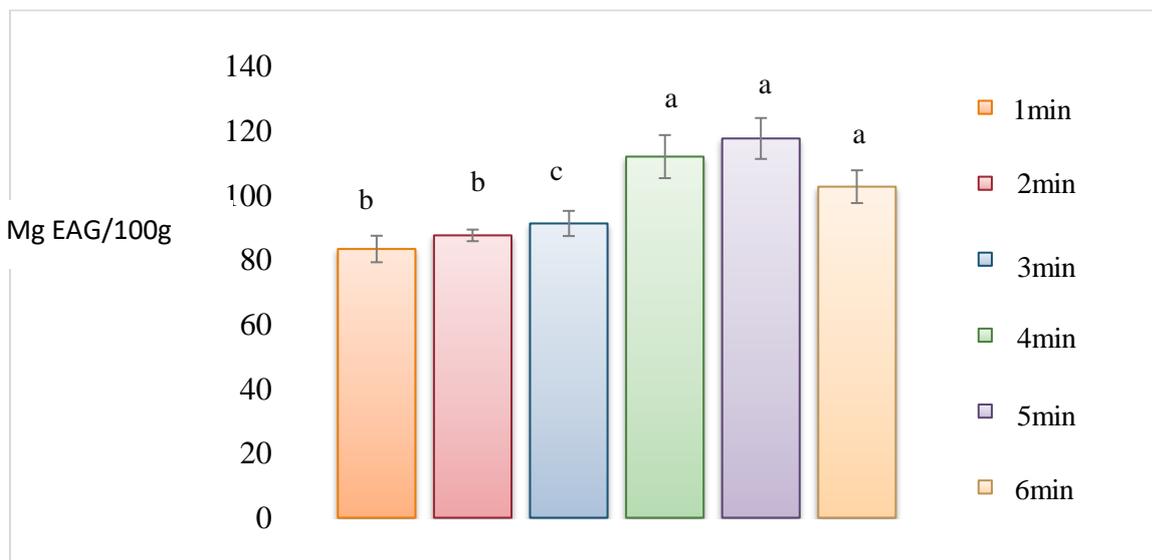


Figure 14: choix de temps d'extraction pour la PNG.

5.4.2. Application des plans d'expériences

Le nombre de paramètres, de modalités par paramètres et le nombre d'interactions permettent de trouver le plan le mieux adapté au problème à résoudre, en basant sur les résultats des études préliminaires, les gammes de chaque variable indépendante (concentration du solvant(X_1), puissance (X_2) de micro-ondes et temps d'extraction (X_3) influençant sur les réponses étudiées (polyphénols totaux) ont été introduits dans des fichiers Excel (2013), puis dans le logiciel JMP 14, en utilisant le plan composite centré (Tableaux XXV et XXVI).

V. Résultats et discussion

Tableau XXV: optimisation des conditions d'extraction par le plan d'expérience(CCD) de la PG

	X ₁ : concentration (%)	X ₂ : puissance (w)	X ₃ : temps (min)	Valeur expérimentale mg EAG/100 g MS	Valeur prédite mg EAG/ 100gMS
1	60	500	3	98,5127636	96,49177682
2	60	900	5	115,3829079	112,82917971
3	60	500	5	119,8224195	122,0633639
4	20	700	4	142,463929	141,53566748
5	20	900	5	129,5893452	131,8302896
6	40	700	3	141,1320755	140,11502372
7	20	700	4	111,3873474	111,43577844
8	20	500	3	134,9167592	137,69044501
9	40	500	5	154,0066593	151,94127739
10	40	700	4	142,463929	140,38946626
11	40	700	4	140,6881243	140,38946626
12	40	700	4	139,3562708	140,38946626
13	40	500	4	143,3518313	142,42356978
14	60	900	3	129,5893452	131,87468473
15	40	700	4	138,0244173	140,38946626
16	40	700	5	137,5804661	137,7176874
17	40	700	4	143,7957825	140,38946626
18	20	900	3	164,2175361	162,19654932
19	40	700	4	136,2486127	140,38946626
20	40	900	4	150,0110988	150,05952984

Tableau XXVI: optimisation des conditions d'extraction par le plan d'expérience (CCD) de la PNG

	X ₁ : concentration (%)	X ₂ : puissance (w)	X ₃ : temps (5min)	Valeur expérimentale mg EAG/100g MS	Valeur prédite mg EAG/ 100g MS
1	50	700	5	103,1964484	107,8135405
2	50	700	5	107,63596	107,8135405
3	80	900	6	91,20976693	89,328523869
4	80	900	4	87,43618202	92,125416192
5	20	900	6	150,9211987	153,92341845
6	50	700	5	106,3041065	107,8135405
7	50	700	5	106,9700333	107,8135405
8	20	900	4	162,9078801	161,04883461
9	50	700	4	109,6337403	107,10321863
10	20	500	6	152,9189789	148,64039956
11	50	700	5	110,299667	107,8135405
12	80	700	5	107,63596	105,14983348
13	50	500	5	104,9722531	107,28079913
14	80	500	4	110,7436182	108,15205329

V. Résultats et discussion

15	20	500	4	162,0199778	164,3118757
16	50	900	5	105,8601554	101,90899003
17	20	700	5	164,6836848	165,52719198
18	80	500	6	94,53940067	96,809100993
19	50	700	6	96,98113208	97,869034405
20	50	700	5	109,1897891	107,8135405

Les teneurs en composés phénoliques dans la PG varient de 96,491 mg EAG/100gMS à 162,197 mg EAG/100gMS., et de 89,3285 mg EAG/100gMS à 165,527 mg EAG/100gMS. Ceci confirme l'influence des paramètres étudiés (concentration, temps, puissance) sur le taux des polyphénols extraits.

5.4.3. Validation du modèle

La validation du modèle a été confirmée en comparant les valeurs expérimentales et prédites, représentées dans le tableau XXVII.

Les valeurs expérimentales de la PG et la PNG sont : 164,011±4,235mgEAG/100gMS et 160,688±0,221mgEAG/100gMS, en comparant ces résultats avec les valeurs prédites (165,0723±3,773mgEAG/100 g MS et 165,0723±3,773mgEAG/100gMS) (Tableau XXVII).

Ces résultats montrent qu'il n'existe pas une différence très légère différence q entre les valeurs expérimentales et les valeurs prédites ($p < 0,05$), qui sont dues aux erreurs de manipulation. Ce qui confirme que notre modèle est valide.

Tableau XXVII: les valeurs expérimentales et prédites des CPT de la PG et PNG.

	Valeur expérimentale	Valeur prédite
PG	164,011±4,235	165,0723±3,773
PNG	160,688±0,221	167,0519±6,132

Dans les plans d'expériences le modèle mathématique relie à la réponse aux facteurs qui influencent, et afin d'avoir une bonne réponse plusieurs conditions doivent être vérifiées :

- **Coefficient de régression**

L'efficacité d'ajustement globale est exprimée par le coefficient de corrélation R^2 (Chan et al., 2009), dans notre étude, les valeurs de R^2 des deux PG et PNG sont respectivement 0,98 et 0,99 (Figure 14), ce qui signifie qu'uniquement 0,01 à 0,02 des variations ne sont pas expliqués par le modèle. Ceci confirme la haute significativité du

V. Résultats et discussion

modèle. Les plans de la prédiction réelle de PG et PNG sont représentés dans la figure au-dessus.

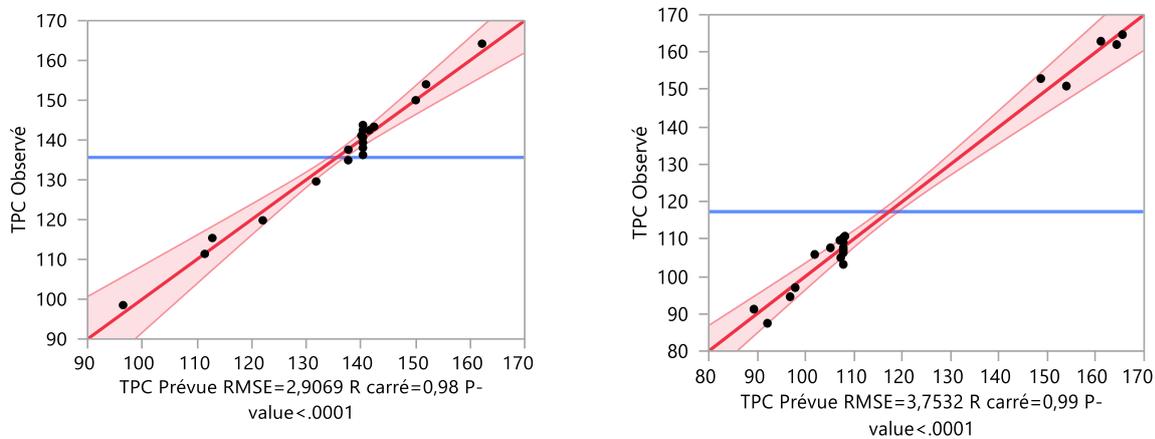


Figure 15: comparaison entre les valeurs prédites et expérimentales.

L'analyse de la régression du modèle montre que les deux modèles sont très significatifs ($p < 0,001$), et que le manque d'ajustement de la PG et PNG respectivement ($p > 0,005$) par rapport à l'erreur pure ($0,4406 > 0,05$) et ($0,0930 > 0,05$), ce qui confirme que le modèle est satisfaisant. Le défaut d'ajustement, l'erreur pure et l'erreur totale sont représentés dans les tableaux suivants :

Tableau XXIII: défaut d'ajustement pour la PG.

Source	Degrés de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport F
Défaut d'ajustement	5	45,213200	9,04264	1,1508
Erreur pure	5	39,287132	7,85743	Prob. > F
Erreur totale	10	84,500333		0,4406
				R carré max.
			0,9910	

V. Résultats et discussion

Source	Degrés de liberté	Somme des carrés	Carré moyen	Rapport F
Défaut d'ajustement	5	110,24828	22,0497	3,6011
Erreur pure	5	30,61506	6,1230	Prob. > F
Erreur totale	10	140,86334		0,0930
				R carré max.

- **Effet des facteurs**

L'analyse de la variance de la régression des coefficients consiste à analyser l'impact des variables (X_1, X_2, X_3) à $p < 0,05$, afin de déterminer le degré d'influence des facteurs (concentration, puissance, temps) sur l'extraction des CPT, **Liu et al. (2010)** ont démontrés que la p -value $< 0,005$ présente la plus grande significativité du facteur correspondant. Les résultats obtenus pour les deux poudres sont représentés dans les tableaux suivants :

Tableau XXX: résumé des effets des facteurs dans la PG.

Source	LogWorth	P-value
Solvent concentration(20,60)	7,823	0,00000
Power*Time	6,127	0,00000
Solvent concentration*Solvent concentration	4,896	0,00001
Power(500,900)	2,706	0,00197 ^
Power*Power	2,124	0,00751
Solvent concentration*Time	1,692	0,02035
Solvent concentration*Power	1,611	0,02449
Time(3,5)	0,655	0,22146 ^
Time*Time	0,376	0,42034

Tableau XXXI: résumé des effets des facteurs da la PNG.

Source	LogWorth	P-value
Solvent concentration(20,80)	9,694	0,00000
Solvent concentration*Solvent concentration	6,589	0,00000
Time(4,6)	2,522	0,00301
Solvent concentration*Power	1,432	0,03702
Time*Time	1,394	0,04037
Power(500,900)	1,327	0,04712
Power*Time	0,859	0,13845
Power*Power	0,732	0,18542
Solvant concentration*Time	0,363	0,43378

V. Résultats et discussion

Source	LogWorth	P-value
--------	----------	---------

Pour les deux cas étudiés, le facteur qui possède une influence hautement significative sur l'extraction des CPT, est la concentration du solvant (X_1), puis la puissance des micro-ondes (X_2), par rapport au facteur temps (X_3). Selon **Spigno et al. (2007)**, les mélanges alcool-eau distillée donne une meilleure efficacité d'extraction des CPT, comparant aux systèmes à solvant unique. (**Zhang et al. 2007**) montrent que l'augmentation de la proportion de l'eau distillée à l'éthanol, provoque parallèlement une augmentation de la polarité du solvant, ainsi le système solvant sera capable d'extraire les polyphénols à haute polarité.

La faible influence de facteur temps, dans les deux poudres peut être attribuée au choix des niveaux effectués dans les études préliminaires.

- **Surfaces de réponse**

Dans cette partie, les figures illustrent les surfaces de réponse et la projection en deux dimensions des effets combinés tout en gardant le troisième paramètre constant au niveau central :

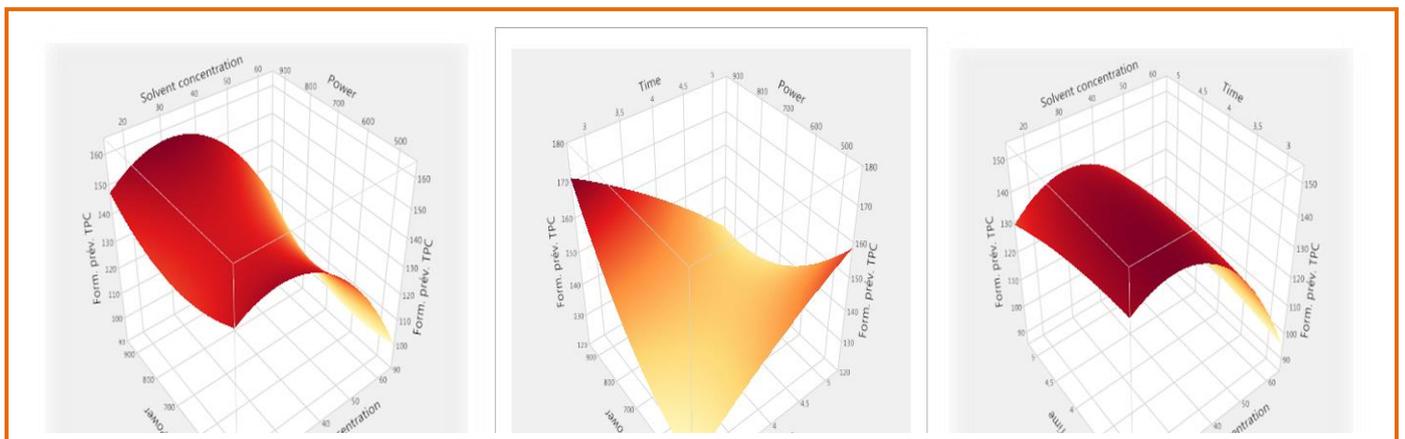


Figure 16:diagramme de surface de la PG.

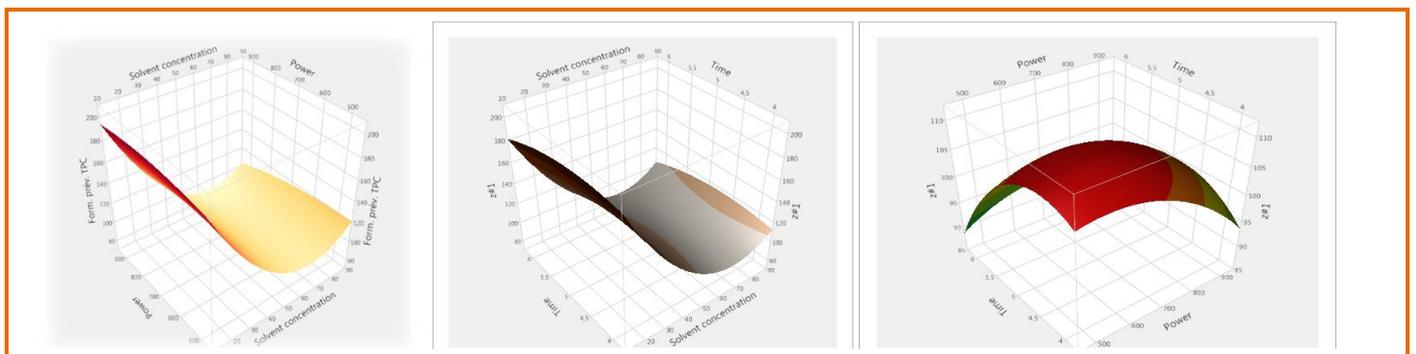


Figure17:diagramme de surfaces de la PNG.

V. Résultats et discussion

➤ La poudre grillée

La combinaison (solvant –puissance) : l'augmentation de la puissance des micro-ondes, de 500 à 700W, et la concentration à 29% possède la teneur la plus élevée en CPT, donc une amélioration de rendement d'extraction. Au-delà de 29% on remarque une diminution de la teneur en TPC. Cela peut être expliqué par le fait que : lorsque la concentration augmente, sa polarité change ce qui extrait plus d'impureté résultant ainsi une diminution de rendement, d'autre part la présence appropriée d'eau dans le solvant facilite l'extraction et améliore le gonflement de la matière végétale, favorisant la surface de contact entre la matrice végétale et le solvant (**Huang et al., 2009**).

La combinaison (puissance-temps) : le diagramme montre que la teneur la plus élevée en CPT est atteinte lorsqu'on utilise une puissance de 700W pendant 3min.

La combinaison (solvant-temps) : une courbure est observée suggérant une réponse maximale avec une concentration de 29% pendant 3min.

➤ La poudre non grillée

La combinaison (solvant –puissance) : montre que le rendement maximale d'extraction atteint lorsque CPT sont extraits, avec 20% d'éthanol, et 700W comme une puissance optimale de chauffage des micro-ondes.

• Modèle mathématique :

Après l'identification des facteurs, notre plan doit être subordonné au choix préalable d'un modèle mathématique. le modèle utilisé avec le plan CCD est un modèle de premier degré, qui est simplifié par l'élimination des effets d'interactions non significatifs dans l'analyse, ce qui permet de manipuler cette expression réduite plus facilement, tout en gardant une qualité d'ajustement quasiment similaire (**Tinsson, 2010**), les modèles mathématiques pour la PG et PNG sont représentés par les deux relations suivantes.

$$\checkmark Y = 140,315947 - 15,04994X_1 + 3,81798X_2 - 1,198668X_3 + 2,7192009X_1 X_2 + 2,8301887X_1 X_3 - 11,15427X_2 X_3$$

$$\checkmark Y = 107,81354 - 30,18868X_1 - 2,685905X_2 - 4,617092X_3 - 3,190899X_1 X_2 + 1,082131X_1 X_3 + 2,136515X_2 X_3 + 27,5249 X_1 X_1 - 3,218646X_2 X_2 - 5,327414X_3 X_3$$

V. Résultats et discussion

Tableau XXXII: conditions optimales d'extraction des polyphénols pour les deux poudres.

Poudre grillée		Poudre non grillée	
Variable	Valeur optimale	Variable	Valeur optimale
X ₁ Concentration d'éthanol (40%)	29%	X ₁ Concentration d'éthanol (40%)	20%
X ₂ puissance de micro-onde (700W)	700 W	X ₂ puissance de micro-onde (700W)	700 W
X ₃ temps d'extraction (4min)	3min	X ₃ temps d'extraction (4min)	4min

Deux extractions avec ces conditions ont été faites afin de récupérer deux extraits secs l'un correspond à la PG, l'autre à la PNG. Ces extraits sont utilisés pour le dosage des flavonoïdes et l'activité antioxydante.

5.5. Dosage des composés phénoliques

5.5.1. Polyphénols totaux

Les teneurs en polyphénols totaux de la PG et la PNG sont : $165,0723 \pm 3,773$ mg EAG/100gMS et $167,0519 \pm 6,132$ mg EAG/100g MS, ces teneurs indiquent que y a une légère différence significative entre les deux poudres. Cette différence a été expliquée par **Wani et al. (2016)** que la teneur en polyphénols diminue avec l'augmentation de la température et du temps de torréfaction des graines de baobab (*Adansonia digitata*), donc ces substances sont détruites aux températures de cuisson.

Aydin et Gocmen (2015), ont rapporté que le traitement thermique de la farine de citrouille a un impact positif sur les composés phénoliques. Nos résultats indiquent que les graines et ces extraits possèdent une richesse importante en polyphénols totaux. L'huile de ces graines connus en ce qui concerne les profils des composés phénoliques **Boskou (2006)**.

Das et al. (2021) ont conclu leurs travaux que, lors de la préparation des biscuits avec différentes proportions de poudre de graines de citrouille et de poudre d'avoine, qu'un pourcentage accru de poudre de graines de citrouille entraînent une augmentation de la teneur phénolique totale des biscuits.

V. Résultats et discussion

5.5.2. Flavonoïdes totaux

Les résultats obtenus indiquent que les teneurs en flavonoïdes dans la PG et la PNG sont $0,083 \pm 0,0006 \text{ mg EC/MS}$ et $0,0968 \pm 0,001776 \text{ mg EC/100g MS}$, respectivement. Une différence significative très faible a été observée, d'après **Chun et al. (2005)**, la stabilité des flavonoïdes peut être influencée par les conditions climatiques et le degré de maturité de la courge.

Nos résultats (Figure 17) sont très proches à celles rapportés par **Lugasi et al. (2003)**, qui ont trouvés que la concentration des flavonoïdes est égale à $0,874 \pm 0,07 \text{ mg EC/100g}$ par la méthode RP-HPLC. Ceci indique que les polyphénols extraits dans notre cas ne contient qu'une faible quantité en flavonoïdes, et il peut s'agir de la présence d'autre substances tels que les coumarines et les tanins (**Al khateb et al., 2012**).

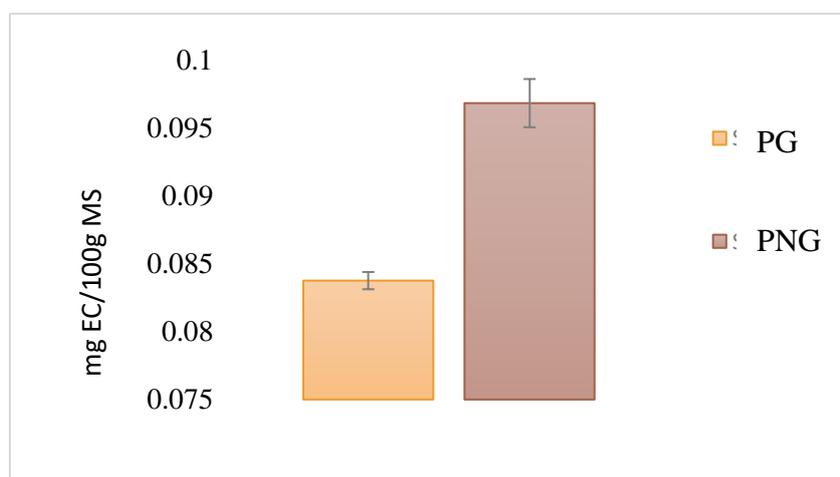


Figure 18: teneurs en flavonoïdes dans les deux poudres.

5.6. Détermination de l'activité antioxydante

Les activités antioxydants des extraits de poudres de graines de citrouille, ont été déterminées à l'aide du dosage des radicaux libres DPPH. Les activités de piégeage des radicaux des extraits de graines de citrouille, exprimées en valeurs IC_{50} sont représentées dans le tableau XXXIII.

Les données des IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$) sont mentionnées par ordre d'importance en terme d'activité antioxydante : PG : $252,90332 \mu\text{g/mL}$; $1272,742164 \mu\text{g/mL}$, ces résultats indiquent que la PG possède une capacité d'inhibition des radicaux libres supérieure à celui de la PNG.

V. Résultats et discussion

Le pourcentage d'inhibition de la PG est de 73,78%, qui sont supérieur à celui de la PNG 59,64%. **Castillo et Ames (2002)** ont montré que l'ors de traitement de la torréfaction, les propriétés antioxydants peuvent être maintenues ou améliorées avec l'apparition de composés possédant une activité antioxydante comme les produits de la réaction de Maillard

Bailek et al. (2016) ont analysé la qualité de la poudre de graines de citrouille et ont constaté que la capacité antioxydante mesurée par la réduction du DPPH de cette poudre était de 64%.

Tableau XXXIII: le pourcentage d'inhibition des radicaux libres pour les deux poudres.

Echantillon	Concentration	% d'inhibition	IC ₅₀ (µg/mL)
PG	116,279	29,33%	0,252±0,007
	232,558	51,73%	
	465,1162791	73,78%	
PNG	465,116	14,5%	1,272±0,128
	930,232	39,21%	
	1395,348	59,64%	

En effet l'activité antioxydant des composés phénoliques des légumineuses est liée à la structure des composés phénoliques, à la position et au degré de d'hydroxylation (**Rice-Evans et al., 1996**). La cuisson conduit à des modifications de la quantité de polyphénols, mais elle peut également modifier la structure ce qui pourrait affecter la capacité antioxydante (**Makris et Rossiter, 2001**).

5.7. Analyse des biscuits

Les résultats de pH, Brix, humidité, protéines, sucres et cendres sont représentés dans les figures au-dessous :

- **Humidité**

Le biscuit de blé possède une teneur en humidité de $11,80 \pm 0,34\%$, les biscuits enrichis avec la PG possèdent des teneurs qui varient de 9,8-12,78 % et qui sont supérieures à

V. Résultats et discussion

celle des biscuits enrichis avec la PNG (10,66-11,02%) (Figure 17). Cette différence est due à la teneur en protéines élevée de la PG, **Oyet et Chibor (2020)** ont rapporté que l'augmentation de la teneur en humidité est due à la teneur élevée en protéines résultant de la farine de pépins de citrouille cannellée bis dégraissée et que les protéines ont plus d'affinité avec l'humidité que les glucides. Les mêmes auteurs ont montré que la variation de la teneur en humidité des biscuits est due probablement à la variation des ingrédients, la température de four et le temps de cuisson.

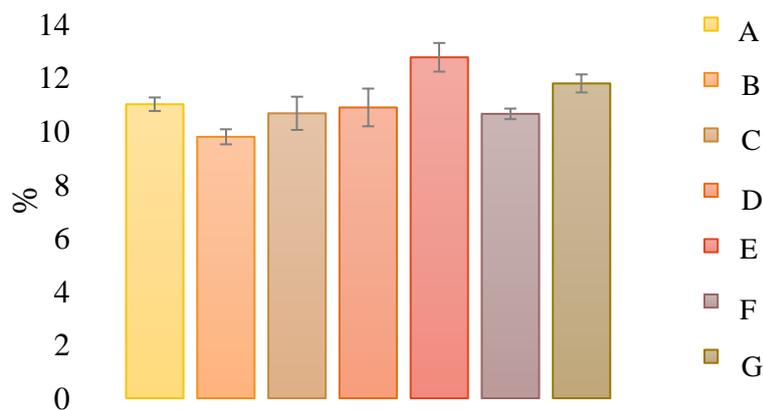


Figure19:teneurs en humidité des biscuits.

- **pH**

Les résultats de l'analyse de pH des 7 échantillons (Figure18) préparés avec les deux poudres indiquent l'inexistence d'une différence significative, tels que les valeurs de pH varient de 6,583- 6,9045, le pH obtenue est acceptable par rapport aux valeurs établies par **Parveen et al. (2017)** qui a trouvé une valeur de 8,5 pour les biscuits enrichis en fibres. D'autre part **Gorgonio et al. (2011)** ont étudié des gâteaux contenant du FGC (farine de graine de citrouille) et de l'amidon et ont trouvé un pH proche de la neutralité. **Silva (2012)** a trouvé un pH de 6,31, tandis que **Costa et al. (2018)** ont constaté que le pH ne dépend pas seulement de FGC mais également des autres ingrédients utilisés dans la panification.

V. Résultats et discussion

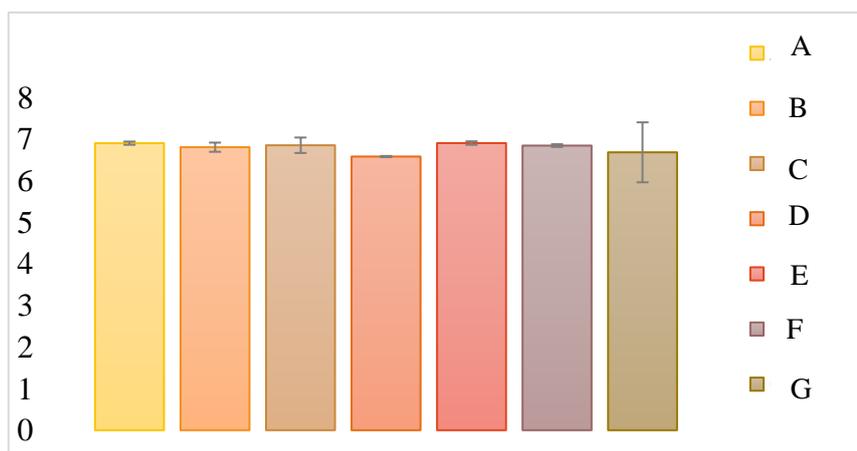


Figure 20: valeurs de pH des biscuits.

- **Brix**

Des faibles teneurs en brix ont été observées pour les 7 échantillons préparés figure 20.

Ces teneurs varient entre 1,43 jusqu'à 2,43% à une température de 22 °C, ces faibles teneurs pourraient être probablement dues à la variation des saisons, de récolte et des niveaux de maturité de fruit. Selon **Serpen (2012)**, le niveau de sucre dans le jus d'un fruit est corrélé avec son taux de sucre.

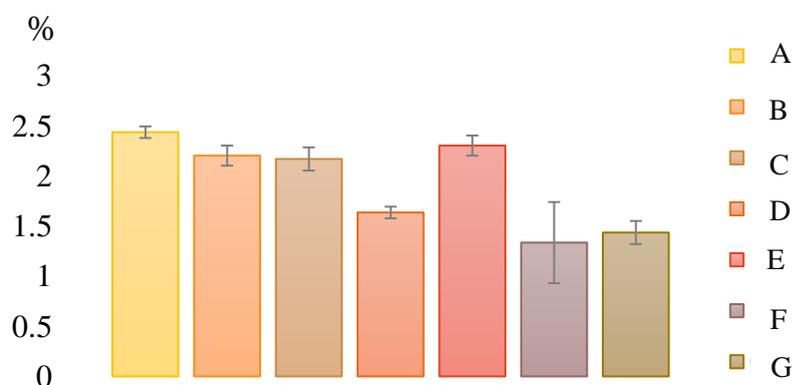


Figure 21: teneur en brix des biscuit.

- **Cendre**

Les teneurs en cendres des biscuits enrichis avec la PG et PNG varient de 1,24-1,91% et de 0,855- 1,53% (figure 20), les teneurs en cendres des biscuits A, B, C enrichis avec la PG sont légèrement supérieures à celles notées pour les échantillons C, D, E enrichis avec la

V. Résultats et discussion

PNG, cette différence est peut être due aux teneurs en cendres des deux poudres notées précédemment.

Nos résultats sont très proches de ceux obtenus par **Deedam et Olumati (2020)** lors de l'incorporation de la poudre de citrouille avec les mêmes pourcentages (10% 20% 30%), et la farine de banane pour la fabrication des biscuits , tels que les valeurs des cendres pour les biscuits avec les taux d'incorporation de 10, 20 et 30% sont respectivement de 1,68 ; 1,78 et 1,9%. La teneur en cendres pour le témoin G ($0,2\pm 0,282$) est presque la même que celle obtenue par ces chercheurs.

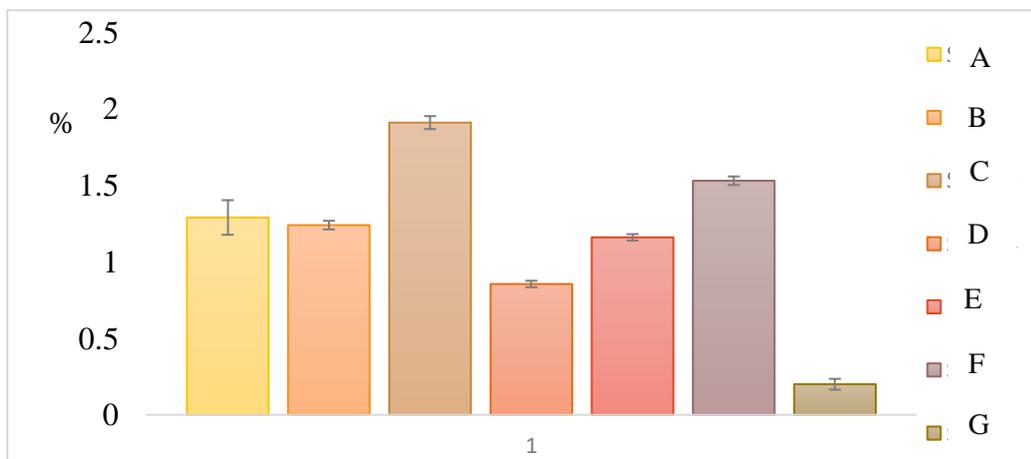


Figure22: teneurs en brix des biscuits.

- **Protéines**

Les résultats de protéines figure 21 : ont révélés que l'ajout de farine de graines de citrouille à la farine de blé, améliore la teneur en protéines des échantillons tels que les échantillons A, B, C enrichis respectivement avec 10% 20% et 30% de la PG leur teneurs en protéines varient de $75,652 \pm 2,096$ mg/100 g à $81,630\pm 0,978$ mg/100 g, ces résultats sont conformes à ceux de **Elegbede et al. (1998)** qui ont montrés que lorsque les légumineuses complètent les céréales elles fournissent un repas équilibrés.

V. Résultats et discussion

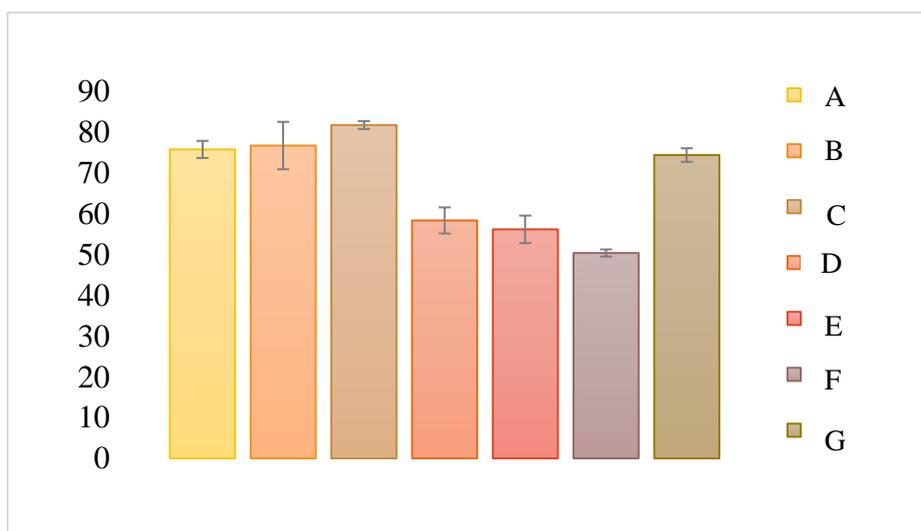


Figure 23: teneurs en protéines des biscuits.

- **Sucres totaux**

Des faibles teneurs en sucres totaux ont été observées pour les échantillons A, B et C enrichis avec la PG, varient de 1,101- 1,172 mg/100 g, et de 1,125-1,139 mg/100 g (Figure 22). Ces résultats montrent que y'a pas une grande différence significative quel que soit le taux d'incorporation des poudres, des valeurs plus faibles ont été détectées par **Lebesi et Tzia (2011)** qui ont évalué l'effet de l'ajout des différentes sources des fibres alimentaires sur les caractéristiques de cuisson des cupcakes.

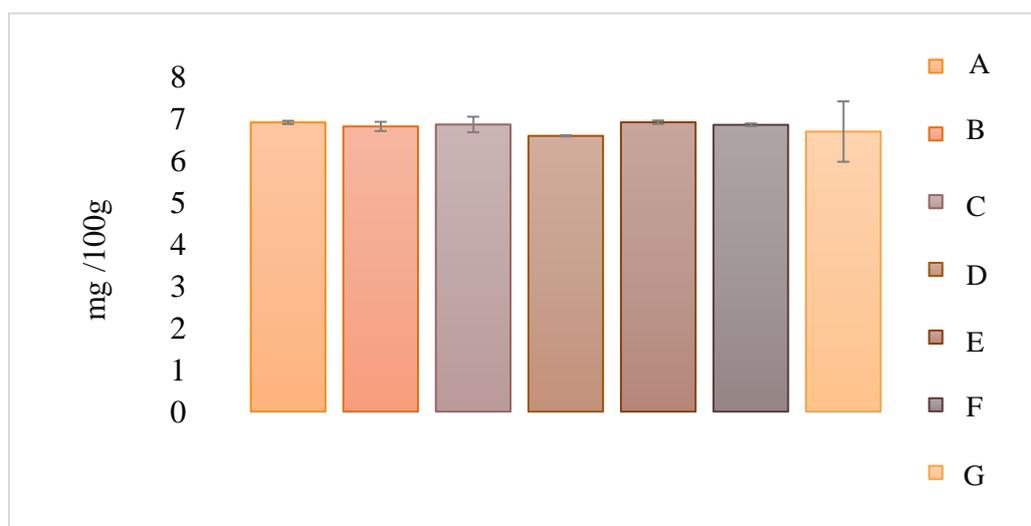


Figure 24: teneurs en sucres totaux des biscuits.

V. Résultats et discussion

- **Analyse sensorielle**

D'après les figures, nous remarquons que les 7 échantillons ne possèdent pas une grande différence significative ($p < 0,05$), pour la couleur, l'arôme, le goût, la sacristie, l'acidité ...etc.

La classification des biscuits selon l'ordre de croissance indique que le biscuit G à base de blé présente les scores les plus élevés pour tous les paramètres sensoriels testés, pour les biscuits enrichis par la PG et la PNG, nous ne remarquons pas une grande différence significative ($p < 0,05$) pour tous les paramètres étudiés (Figure24).

Les pourcentages de juges satisfaits pour chaque produit indiquent que : le biscuit D (10% de la PNG) possède le pourcentage le plus faible (14%), tandis que les 6 autres échantillons ont le même pourcentage qui est de 86%.

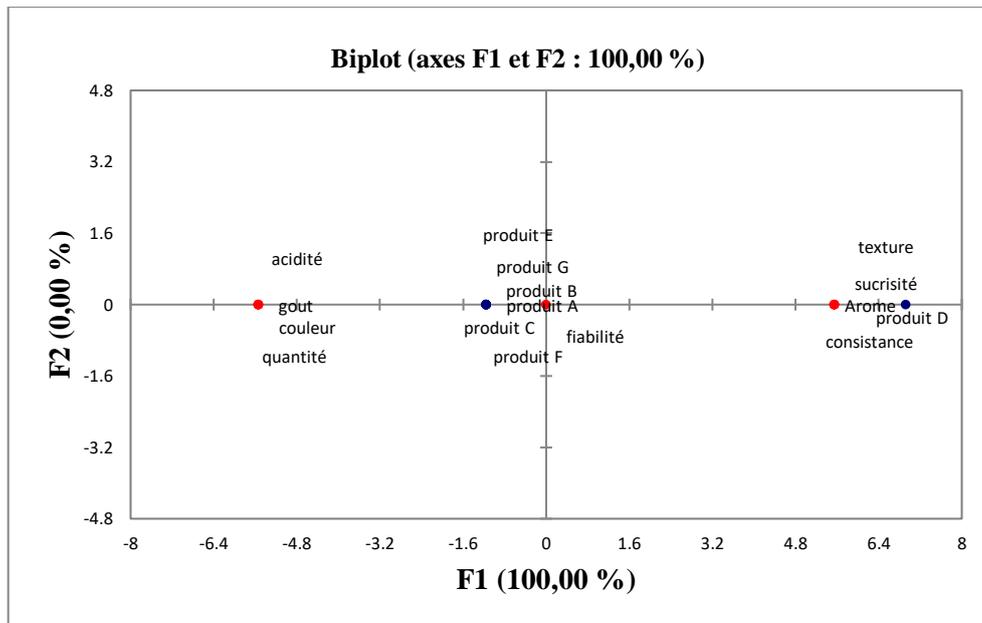


Figure 25 : analyse en composante principale des caractéristiques sensorielles des biscuits formulés.

Conclusion

Conclusion

L'utilisation des sous-produits de l'industrie agroalimentaire est une approche intéressante pour l'exploitation efficace des produits agricoles.

Pour certaines maladies chroniques, la citrouille est l'un des légumes qui gagne en popularité et ces graines ont des propriétés nutritionnelles et produisent également de délicieux produits comme les biscuits.

Dans ce contexte général l'objectif de notre étude est de caractériser physico-chimiquement deux poudres de graines de citrouille l'une torréfiée (PG) l'autre brute (PNG).

Les résultats physico-chimiques indiquent que le pH de la PG et PNG est proche et elles ont un taux de cendre de 4,5 pour la PG et 3,38 pour la PNG

Leurs propriétés fonctionnelles ont été également déterminées, il s'est révélé qu'elles ont une faible capacité moussante et leur densité apparente est au voisinage de 0,64 mg/mL pour la PG et de 0,537 mg/mL pour la PNG,

Les résultats montrent que le traitement de torréfaction n'a aucun effet négatif sur la présence et la stabilité des protéines dans les graines.

L'optimisation des paramètres d'extraction (solvant, puissance et temps) d'extraction assistée par micro-onde des composés phénoliques a montré que les meilleures conditions d'extraction de ces substances sont 29%, 700 W et 3 min pour la PG, 20%, 700 W et 4 min pour la PNG. Ceci montre que l'utilisation des plans d'expérience nous a aidé à la résolution de problèmes complexes d'optimisation et nous a permis de bâtir une modélisation fiable sur la base d'un nombre réduit d'expériences.

L'analyse statistique des résultats d'évaluation sensorielle de couleur, d'odeur, de saveur ont été acceptables par les jurys de dégustation, ceci montre que la poudre de citrouille pourrait être très bien utilisée afin d'améliorer et d'enrichir les biscuits en protéines, en fibres et en vitamines.

Pour compléter ce travail plusieurs études semblent nécessaires :

Etudes préliminaires, études statistiques, application de plan, méthodologie des surfaces de réponses, modèle mathématique, puis la validation du modèle pour la formulation des biscuits avec les poudres étudiées.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

A

AACC, (2000). Official Methods of Analysis. 10^{ème} édition. American Association Of Cereal Chemistry. États-Unis, St. Paul., Minnesota.

Abdekader karas et al., (2020). Rheological characterization of cutting oil emulsion. *Recueil de mecanique* vol.04 N°2 (2019) 382-396.

Achinewhu, S. C. (1987). Protein quality evaluation of weaning food mixtures from indigenous fermented foods. *Nig J Nutr Sci*, 8(1), 23-31.

Adeleke, R. O., & Odedeji, J. O. (2010). Functional properties of wheat and sweet potato flour blends. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(6), 535-538.

AFNOR. (1974). Recueil des Normes Françaises des produits dérivés des fruits et légumes, jus de fruits. Ed: AFNOR. Pp 1-322.

Afnor, Ø. (1982). Recueil de normes françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. *AFNOR*, 325.

Agume, A. S. N., Njintang, N. Y., & Mbofung, C. M. F. (2017). Effect of soaking and roasting on the physicochemical and pasting properties of soybean flour. *Foods*, 6(2), 12.

Ahsan H., Biswas S., Siddique A. , Manirujjaman M., Uddin B., Hasan S., Khan H., Uddin M., Minarul I., Mahadi H., Muedur R., Asaduzzaman M. , Sohanur R. , Khatun M , Islam MA. & Matiar R. (2015). Nutritional and Lipid Composition Analysis of Pumpkin Seed (*Cucurbita maxima Linn.*). *Nutrition and Food Sciences*, 5: 4.

Akhtar, I., Javad, S., Yousaf, Z., Iqbal, S., & Jabeen, K. (2019). Microwave assisted extraction of phytochemicals an efficient and modern approach for botanicals and pharmaceuticals. *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*, 32(1).

Akwaowo, E. U., Ndon, B. A., & Etuk, E. U. (2000). Minerals and antinutrients in fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis Hook f.*). *Food chemistry*, 70(2), 235-240.

Alessandro, A., Casazza Bahar Aliakbarian., Stefano Mantegna., Giancarlo Cravotto , Patrizia Perego . (2010). Extraction des composés phénoliques de *Vitis vinifera* déchets en utilisant des techniques non conventionnelles. *Journal of Food Engineering*, 100(1), 50-55.

Al-Farsi, M. A., & Lee, C. Y. (2008). Optimization of phenolics and dietary fibre extraction from date seeds. *Food chemistry*, 108(3), 977-985.

Al-Farsi, M., Alasalvar, C., Morris, A., Baron, M., & Shahidi, F. (2005). Comparison of antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, and phenolics of three native fresh and sun-dried date (*Phoenix dactylifera L.*) varieties grown in Oman. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(19), 7592-7599.

Aljahani, A. H. (2022). Wheat-yellow pumpkin composite flour: Physico-functional, rheological, antioxidant potential and quality properties of pan and flat bread. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(5), 3432-3439.

Références bibliographiques

Al Khateeb, W., Hussein, E., Qouta, L., Alu'datt, M., Al-Shara, B., & Abu-Zaiton, A. (2012). In vitro propagation and characterization of phenolic content along with antioxidant and antimicrobial activities of *Cichorium pumilum* Jacq. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 110, 103-110.

Alshehry, G. A. (2020). Preparation and nutritional properties of cookies from the partial replacement of wheat flour using pumpkin seeds powder. *World Journal of Environmental Biosciences*, 9(2), 48-56.

Anon (1950). Wealth of India - Raw Materiels. Vol 2. Council of Scientific and industrial Research, New Delhi, p 393-395.

Arkoub-Djermoune, L., Boulekbache-Makhlouf, L., Zeghichi-Hamri, S., Bellili, S., Boukhalfa, F., & Madani, K. (2016). Influence of the thermal processing on the physico-chemical properties and the antioxidant activity of a solanaceae vegetable: eggplant. *Journal of Food Quality*, 39(3), 181-191.

Armand B et Germain M., (1992) : « le blé : élément fondamentaux et transformation » Ed saint Foy .PP : 439-440.

Atlas big. (2018-2021). Récupéré sur atlasbig.com.

Atwell, W. A. (2001). Composition of commercial flour. *Wheat flour*, 27-45.

Awad-Allah, M.A.A. (2013). Evaluation of selected nuts and their proteins functionalproperties. *Journal of Applied Sciences Research*, 9(1): 885-896.

Aydin, E., & Gocmen, D. (2015). The influences of drying method and metabisulfite pre-treatment on the color, functional properties and phenolic acids contents and bioaccessibility of pumpkin flour. *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 385-392.

Azizah, A. H., Wee, K. C., Azizah, O., & Azizah, M. (2009). Effect of boiling and stir frying on total phenolics, carotenoids and radical scavenging activity of pumpkin (*Cucurbita moschato*). *International Food Research Journal*, 16(1), 45-51.

B

Baltsavias, A., Jurgens, A., & Van Vliet, T. (1999). Fracture properties of short-dough biscuits: effect of composition. *Journal of Cereal Science*, 29(3), 235-244.

Banigo, E., & Akpapunam, M. (1987). Physico-chemical and nutritional evaluation of protein-enriched fermented maize flour. *Nig Food J*, 5, 30-36.

Bardaa, S., Ben Halima, N., Aloui, F., Ben Mansour, R., Jabeur, H., Bouaziz, M., & Sahnoun, Z. (2016). Oil from pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds: evaluation of its functional properties on wound healing in rats. *Lipids in health and disease*, 15, 1-12.

Batista, J. E. R., Braga, L. P., OLIVEIRA, R. C. D., Silva, E. P., & Damiani, C. (2018). Partial replacement of wheat flour by pumpkin seed flour in the production of cupcakes filled with carob. *Food Science and Technology*, 38, 250-254.

Références bibliographiques

- Benaissa, R., Slamani, L. (2018).** Contrôle de qualité de la matière première au produit fini et suivi du processus d'une pâte à tartiner. Mémoire, master, nutrition et diététique humaine, Blida. 98p.
- Bialek, M., Rutkowska, J., Adamska, A., & Bajdalow, E. (2016).** Partial replacement of wheat flour with pumpkin seed flour in muffins offered to children. *CyTA-Journal of Food*, 14(3), 391-398.
- Blois, M. S. (1958).** Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200.
- Bradford, M. M. (1976).** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72(1-2), 248-254.
- Brahmi, F., Madani, K., Dahmoune, F., Rahmani, T., Bousbaa, K., Oukmanou, S., Chibane, M., (2012).** Optimization of solvent extraction of antioxidants (phenolic compounds) from Algerian mint (*Mentha spicata* L.). *Phcog Commn.* 2 (4), 72–86.
- Brodowska, M., Guzek, D., & Wierzbicka, A. (2014).** Modern technological solutions used in the production of bakery products with high biological value. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 8(22), 83-92.
- Broutin C, (2001).** Fabriquer des biscuits à base de farine composée (blé avec mil, maïs, sorgho ou niébé), Edition : Enda-Graf/Gret, p.4.
- Boumendjel, M., & Boutebba, A. (2003).** Effet des barèmes de stérilisation sur la qualité biochimique et nutritionnelle des tomates en conserve. *Sciences & Technologie. C, Biotechnologies*, 51-55.
- Bouquelet S. (2008).** Les protéines alimentaires in : « Biochimie alimentaire », Ed Université des Sciences et Technologies de Lille.
- Buckman, Harry O. and Brady, Nyle C. (1960).** Nature & Property of Soils – A college Text of Edaphology (Sixth edition), New York: Macmillan Publishers, New York, NY. Page 50.
- Bučko S., Katona J., Popović L., Vaštag Z., Petrović L. & Vučinić–Vasić M. (2015).** Investigation on solubility, interfacial and emulsifying properties of pumpkin (*Cucurbita pepo*) seed protein isolate. *LWT - Food Science and Technology*, volume 64, Issue 2, Pages 609-615.

C

- Caili, F. U., Huan, S., & Quanhong, L. I. (2006).** A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. *Plant foods for human nutrition*, 61, 70-77.
- Cauvain, S. P., & Young, L. S. (2008).** The role of water in the formation and processing of batters, biscuit and cookie doughs, and pastes. *Bakery Food Manufacture and Quality: Water Control and Effects*, 2nd ed.; Blackwell Publishing Ltd.: Oxford, UK, 48-71.

Références bibliographiques

- Chandra, S., Singh, S., & Kumari, D. (2015).** Evaluation of functional properties of composite flours and sensorial attributes of composite flour biscuits. *Journal of food science and technology*, 52, 3681-3688.
- Chan, S. W., Lee, C. Y., Yap, C. F., Wan Aida, W. M., & Ho, C. W. (2009).** Optimisation of extraction conditions for phenolic compounds from limau purut (*Citrus hystrix*) peels. *International Food Research Journal*, 16(2), 203-203.
- Cheblauoi Y et Yahiaten N., (2016) :** « Contribution à la diversification de l'alimentation pour l'enfant cœliaque : fabrication de farine-Biscuit sans gluten ».PP :15-16.
- Cheftel J.C., Cheftel H., (1995).** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments, Technique et Documentation – Lavoisier, Paris, p.87.
- China, M. A., & Ezema, P. N. (2016).** Chemical analysis and organoleptic evaluation of snacks from composite flour of *Dioscorea alata* and *Telfairia occidentalis* seeds flour. *International Journal of Agriculture Innovation and Research*, 4(4), 655-660.
- Chinma, C. E., Adewuyi, O., & Abu, J. O. (2009).** Effect of germination on the chemical, functional and pasting properties of flour from brown and yellow varieties of tigernut (*Cyperus esculentus*). *Food Research International*, 42(8), 1004-1009.
- Chkwuemeka Ike C. (2020).** Nutritional and microbiological qualities of pumpkin (*Cucurbita pepo*) seed composite flours. *GSC Biological and Pharmaceutical Science* 12(03), 051-060.
- Chun, O. K., Kim, D. O., Smith, N., Schroeder, D., Han, J. T., & Lee, C. Y. (2005).** Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the American diet. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(10), 1715-1724.
- Compagnie des sens. (2002).** Récupéré sur compagnie-de-sens.fe.
- Correia, P.R. et Beirao-da-Costa, M.L., (2011).** Effect of drying temperatures on starch-related functional and thermal properties of acorn flours. *Journal of Food Science*, 76(2): E196-E202.
- Costa, L. L., Tomé, P. H. F., Jardim, F. B. B., Silva, V. P., Castilho, E. A., Damasceno, K. A., & Campagnol, P. C. B. (2018).** Physicochemical and rheological characterization of pan bread made with pumpkin seed flour. *International Food Research Journal*, 25(4), 1489-1496.
- Coutouly G et Marcussen L., (1998):** « Biscuits et biotechnologies » Ed Initiative for boitechnology. 29P.
- Cronin, K., & Preis, C. (2000).** A statistical analysis of biscuit physical properties as affected by baking. *Journal of Food Engineering*, 46(4), 217-225.
- Cui, Y., Miao, K., Niyaphorn, S., & Qu, X. (2020).** Production of gamma-aminobutyric acid from lactic acid bacteria: A systematic review. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3), 995.

Références bibliographiques

Darrudi, R., Nazeri, V., Soltani, F., Shokrpour, M., & Ercolano, M. R. (2018). Genetic diversity of Cucurbita pepo L. and Cucurbita moschata Duchesne accessions using fruit and seed quantitative traits. *Journal of applied research on medicinal and aromatic plants*, 8, 60-66.

Dauda, A. O., Abiodun, O. A., Arise, A. K., & Oyeyinka, S. A. (2018). Nutritional and consumers acceptance of biscuit made from wheat flour fortified with partially defatted groundnut paste. *Lwt*, 90, 265-269.

Deedam, N. J., & Olumati, P. N. (2020). Effect of fluted pumpkin seeds flour on the proximate and sensory properties of cooking banana flour biscuits and queens cake for household consumption. *Research Journal of Food Science and Nutrition*, 5(2), 30-34.

Del Castillo, M. D., Ames, J. M., & Gordon, M. H. (2002). Effect of roasting on the antioxidant activity of coffee brews. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(13), 3698-3703.

DuBois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. T., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, 28(3), 350-356.

Dutta, D., Dutta, A., Raychaudhuri, U., & Chakraborty, R. (2006). Rheological characteristics and thermal degradation kinetics of beta-carotene in pumpkin puree. *Journal of food engineering*, 76(4), 538-546.

Doymaz, I., Gorel, O. A., & Akgun, N. A. (2004). Drying characteristics of the solid by-product of olive oil extraction. *Biosystems Engineering*, 88(2), 213-219.

Das, P., & Vishnu, S. N. (2021). Feeding biscuits to critically endangered Black Soft-Shelled Turtles (*Nilssonina nigricans*) in the Tripureswari Temple Pond, Tripura, India. *Reptiles & Amphibians*, 28(3), 430-431.

E

Edwards, W.P. (2007). Product Other than Bread. *In the science of bakery products*, 208-232 P.

Elegbede, J. A., Osagie, A. L., & Eka, O. A. (1998). *Nutritional Quality of plant Food*. Benin BAS Scientific Service Ltd.

Elinge, C. M., Muhammad, A., Atiku, F. A., Itodo, A. U., Peni, I. J., Sanni, O. M., & Mbongo, A. N. (2012). Proximate, mineral and anti-nutrient composition of pumpkin (*Cucurbita pepo* L) seeds extract. *International Journal of plant research*, 2(5), 146-150.

Elkhalifa, A. E. O., & Bernhardt, R. (2010). Influence of grain germination on functional properties of sorghum flour. *Food chemistry*, 121(2), 387-392.

El Khatib, S., & Muhieddine, M. (2020). Nutritional profile and medicinal properties of pumpkin fruit pulp. *The Health Benefits of Foods-Current Knowledge and Further Development*, 1-20.

Escalada Pla, M. F., Campos, C. A., Gerschenson, L. N., & Rojas, A. M. (2009). Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret) mesocarp tissue as a food matrix for supplying iron in a food product. *Journal of Food Engineering*, 92(4), 361-369.

Références bibliographiques

F

Fagbemi, T. N., Oshodi, A. A., & Ipinmoroti, K. O. (2005). Processing effects on some antinutritional factors and in vitro multienzyme protein digestibility (IVPD) of three tropical seeds: breadnut (*Artocarpus altilis*), cashewnut (*Anacardium occidentale*) and fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*). *Pakistan Journal of Nutrition*, 4(4), 250-256.

Feillet, P. (2000). Le grain de blé, composition et utilisation. Edition; INRA. Paris. 308 pages.

Fernández-Artigas, P., Guerra-Hernández, E., & García-Villanova, B. (2001). Changes in sugar profile during infant cereal manufacture. *Food chemistry*, 74(4), 499-505.

F.S. Calixto, J. Canellas, J.G. Raso, (1983). Determination of hemicelluloses, cellulose and lignin contents of dietary fibre and crude fibre of several seed hulls. Data comparison, *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 200_202.

G

Gaillot G. (2015). L'extraction d'une plante à la lecture de sa fiche technique. The natural signeccare, 1-7.

Ganesan N. et Ning X. (2018). Role of proteins on formation, drainage, and stability of liquid food foams. *Annual review of food science and technology*, 9, 45-63.

Gardenlux designluxpro. (2015). Récupéré sur gardenlux-fr.designluxpro.com.

Ghaderi-Ghahfarrokhi, M., Sadeghi-Mahoonak, A. R., Alami, M., & Khanegah, A. M. (2017). Effect of processing treatments on polyphenol removal from kernel of two Iranian acorns varieties. *International Food Research Journal*, 24(1), 86.

Ghedira, K., & Goetz, P. (2013). Cucurbita pepo L.(Cucurbitaceae) Graine de courge ou citrouille. *Phytothérapie*, 11, 46-51.

Ghnimi, S., Almansoori, R., Jobe, B., Hassan, M. H., & Afaf, K. E. (2015). Quality evaluation of coffee-like beverage from date seeds (*Phoenix dactylifera*, L.). *Journal of Food Processing and Technology*, 6(12).

Giami, S.Y., Achinewhu, S.C. et Ibaakee, C., (2001). The quality and sensory attributes of cookies supplemented with fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis* Hook) seed flour. *International Journal of Food Science and Technology*, 40: 613-620.

Giami, S. Y., Okonkwo, V. I., & Akusu, M. O. (1994). Chemical composition and functional properties of raw, heat-treated and partially proteolysed wild mango (*Irvingia gabonensis*) seed flour. *Food Chemistry*, 49(3), 237-243.

Gliemmo, M. F., Latorre, M. E., Gerschenson, L. N., & Campos, C. A. (2009). Color stability of pumpkin (*Cucurbita moschata*, Duchesne ex Poiret) puree during storage at room temperature: Effect of pH, potassium sorbate, ascorbic acid and packaging material. *LWT-Food Science and Technology*, 42(1), 196-201.

Goetz, P., et Le Jeune, R. (2010). Huile de graine de courge, *Cucurbita pepo* convar. *Citrullina* var. *styriaca*. *Phytothérapie*, 8(2): 1-5.

Références bibliographiques

Gohari, A. A., Farhoosh, R., & Haddad, K. M. (2011). Chemical composition and physicochemical properties of pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* Subsp. *pepo* Var. *Styriaka*) grown in Iran. 1053-1063.

Górecka, D., Pacholek, B., Dziedzic, K., & Górecka, M. (2010). Raspberry pomace as a potential fiber source for cookies enrichment. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 9(4), 451-461.

Gorgônio, C. M. D. S., Pumar, M., & Mothé, C. G. (2011). Macroscopic and physiochemical characterization of a sugarless and gluten-free cake enriched with fibers made from pumpkin seed (*Cucurbita maxima* L.) flour and cornstarch. *Food Science and Technology*, 31, 109-118.

H

Hart, D. J., & Scott, K. J. (1995). Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. *Food Chemistry*, 54(1), 101-111.

Huang Wen, An Xue, Hai Niu, Zhen Jia, Jiawen Wang, Optimised (2009). Ultrasonicassistedextraction of flavonoids from *Folium eucommiae* and evaluation of antioxidantactivity in multi-test systems in vitro. *Food Chemistry*.114.1147–1154.

Hui, Y.H., Croke, H., De Leyn, I., Nip, W.k., Cross, N. (2006). Bakery products Science and Technology. 1 ére edition. Blackwell Publishing Professional, 2121 State Avenue, Ames, Iowa 50014, USA, 575 p.

I

Indrani, D., & Rao, G. V. (2008).Functions of ingredients in the baking of sweet goods. *Food engineering aspects of baking sweet goods*, 31-47.

Inoue, T., Tsubaki, S., Ogawa, K., Onishi, K., & Azuma, J. I. (2010). Isolation of hesperidin from peels of thinned Citrus unshiu fruits by microwave-assisted extraction. *Food Chemistry*, 123(2), 542-547.

Iwe, M. O., Onyeukwu, U., & Agiriga, A. N. (2016). Proximate, functional and pasting properties of FARO 44 rice, African yam bean and brown cowpea seeds composite flour. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1142409.

J

Jacinto, G., Stieven, A., Maciel, M. J., & Souza, C. F. V. D. (2020). Effect of potato peel, pumpkin seed, and quinoa flours on sensory and chemical characteristics of gluten-free breads. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23.

Jawad, A., Langrish, T.A.G., (2012). Optimisation of total phenolic acids extraction from mandarin peels using microwave energy: The importance of the Maillard reaction. *Journal of Food Engineering*. 109, 162-174.

Jeevitha, G. R., & Bhuvana, S. (2019). Study on the impact of pumpkin seed flour on whole wheat bread characteristics. *International Journal of Chemical Studies*, 7(4), 273-277.

Références bibliographiques

Jirapa, P., Normah, H., Zamaliah, M. M., Asmah, R., & Mohamad, K. (2001). Nutritional quality of germinated cowpea flour (*Vigna unguiculata*) and its application in home prepared powdered weaning foods. *Plant Foods for Human Nutrition*, 56, 203-216.

Ji, X., Peng, B., Ding, H., Cui, B., Nie, H., & Yan, Y. (2021). Purification, structure and biological activity of pumpkin polysaccharides: a review. *Food Reviews International*, 1-13.

Jun, H. I., Lee, C. H., Song, G. S., & Kim, Y. S. (2006). Characterization of the pectic polysaccharides from pumpkin peel. *LWT-Food Science and Technology*, 39(5), 554-561.

K

Kaboré, S. A., Bastide, B., Traoré, S., & Boussim, J. I. (2012). Dynamique du karité, *Vitellaria paradoxa*, dans les systèmes agraires du Burkina Faso. *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 313, 47-59.

Kamel, B. S., Deman, J. M., & Blackman, B. (1982). Nutritional, fatty acid and oil characteristics of different agricultural seeds. *International Journal of Food Science & Technology*, 17(2), 263-269.

Karabegović, I. T., Stojičević, S. S., Veličković, D. T., Nikolić, N. Č., & Lazić, M. L. (2013). Optimization of microwave-assisted extraction and characterization of phenolic compounds in cherry laurel (*Prunus laurocerasus*) leaves. *Separation and Purification Technology*, 120, 429-436.

Khouryieh, H., & Aramouni, F. (2012). Physical and sensory characteristics of cookies prepared with flaxseed flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(11), 2366-2372.

Kiharason, J. W., Isutsa, D. K., & Ngoda, P. N. (2017). Effect of drying method on nutrient integrity of selected components of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) fruit flour. *ARNP Journal of Agricultural and Biological Science*, 12(3), 110-116.

Kim, M. Y., Kim, E. J., Kim, Y. N., Choi, C., & Lee, B. H. (2012). Comparison of the chemical compositions and nutritive values of various pumpkin (*Cucurbitaceae*) species and parts. *Nutrition research and Practice*, 6(1), 21-27.

Kinsella, J. E., & Melachouris, N. (1976). Functional properties of proteins in foods: a survey. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 7(3), 219-280.

Kratchanova, M., Pavlova, E., & Panchev, I. (2004). The effect of microwave heating of fresh orange peels on the fruit tissue and quality of extracted pectin. *Carbohydrate polymers*, 56(2), 181-185.

Krimer-Malešević, V. (2020). Pumpkin seeds: Phenolic acids in pumpkin seed (*Cucurbita pepo* L.). In *Nuts and seeds in health and disease prevention* (pp. 533-542). Academic Press.

Korus, J., Witzak, M., Ziobro, R., & Juszczak, L. (2015). The influence of acorn flour on rheological properties of gluten-free dough and physical characteristics of the bread. *European Food Research and Technology*, 240, 1135-1143.

Ktenioudaki, A., & Gallagher, E. (2012). Recent advances in the development of high-fibre baked products. *Trends in Food Science & Technology*, 28(1), 4-14.

Références bibliographiques

Kumar A. & Sasmal S. (2020). Rheological and physico-chemical properties of milk gel using isolate of pumpkin (*Cucurbita moschata*) seeds: A new source of milk clotting peptidase. *Food Hydrocolloids*. Volume 106, 105866.

Kundu, H., Grewal, R. B., Goyal, A., Upadhyay, N., & Prakash, S. (2014). Effect of incorporation of pumpkin (*Cucurbita moshchata*) powder and guar gum on the rheological properties of wheat flour. *Journal of food science and technology*, 51, 2600-2607.

L

Laniesz, P (1963). Déterminations du taux de cendres des céréales et produits de mouture. *Bull. ENSMIC*, mars-avri11 963194: 83-90.

Lebesi, D. M., & Tzia, C. (2011). Effect of the addition of different dietary fiber and edible cereal Bran sources on the baking and sensory characteristics of cupcakes. *Food and Bioprocess Technology*, 4(5), 710-722. <http://dx.doi.org/10.1007/s11947-009-0181-3>

Lee, Y. K., Chung, W. I., & Ezura, H. (2003). Efficient plant regeneration via organogenesis in winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.). *Plant science*, 164(3), 413-418.

Life food. (s.d.). Récupéré sur [life food.eu](http://life.food.eu).

Lim, H.-B. and kim, D.-H. (2018). Effects of roasting conditions on physicochemical properties and antioxidant activities in Ginkgo biloba seeds. *Food science and biotechnology* 27, 1057-1066.

Liu, B. (2010). Uncertain risk analysis and uncertain reliability analysis. *Journal of Uncertain Systems*, 4(3), 163-170.

Li Zhai, J., Day, L., Aguilar, M.-I., and Wooster, T. J. (2013). Protein folding at emulsion oil/water interfaces. *Current opinion in colloid & interface science*, 18(4), 257-271.

Loison, M. (2006). *Légumes anciens, saveurs nouvelles*. France Agricole Editions.

Longe, O. G., Farinu, G. O., & Fetuga, B. L. (1983). Nutritional value of the fluted pumpkin (*Telfaria occidentalis*). *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 31(5), 989-992.

Lucchesi, M. E., Smadja, J., Bradshaw, S., Louw, W., & Chemat, F. (2007). Solvent free microwave extraction of *Elletaria cardamomum* L.: A multivariate study of a new technique for the extraction of essential oil. *Journal of Food Engineering*, 79(3), 1079-1086.

Lugasi, A. (2003). The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. *Acta biologica szegediensis*, 47(1-4), 119-125.

Lee,C.Y., Smith, N.L. & Robinson, R.W. (1984). Carotenoids and vitamin A value of fresh and canned winter squashes. *Nutr. Rep. Int.* 29, 129-133.

M

Maache-Rezzoug, Z., Bouvier, J. M., Allaf, K., & Patras, C. (1998). Effect of principal ingredients on rheological behaviour of biscuit dough and on quality of biscuits. *Journal of Food Engineering*, 35(1), 23-42.

Références bibliographiques

- Makris, D. P., & Rossiter, J. T. (2001).** Domestic processing of onion bulbs (*Allium cepa*) and asparagus spears (*Asparagus officinalis*): effect on flavonol content and antioxidant status. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(7), 3216-3222.
- Mala, K. S., & Kurian, A. E. (2016).** NUTRITIONAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF PUMPKIN WASTES. *International Journal of Pharmaceutical, Chemical & Biological Sciences*, 6(3). 336-344.
- Mamat, H., & Hill, S. E. (2018).** Structural and functional properties of major ingredients of biscuit. *International food research journal*, 25(2). 462-471p.
- Mandal, V., Mohan, Y., & Hemalatha, S. J. P. R. (2007).** Microwave assisted extraction— an innovative and promising extraction tool for medicinal plant research. *Pharmacognosy reviews*, 1(1), 7-18.
- Manley, D. (2011).** Setting the scene: A history and the position of biscuits. In *Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies* (pp. 1-9). Woodhead Publishing.
- (Manley D., 2011) b.** Classification of biscuits. Woodhead publishing limited, Cambridge, pp.271-278.
- Mateos-Aparicio, I., Redondo-Cuenca, A., & Villanueva-Suárez, M. J. (2010).** Isolation and characterisation of cell wall polysaccharides from legume by-products: Okara (soymilk residue), pea pod and broad bean pod. *Food chemistry*, 122(1), 339-345.
- Ma, Z., Boye, J.I., Simpson, B.K., Prasher, S.O., Monpetit, D. et Malcolmson, L., (2011).** Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flours. *Food Research International*, 44(8): 2534-2544.
- McClements, D. J. (1999).** Food Emulsions: Principles, Practice and Techniques CRC Press. New York: 2nd ed. Pp, 234.
- Mesías, M., Holgado, F., Márquez-Ruiz, G., & Morales, F. J. (2016).** Risk/benefit considerations of a new formulation of wheat-based biscuit supplemented with different amounts of chia flour. *LWT*, 73, 528-535.
- Micera, M., Botto, A., Geddo, F., Antoniotti, S., Bertea, C. M., Levi, R., ...& Querio, G. (2020).** Squalene: More than a step toward sterols. *Antioxidants*, 9(8), 688.
- Ministère de l'agriculture, de la pêche, de l'alimentation (2007).** Comité technique permanent de la sélection, Institut français de la vigne, & du vin. *Catalogue des variétés et clones de vigne cultivés en France*. Institut français de la vigne et du Vin.
- Misra N.N. & Tiwari B.k. Biscuits (2014).** In *Bakery products science and technology*, 2nd Edition. 585-601(Wiley-Blackwell). ISBN 978-1-119-96715-6.
- M. Murillo Murillo, (2004).** 'Caractérisation de l'effet d'un Traitement au Peroxyde d'Hydrogène sur une boue – Application la Réduction de la Production de Boue', Thèse de doctorat, INSA Toulouse.
- Mohtadji-Lamballais C., (1989).** Les aliments. Editions Maloine. Paris, 203 p.
- Morgan, J. W., Forster, C. F., & Evison, L. J. W. R. (1990).** A comparative study of the nature of biopolymers extracted from anaerobic and activated sludges. *Water research*, 24(6), 743-750.

Références bibliographiques

Moure, A., Sineiro, J., Domínguez, H., & Parajó, J. C. (2006). Functionality of oilseed protein products: A review. *Food research international*, 39(9), 945-963.

Murkovic, M., Hillebrand, A., Winkler, J., Leitner, E., & Pfannhauser, W. (1996). Variability of fatty acid content in pumpkin seeds (*Cucurbita pepo* L.). *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 203, 216-219.

Murlidhar V., Reddy R.M., Fouladdel S., Zhao L., Ishikawa M.K., Grabauskiene S., Zhang Z., Lin J., Chang A.C., Carrott P., Lynch W.R., Orringer M.B., Kumar-Sinha C., Palanisamy N., Beer D.G., Wicha M.S. Ramnath N., Azizi E. & Nagrath S. (2017). Poor Prognosis Indicated by Venous Circulating Tumor Cell Clusters in Early-Stage Lung Cancers. *Cancer Research* (2017) 77 (18): 5194–5206.

N

Naghii, M. R., & Mofid, M. (2007). Impact of daily consumption of iron fortified ready-to-eat cereal and pumpkin seed kernels (*Cucurbita pepo*) on serum iron in adult women. *Biofactors*, 30(1), 19-26.

Nakić, S. N., Rade, D., Škevin, D., Štrucelj, D., Mokrovčak, Ž., & Bartolić, M. (2006). Chemical characteristics of oils from naked and husk seeds of *Cucurbita pepo* L. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 108(11), 936-943.

Ndhlala, A. R., Moyo, M., & Van Staden, J. (2010). Natural antioxidants: fascinating or mythical biomolecules?. *Molecules*, 15(10), 6905-6930.

Nebesny, E., & Zyzelewicz, D. (2006). Properties of chocolates enriched with viable lactic acid bacteria. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 102(1), 27-32.

Noomene, Hamza. (2011). Master de recherche de l'environnement « aménagement et risques ». Manouba : facultés des lettres arts et humanités.

Nyam, K. L., Lau, M., & Tan, C. P. (2013). Fibre from pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seeds and rinds: physico-chemical properties, antioxidant capacity and application as bakery product ingredients. *Malaysian Journal of Nutrition*, 19(1): 99-109.

Nyam, K. L., Tan, C. P., Lai, O. M., Long, K., & Man, Y. C. (2009). Physicochemical properties and bioactive compounds of selected seed oils. *LWT-Food Science and technology*, 42(8), 1396-1403.

O

Ocloo, F. C. K., Bansa, D., Boatin, R., Adom, T., & Agbemavor, W. S. (2010). Physico-chemical, functional and pasting characteristics of flour produced from Jackfruits (*Artocarpus heterophyllus*) seeds. *Agriculture and biology journal of North America*, 1(5), 903-908.

Oppong, D., Eric, A., Osei, K.S., Badu, E. et Skyi, P., (2015). Proximate composition and some functional properties of soft wheat flour. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 4(2): 2347-6710.

Ouazib, M., (2016). Effet de traitements sur les paramètres nutritionnels et fonctionnels du pois chiche produit localement : impact sur les propriétés rhéologiques, physicochimiques et

Références bibliographiques

sensorielles de pain à base de pois chiche. Thèse de doctorat en Science de la Nature et de la Vie. Université A.MIRA-BEJAIA, 114 p.

Oyet, G. I., & Chibor, B. S. (2020). Nutrient Composition and physical characteristics of biscuits produced from composite blends of wheat, coconut and defatted fluted pumpkin seed flour. *Journal of Nutrition Food Science and Technology*, 1(1), 1-8.

P

Parveen, H., Bajpai, A., Bhatia, S., & Singh, S. (2017). Analysis of biscuits enriched with fibre by incorporating carrot and beetroot pomace powder. *The Indian Journal of Nutrition and Dietetics*, 54(4), 403.

PNNS (2007) Rapport du groupe de travail PNNS sur les glucides. Etapes 1 et 2 du mandat. Ministère de l'agriculture et de la pêche. 290P.

Polèse J.M. (2006). La culture des courges. Edition .Artémis, pp : 10-76

Pongjanta, J., Naulbunrang, A., Kawngdang, S., Manon, T., & Thepjaikat, T. (2006). Utilization of pumpkin powder in bakery products. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 28(1), 71-79.

Poole, S., & Fry, J. C. (1987). High-performance protein foaming and gelation systems. *Developments in food proteins*, 5, 257-298.

Ptitchkina, N. M., Danilova, I. A., Doxastakis, G., Kasapis, S., & Morris, E. R. (1994). Pumpkin pectin: gel formation at unusually low concentration. *Carbohydrate polymers*, 23(4), 265-273.

R

Raffo, A., Pasqualone, A., Sinesio, F., Paoletti, F., Quaglia, G., & Simeone, R. (2003). Influence of durum wheat cultivar on the sensory profile and staling rate of Altamura bread. *European Food Research and Technology*, 218, 49-55.

Rajiv, J., Lobo, S., Jyothi Lakshmi, A., & Venkateswara Rao, G. (2012). Influence of green gram flour (*Phaseolus aureus*) on the rheology, microstructure and quality of cookies. *Journal of texture studies*, 43(5), 350-360.

Rakić, S., Povrenović, D., Tešević, V., Simić, M., & Maletić, R. (2006). Oak acorn, polyphenols and antioxidant activity in functional food. *Journal of Food Engineering*, 74(3), 416-423.74: 416-423.

Ratnam, N., Najjibullah, M., & Ibrahim, M. D. (2017). A review on Cucurbita pepo. *Int J Pharm Phytochem Res*, 9, 1190-1194.

Ribeiro, T. D. C., Abreu, J. P., Freitas, M. C. J., Pumar, M., & Teodoro, A. J. (2015). Substitution of wheat flour with cauliflower flour in bakery products: effects on chemical, physical, antioxidant properties and sensory analyses. *International food research journal*, 22(2), 532.

Références bibliographiques

Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1996). Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free radical biology and medicine*, 20(7), 933-956.

Ristic-Medic, D., Perunicic-Pekovic, G., Rasic-Milutinovic, Z., Takic, M., Popovic, T., Arsic, A., & Glibetic, M. (2014). Effects of dietary milled seed mixture on fatty acid status and inflammatory markers in patients on hemodialysis. *The Scientific World Journal*, 2014.

Robinson, R. G. (1975). Amino acid and elemental composition of sunflower and pumpkin seeds 1. *Agronomy journal*, 67(4), 541-544.

Roongruangsri W, Bronlund JE (2016). Effect of air-drying temperature on physico-chemical, powder properties and sorption characteristics of pumpkin powders. *International Food Research Journal*. 32(3):962-972.

S

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, 140 p.

Sadal, K. B., Dabhade, S. B., & Bornare, D. T. (2018). Development and quality evaluation of Pineapple Pomace Powder fortified biscuits. *International Journal of Chemical Studies*, 6(4), 1019-1023.

Samaha, O. R. A. (2002). Evaluation of pumpkin fruits as promising crop in food processing. *Alexandria Journal of Agricultural Research*, 47(2), 117-125.

See, E. F., Wan Nadiah, W. A., & Noor Aziah, A. A. (2007). Physico-chemical and sensory evaluation of breads supplemented with pumpkin flour. *International Food Research Journal*, 14(2):123-130.

Serpen, J. Y. (2012). Comparison of sugar content in bottled 100% fruit juice versus extracted juice of fresh fruit. *Food and nutrition science*, 3: 1509-1513.

Silva, J. S. (2012). *Cereal bars made with pumpkin seed flour. Lavras, Brazil: Federal University of Lavras* (Doctoral dissertation, MSc thesis).

Smith, H. C. (2011). The position of biscuits in nutrition. In *Manley's Technology of Biscuits, Crackers and Cookies* (pp. 373-385). Woodhead Publishing.

Sorensen (1909). *Etymol et Hist (compte rendu des travaux)*. S.I. : laboratoire de carlberg. Vol 8.

Sowbhagya, H. B., Suma, P. F., Mahadevamma, S., & Tharanathan, R. N. (2007). Spent residue from cumin—a potential source of dietary fiber. *Food chemistry*, 104(3), 1220-1225

Spigno, G., Tramelli, L., & De Faveri, D. M. (2007). Effects of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics. *Journal of food engineering*, 81(1), 200-208.

Stevenson, D. G., Eller, F. J., Wang, L., Jane, J. L., Wang, T., & Inglett, G. E. (2007). Oil and tocopherol content and composition of pumpkin seed oil in 12 cultivars. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(10), 4005-4013.

Références bibliographiques

T

Tinsson W. (2010). Plans d'expérience, In « constructions et analyses statistiques, Mathématiques et Applications ». Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 36 p.

Tiwari, U., Cummins, E., Tiwari, B. K., Gowen, A., & McKenna, B. (2011). Functional and physicochemical properties of legume fibers.

Thibaut, R., Laubert, M., Ejlalmanesh, T., & Alzaid, F. (2021). L'élongase 2 et les acides gras polyinsaturés-Acteurs majeurs de l'inflammation. *médecine/sciences*, 37(11), 987-992.
Thomas, D. J., & Atwell, W. A. (1999). Starch structure. *Starches*, 1-11.

U

Ubbor, S. C., & Akobundu, E. N. T. (2009). Quality characteristics of cookies from composite flours of watermelon seed, cassava and wheat. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(7), 1097-1102.

United Nations Children Emergency Fund (UNICEF) (2016). State of the World's Children, New York, USA. Published for UNICEF by Oxford Universités Press.

USDA, (2003). USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 16. Nutrient Data Laboratory Home Page. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service.

V

Van der Sman, R. G. M., & Renzetti, S. (2019). Understanding functionality of sucrose in biscuits for reformulation purposes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(14), 2225-2239.

Vachon, C., Gauthier, S. F., Jones, J. D., & Savoie, L. (1982). Enzymatic digestion method with dialysis to assess protein damage; Application to alkali-treated proteins containing lysinoalennane. *Nutrition Research*, 2(6), 675-688.

Vioque, J., Alaiz, M. et Giron-Calle, J., (2012). Nutritional and functional properties of Vicia faba protein isolates and related fractions. *Food chemistry*, 132(1): 67-72.

W

Wade, P. (1988). Biscuits. *Cookies and Crackers: the principles of craft*, 1, 1-4.

Wani, S. M., Riyaz, U., Wani, T. A., Ahmad, M., Gani, A., Masoodi, F. A., ...& Mir, S. A. (2016). Influence of processing on physicochemical and antioxidant properties of apricot (*Prunus armeniaca* L. variety Narmo). *Cogent Food & Agriculture*, 2, 1-12.

Webster, A. (2016). *La cuisine antiraplapla-Printemps Été: Carnet de 60 recettes crues pour se détoxiner, renforcer son immunité et retrouver sa vitalité*. Soliflor.

Wenli, Y., Yaping, Z., Jingjing, C., & Bo, S. (2004). Comparison of two kinds of pumpkin seed oils obtained by supercritical CO₂ extraction. *European journal of lipid science and technology*, 106(6), 355-358.

Références bibliographiques

Wilde, P. J., & Clark, D. C. (1996). Foam formation and stability. *Methods of testing protein functionality*, 1, 110-152.

Wrigley, C. W., & Bietz, J. A. (1988). Proteins and amino acids. *Wheat: chemistry and technology. Volume I.*, (Ed. 3), 159-275.

Y

Yadav, M., Jain, S., Tomar, R., Prasad, G. B. K. S., & Yadav, H. (2010). Medicinal and biological potential of pumpkin: an updated review. *Nutrition research reviews*, 23(2), 184-190.

Yeoh, S., Shi, J. T. A. G., & Langrish, T. A. G. (2008). Comparisons between different techniques for water-based extraction of pectin from orange peels. *Desalination*, 218(1-3), 229-237.

Youssef, M. A. (1992). Agile manufacturing: a necessary condition for competing in global markets. *INDUSTRIAL ENGINEERING-NEW YORK THEN ATLANTA NORCROSS-AMERICAN INSTITUTE OF INDUSTRIAL ENGINEERS INCORPORATED-*, 24, 18-18.

Z

Zhang, Z. S., Li, D., Wang, L. J., Ozkan, N., Chen, X. D., Mao, Z. H., & Yang, H. Z. (2007). Optimization of ethanol–water extraction of lignans from flaxseed. *Separation and Purification Technology*, 57(1), 17-24.

Zhou, T., Kong, Q., Huang, J., Dai, R., & Li, Q. (2007). Characterization of nutritional components and utilization of pumpkin. *Food*, 1(2), 313-321.

Zidani, S., 2019. Influence des techniques de séchage sur les propriétés physicochimiques et fonctionnelles de la pomme locale. Thèse de doctorat en sciences. Université Hadj Lakhdar Batna 01 (UHB1), Algérie, 134 p.

Zouari, R., Besbes, S., Ellouze-Chaabouni, S., & Ghribi-Aydi, D. (2016). Cookies from composite wheat–sesame peels flours: Dough quality and effect of *Bacillus subtilis* SPB1 biosurfactant addition. *Food chemistry*, 194, 758-769.

Annexes

Annexes

• Comment jugez-vous l'épaisseur de biscuit ?

1- Très fin 2- Fin 3- Moyen 4- Epais 5- Très épais

Echantillon :

A B C D E F G

• Comment jugez-vous la texture de biscuit ?

1- Très pâteuse 2- Pâteuse 3-Peu croustillante 4- Croustillante 5- très croustillante

Echantillon :

A B C D E F G

• Comment jugez-vous la consistance de biscuit ?

1- Très consistante 2- Consistante 3-Légère 4- Peu légère 5- Fortement légère

Echantillon :

A B C D E F G

• Comment jugez-vous la friabilité de biscuit ?

1- Pas friable 2- Peu friable 3- Moyennement friable 4- Fortement friable 5-Très friable

Echantillon :

A B C D E F G

3- Attribuez pour chaque échantillon une note de préférence entre 1 à 9, sachant que le numéro 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et le numéro 9 à celui le plus préféré.

A B C D E F G

4- Quels sont les paramètres qui ont motivé votre préférence ?

(1) la Couleur du gâteau, (2) le goût du gâteau, (3) la texture du gâteau, (4) la consistance du gâteau (5) la friabilité du gâteau, (6) goût de grille, (7) autre (mentionnez)

A B C D E F G

Merci pour votre participation 😊

Annexes



Réactif de Bradford



pH mètre



Spectromètre



Etuve



biscuit enrichie

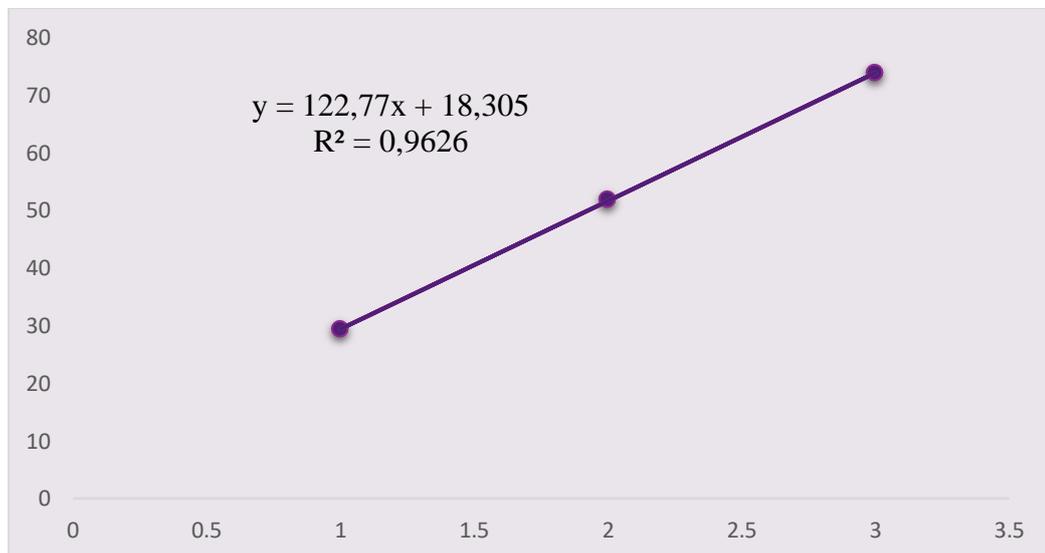


Figure : courbe d'étalonnage de l'activité antioxydant de la poudre grillée.

Annexes

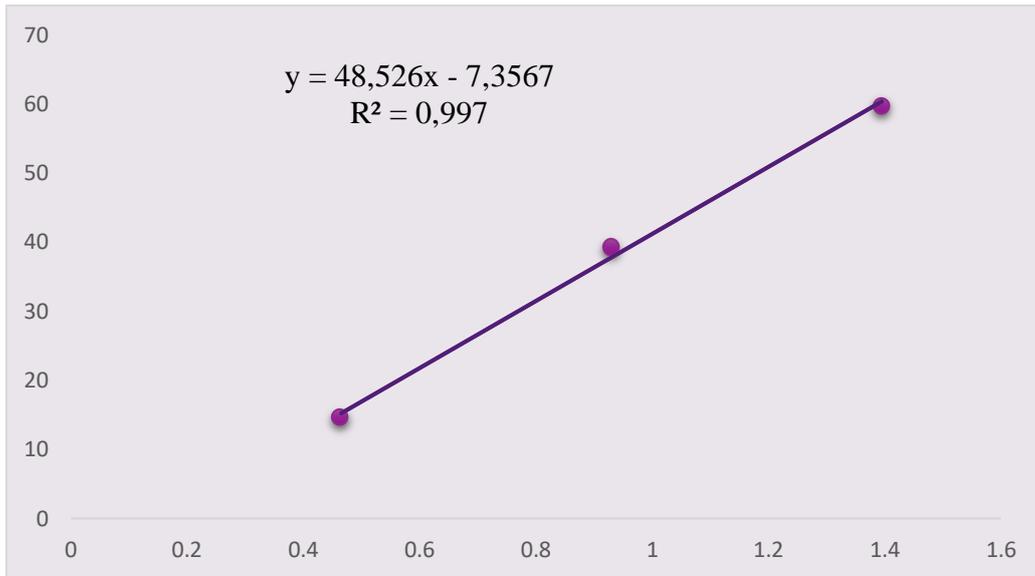


Figure : courbe d'étalonnage de la poudre non grillée.

Résumé

Résumé

Les biscuits sont connus par une grande variété de saveur, les clients ont besoin de plus de biscuits sains sur le marché, dans cette étude, la farine de graines de citrouille à sans gluten à été utilisée comme matériau d'enrichissement pour formuler une sorte de biscuits sains à haute teneur en protéines. L'objectif de ce mémoire était d'étudier les caractéristiques physico-chimiques des graines de citrouille en cherchant l'effet de la torréfaction sur leurs caractéristiques. Pour cela la mesure de pH, de l'acidité titrable, de brix, des cendres a été réalisé pour la poudre de graines de citrouille avant (PNG) et après torréfaction (PG). Cette étude a montré l'absence d'effet significatif de la torréfaction et de son procédé sur les caractéristiques physico-chimiques des graines de citrouille. Cette étude à été également menée dans le but d'optimiser l'extraction des composés phénoliques à partir des poudres de graines torréfiées et brutes, l'effet des trois paramètres indépendantes qui sont la concentration de solvant, puissance de micro-onde, temps d'extraction sur la teneur en polyphénols totaux a été évaluée en utilisant la méthodologie des surfaces de réponse(MSR). Les résultats indiquent que les conditions optimales qui permettent d'obtenir un meilleur rendement sont 29%, 700 W et 3 min pour la PG et 20% ,700 W et 4 min pour la PNG. Une évaluation sensorielle de couleur, d'odeur, de saveur, de flaveur et d'appréciation générale des biscuits enrichis des deux poudres torréfiée et brutes dont les taux d'incorporation sont de 10 %, 20 % et 30% a été réalisée pour déterminer le meilleur produit. Les résultats ont révélé qu'il n'existe pas une grande différence entre les biscuits formulés.

Mots clés : graines de citrouille ; optimisation ; extraction ; composés phénoliques ; micro-ondes ; biscuits.

Abstract

Cookies are known by a wide variety of flavor, customers need more healthy cookies in the market, in this study, gluten-free pumpkin seed flour was used as an enrichment material to formulate a kind of healthy high protein cookies. The objective of this study was to assess the physico-chemical characteristics of pumpkin seeds by seeking the effect of roasting on their characteristics. For this, the measurement of pH, titratable acidity, brix, ash was carried out for pumpkin seed powder before (PNG) and after roasting (PG). This study showed the absence of significant effect of roasting and its process on the physico-chemical characteristics of pumpkin seeds. This study was also conducted with the aim of optimizing the extraction of phenolic compounds from roasted and raw seed powders, the effect of the three independent parameters which are the concentration of solvent, microwave power, drying time. Extraction on total polyphenol content was assessed using response surface methodology (RSM). The results indicate that the optimal conditions which make it possible to obtain a better yield are 29%, 700 W and 3 min for the PG and 20%, 700 W and 4 min for the PNG. A sensory evaluation of color, odor, flavor, flavor and general appreciation of the biscuits enriched with the two roasted and raw powders whose incorporation rates are 10%, 20% and 30% was carried out to determine the best product. The results revealed that there is not a big difference between the formulated cookies.

Keywords: pumpkin seeds; optimization; extraction; phenolic compounds; microwave; cookies.