

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

Effet de l'addition du safran sur la qualité des nouilles à base d'orge

Présenté par :

SADAOUI Saida & CHERIDI Hanane

Déposé le : **22 Septembre 2021**

Devant le jury composé de :

M ^{me} HAMMRI-GUERFI Fatiha	MCA	Président
M ^{lle} TAZRART Karima	MAA	Encadreur
M ^{me} TAFININE Zina	MCA	Examinateur

Année universitaire : 2020 / 2021

REMERCIEMENTS

En premier, nous dédions tous nos remerciements à ALLAH, Qui nous a donné la volonté et le courage pour avoir réalisé ce travail, ainsi qu'aux personnes qui nous ont apportés leur aide. La réalisation de ce travail a été possible grâce à la de plusieurs personnes, c'est l'occasion de les remercier et de leurs avouer nos profondes reconnaissances. Nous tenons à remercier notre promotrice Meme TAZRART.K, Nous remercions Mem GUERFI.F, de nous avoir fait l'honneur de présider notre jury, et Meme TAFININE .Z, d'avoir acceptes de juger notre travail.

Toute notre gratitude à tous nos enseignants qui nous ont formées.

Nous tenons également à remercier infiniment tous ceux qui nous ont Aidées de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Merci à vous tous

Dédicace

Je dédie ce travail :

*A la mémoire de mon cher père que dieux l'accueille de son
vaste paradis.*

A ma chère mère que j'aime beaucoup.

A mes chers frères qui m'ont soutenue durant tout mon cycle.

A mes soeurs Zahia, Djamila et Assia.

A mes mes frères : Adel, Brahim, Hocine et Laarbi.

A ma chère amie Hanane.

Saida

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A mes chers parents, que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, pour leur patience illimitée leur encouragement continu, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect pour leurs grands sacrifices. Merci mon cher papa et ma chère maman au fond du cœur pour vos soutienne, et votre confiance en moi.

A mon cher frère Abderezak

A ma petite et adorable sœur Amel

A la mémoire de mes grands parents et mon cher oncle Abdelazize, paix a leurs âmes

A mes cousines et cousins

A mes tantes et oncles

A tout ma famille grande et petite Cheridi et Aziri je vous aime

A ma promotion et surtout a mon amie saida,

A toute personne qui me connait.

Hanane

Sommaire

Introduction.....	01
--------------------------	-----------

Partie bibliographique

Chapitre I : LES PATES ALIMENTAIRES

I.	Historique et origine	03
II.	Définition des pâtes alimentaires	03
III.	Types et classification des pâtes	03
IV.	Valeur nutritionnelle des pâtes alimentaires	04
V.	Enrichissement des pâtes	05
VI.	Qualité des pâtes alimentaires.....	06

Chapitre II : L'ORGE

I.	Description et classification.....	08
II.	Composition biochimique et valeur nutritionnelle de l'orge	09
III.	Bienfaits de l'orge	11

Chapitre III : LE SAFRAN

I.	Description et classification.....	12
II.	Composition biochimique.....	13
III.	Usages du safran	14

Partie pratique

Matériel et méthodes

I.	Objectif du travail.....	17
II.	Matériel végétal.....	17
III.	Méthodes.....	18
III.1.	Préparation de l'extrait de safran	18
III.2.	Préparation des nouilles	18
III.3.	Détermination de la qualité de cuisson des pâtes.....	20
III.4.	Analyses physico-chimiques de la matière première, des pâtes crues et des pâtes cuites	23
III.5.	Extraction et dosage des substances bioactives	24
III.6.	Evaluation de l'activité antioxydante	25
III.7.	Analyse statistique	27

Résultats et discussion

I.	Caractérisation physico-chimique de l'orge	28
II.	Caractérisation physico-chimique des nouilles crues et cuites	
II.1.	L'humidité.....	28
II.2.	Taux de cendres.....	29
III.	Qualité de cuisson des nouilles produites	30
III.1.	Temps de cuisson optimal.....	31
III.2.	Absorption d'eau	31
III.3.	Pertes à la cuisson.....	32
IV.	Effet de l'addition de safran sur les teneurs en composés bioactifs dans les nouilles crues et cuites.....	33
V.	Activité antioxydante des nouilles crues et cuites.....	35
Conclusion.....		37

Références bibliographiques

Introduction

Partie
bibliographique

Chapitre I

Les pâtes alimentaires

Chapitre II

Orge

Chapitre III

Safran

Partie pratique

Matériel et méthodes

Résultats et discussion

Conclusion

*Références
bibliographiques*

Liste des tableaux

Tableau I : Les critères de classification des pâtes alimentaires.

Tableau II: Composition biochimique de l'orge.

Tableau III : Composition biochimique des deux parties du safran.

Tableau IV : Effets thérapeutiques du safran.

Liste des figures

Figure 1 : Critères de la qualité des pâtes alimentaires.

Figure 2 : Orge commune (*Hordeum vulgare* L).

Figure 3: Aspect générale de crocus sativus.

Figure 4 : Stigmates du safran utilisé.

Figure 5 : Préparation de l'extrait du safran.

Figure 6 : Les étapes de la fabrication des pâtes alimentaires.

Figure 7 : Processus de fabrication des pâtes.

Figure 8 : Cuisson des pâtes.

Figure 9 : Evolution de la couleur des extraits après réaction avec le DPPH.

Liste d`abréviation

AA : Activité antioxydante

Abs : Absorbance

Ans : années

A_w : activité de l'eau

°C : Degré Celsius

DPPH : Diphénylpicrylhydrazyle

E.coli : Escherichia Coli

Etc : et cetera

FAO : Organisation des nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.

g : gramme

H : Humidité

h: Heur

IST : infection sexuellement transmissibles

OMS : Organisation Mondial de Santé

kg : kilogramme

Kcal : kilocalorie

LSD : Acide Lysergique Diéthylamide

m : La masse

mg : milligramme

mm : millimètre

nm : Nanomètre

P : le Poid

PC : Pertes à la cuisson

PI : Pourcentage d'inhibition

Ppm : partie par million

T° : Température

TC :Le taux des cendres

µm : Micromètre

UV-VIS : Ultraviolet Visible

μl : Microlitre

2n : deux paires de chromosomes homologues

INTRODUCTION

Les aliments à base de céréales sont des aliments de base pour les humains depuis des millénaires. Les graines de céréales contiennent les macronutriments (protéines, lipides et glucides) nécessaires à la croissance et à l'entretien de l'homme. Ils fournissent également d'importants minéraux (**Anonyme, 2007**).

Les céréales telles que le blé, le maïs et l'orge fournissent également des vitamines, des oligo-éléments, des fibres alimentaires et des composés bioactifs (**Madhujith et Shahidi, 2007**). L'orge (*Hordeum vulgare*) est une céréale largement consommée. Elle a été l'un des premiers produits agricoles domestiqués avec le blé, le pois et les lentilles, datant d'environ 10 000 ans (**Smith, 1998**).

L'orge est la céréale préférée pour la culture dans de nombreuses régions du monde en raison de sa résistance à la sécheresse et de sa capacité à mûrir dans des climats à courte saison de croissance. . Ces derniers temps, environ les deux tiers de la récolte d'orge ont été utilisés pour l'alimentation animale, un tiers pour le maltage et environ 2 % pour l'alimentation directe (**Svihus et Gullord, 2000**).

Les pâtes sont l'un des aliments de base du régime méditerranéen. elles composent la base de la pyramide alimentaire et une consommation quotidienne est recommandée (**Melini et al., 2020**).

Elles peuvent être facilement préparées, manipulées, cuites et stockées (**Gelencsér et al., 2007**). L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et la Food and Drug Administration (FDA), considèrent les pâtes comme un bon véhicule pour l'ajout de nutriments (**Chillo et al., 2007**).

Afin d'améliorer la valeur nutritionnelle des pâtes, plusieurs études se sont concentrées sur la possibilité d'y ajouter des ingrédients fonctionnels.

Le safran est considéré parmi la grande variété d'ingrédients fonctionnels aux bienfaits potentiels pour la santé. C'est une épice très appréciée à la fois en cuisine et dans l'industrie

INTRODUCTION

alimentaire en raison de ses propriétés colorantes, de son goût amer agréable et de son arôme séduisant (**Serrano-Díaz et al., 2011**).

Crocus sativus L. (communément appelé safran) est une plante herbacée vivace sans tige de la famille des *Iridacées* qui est largement cultivée en Iran et dans d'autres pays comme l'Espagne, l'Inde et la Grèce (**Moshiri et al., 2014**).

Le safran a longtemps été utilisé à la fois comme épice et comme médicament par un certain nombre de cultures. Il a été mentionné que le stigmate du safran était utilisé comme médicament il y a plus de 3 600 ans (**Al-Sanfi, 2016**).

Le safran et ses constituants sont largement évalués pour leurs activités pharmacologiques telles que traitement des troubles de la mémoire, antidépresseurs, anticonvulsivants et surtout pour leur effet antitumoral (**Abdullaev et Espinosa-Aguirre, 2004**).

Ce travail est structuré en deux parties :

- * La première partie consiste en une partie bibliographique qui porte sur des généralités sur les pâtes alimentaires, l'orge et le safran.

- * La deuxième partie est consacrée pour la partie expérimentale de notre travail. Elle décrit le matériel et les différentes méthodes mis en œuvre dans l'étude et les résultats obtenus et leur interprétation.

I. Historique et origine

Généralement, les pâtes sont originaires de Chine et qu'elles sont fabriquées à partir de farine de blé tendre. Marco Polo les a introduites en Europe (Italie) à partir de là en 1292 après avoir voyagé en Extrême-Orient. Cependant, la production de pâtes sèches fabriquées aujourd'hui est relativement nouvelle. Dans les années 1800, l'Italie a d'abord essayé de produire des pâtes extrudées avec une presse à bois mécanique manuelle au lieu de couper des nouilles à partir de la pâte. La production de pâtes n'est devenue une industrie qu'au tournant du siècle, grâce à l'invention des machines à vapeur et des presses hydrauliques, et au développement du séchage artificiel au lieu du séchage naturel (**Cubadda et Carcea, 2003**).

En 1934, le premier système de presse continue (où la semoule et l'eau sont transformées en pâte humide dans un système entièrement automatisé) a été développé au lieu de la méthode de préparation des pâtes par lots et aujourd'hui toutes les presses sont de type continu (**Sissons, 2004**).

II. Définition des pâtes alimentaires

En Algérie et en France, le seul qui puisse être nommé pâtes alimentaires : Produits de cuisson prêts à l'emploi, pétris à partir de semoule, non fermentés, de semoule de blé dur additionnée d'eau potable et soumise à des traitements physiques appropriés, tels que le tréfilage, le laminage et le séchage leurs donnant l'aspect consacré par les usagés (**Vierling, 2003**).

Les pâtes alimentaires sont un produit traditionnel à base de céréales consommés dans le monde entier (**Chillo et al., 2008**), en raison de leur saveur, leur faible coût et leur valeur nutritive (**Simonato et al., 2015**).

III. Types et classification des pâtes

Les pâtes (Tableau I) peuvent être classées en fonction de plusieurs critères

CHAPITRE I : LES PÂTES ALIMENTAIRES

Tableau I : Critères de classification des pâtes alimentaires (Ugrinovits *et al.*, 2004).

Critères	Exemples
<ul style="list-style-type: none">• Teneur en eau	<ul style="list-style-type: none">➤ Pâtes alimentaires sèches (La perte au séchage s'élève à 13g/100g ($aw < 0,65$). La durée de conservation est élevée.➤ Pâtes alimentaire fraîches (la perte au séchage se monte à 13 g/100 g (valeur $aw > 0,65$). La durée de conservation dépend de la méthode de conservation utilisée.
<ul style="list-style-type: none">• Procédés de fabrication et forme	<ul style="list-style-type: none">➤ Pâtes extrudées : on obtient des formes classiques telles que les spaghettis, macaronis, coquillettes...➤ Pâtes laminées : sont des pâtes comme les nouilles larges et fines...
<ul style="list-style-type: none">• Composition des produits de la minoterie et type d'ingrédients ajoutés (enrichissements)	<ul style="list-style-type: none">➤ Pâtes alimentaire de blé tendre, blé dur, de soja, de riz...➤ Pâtes alimentaires aux œufs, aux légumes, pâtes enrichies en légumineuses ...
<ul style="list-style-type: none">• Autres critères	<ul style="list-style-type: none">➤ Pâtes farcies ou pâtes fourrées➤ Pâtes instantanées ou rapides➤ Pâtes spéciales créées à des fins diététiques

IV. Valeur nutritionnelle des pâtes alimentaires

Les pâtes sont d'une bonne qualité nutritionnelle (Feillet *et al.*, 1999). En général, elles sont considérées comme un aliment sain étant relativement pauvres en gras, riches en glucides et ayant une bonne teneur en protéines (Sissons *et al.*, 2004).

Elles composent la base de la pyramide alimentaire et une consommation quotidienne est recommandée. Elles sont une bonne source de glucides et d'énergie. Une portion de 100 g de pâtes (cuites, non enrichies et sans sel ajouté) contient environ 31 g de glucides, 26,01 g d'amidon, 1,8 g de fibres alimentaires totales, 5,8 g de protéines et 0,93 g de lipides et fournit

Environ 158 kcal. En outre, elles fournissent des quantités importantes de glucides mais également de vitamines B (**Giménez et al., 2012**).

Lorsque les pâtes sont cuites al dente, elles ont également un faible indice glycémique, compris entre 32 et 40, selon le type de pâtes. L'indice glycémique des pâtes est bien inférieur à celui du pain. De plus, les pâtes peuvent éventuellement ralentir les taux de digestion et peuvent contribuer à prolonger la satiété (**Melini et al., 2020**).

Selon **Gelencsér et al. (2007)**, les aliments à faible réponse glycémique comme les pâtes peuvent être utilisés dans le traitement de l'obésité, du diabète de type 2 et dans la gestion du poids.

Si les pâtes de blé présentent des propriétés nutritionnelles intéressantes, leurs protéines ou «gluten» restent déficitaires en certains acides aminés indispensables comme la lysine qui constitue le premier facteur limitant du blé, et la thréonine (**Laleg et al., 2018**).

Cependant, il devient évident que les céréales en général ont le potentiel d'améliorer la santé au-delà de la simple fourniture de ces nutriments et que leur consommation peut réduire le risque de troubles importants liés au régime alimentaire (**Garniture, 2007**).

V. L'enrichissement des pâtes

Selon **Armellini et al. (2018)**, les pâtes sont un support utile pour des substances agissant comme activateurs de nutrition ou assurant des fonctions physiologiques spécifiques et ont donc fait l'objet de nombreuses stratégies de fonctionnalisation. De nouvelles formulations de pâtes fonctionnelles ont été proposées et l'innovation dans la fabrication des pâtes a largement été encouragée (**Melini et al., 2020**).

En tant qu'aliment et en raison de ses caractéristiques, les pâtes ont été parmi les premiers aliments à être autorisés pour l'enrichissement par la Food and Drug Administration. (**Tazart et al., 2015**).

L'ajout d'autres ingrédients tels que les œufs, les légumes, les concentrés et isolats de protéines de soja ou végétales, les nutriments individuels, etc. produit des changements remarquables dans la valeur nutritionnelle des pâtes courantes (**Cubadda, 2003**).

En tant qu'ingrédient alimentaire, il est peut-être particulièrement polyvalent, car il peut être combiné avec la plupart des autres aliments de plusieurs manières pour produire une grande variété des plats appétissants et nutritionnellement satisfaisants. Ainsi la combinaison de pâtes aux légumineuses, dont les protéines sont riches en lysine, était connue depuis des siècles (**Antognelli, 1980**).

Mercier et al. (2011), ont observé que l'enrichissement affecte la qualité des pâtes en termes de texture, couleur et qualité de cuisson, mais aussi, l'aspect sensoriel et les propriétés rhéologiques. Par conséquent, le choix du niveau d'enrichissement des pâtes est un compromis entre l'amélioration de leur qualité nutritionnelle et l'obtention d'un produit aux propriétés technologiques acceptables (**Tazart et al., 2015**).

En effet Plusieurs études ont été menées pour améliorer la teneur en protéines des pâtes par l'ajout de matières premières d'origine végétale ou animale. D'autres auteurs ont étudié l'effet de l'ajout de fibres alimentaires, de vitamines et de minéraux sur la qualité des pâtes (**Chillo, 2007**). Cependant, les pâtes alimentaires enrichies aux œufs sont aujourd'hui les seules à occuper une place significative sur le marché mondial (**Brahimi, 2014**).

VI. Qualité des pâtes alimentaires

La qualité des pâtes alimentaires (**Figure 1**) dépend essentiellement des matières premières utilisées ainsi que de l'eau ayant servi au malaxage (**Boudreau et al., 1992 ; Cubadda et Carcea, 2007**). De plus, la qualité dépend également des soins apportés dans la fabrication et notamment, au séchage et à la conservation (**Boudreau et al., 1992**).

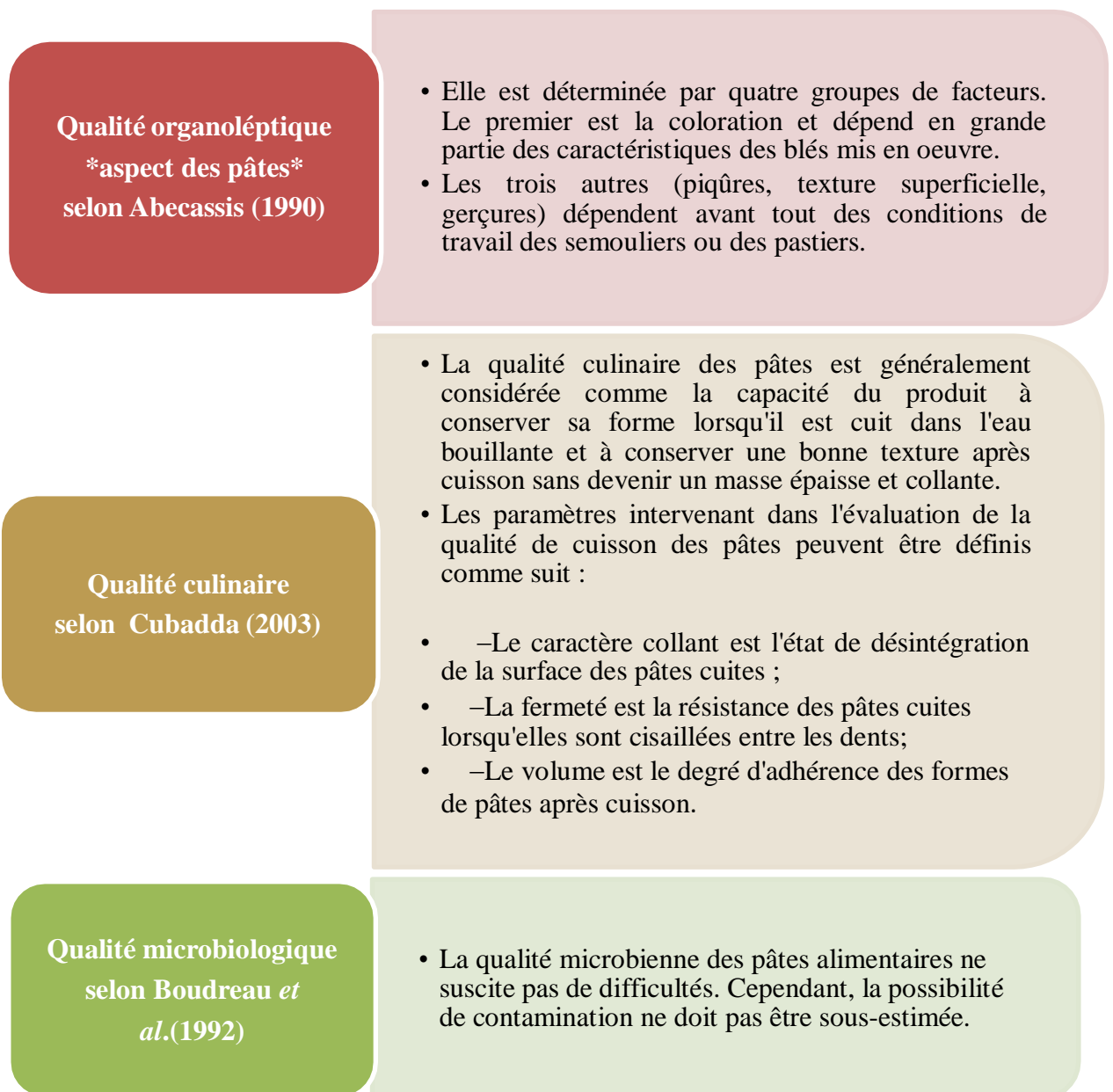


Figure 1 : Critères de la qualité des pâtes alimentaires.

I. Description et classification

L'orge est l'une des céréales les plus importantes du monde à la fin des années 80 et selon la FAO, elle figure au quatrième rang des céréales après le blé, le riz et le maïs (Jestin, 1992). Elle est utilisée pour l'alimentation animale, les malts de brassage et l'alimentation humaine (Aidani, 2015).

L'orge est une plante annuelle, qui appartient à la famille des graminées et au genre *Hordeum* de la tribu des *Triticées*, qui comprend 30 espèces, mais seule vulgare est couramment cultivée (Von brothmer, 1992 ; Blattner, 2018). *Hordeum vulgare* est une espèce diploïde ($2n=14$). Elle a été l'une des premières cultures domestiquées, il y a 10 000 ans dans le croissant fertile du moyen-orient (Bothmer et Jacobsen, 1985).

La plante appartient à la famille des *Poacées* qui se caractérise par la production de fruits contenant des graines appelées caryopses. Le grain est composé anatomiquement de l'enveloppe (coque et son ; tissu autour de l'endosperme qui représente 7–12% de la taille des grains) en plus de l'endosperme et de l'embryon (Sharma et Kotari, 2017).



Figure 2 : Orge commune (*Hordeum vulgare* L.).

L'orge est classée en types de printemps ou d'hiver, à deux ou six rangs, décortiquée ou à grains nus selon la présence ou l'absence de la balle adhérant étroitement au grain, et maltée ou fourragère par type d'utilisation finale (Baik et Ullrich, 2008).

De manière générale, la plante est peu sensible à la sécheresse, les besoins en eau sont de l'ordre de 450 à 500 mm, et sont beaucoup plus importants au début de son développement (Mazoyer et coll, 2002), en particulier celles pouvant pousser dans des conditions moins favorables c'est-à-dire des latitudes élevées, une température sèche ou de fortes fluctuations de température (Farag et al., 2020).

Selon Slafer et al. (2002), ces céréales ont un cycle évolutif qui se divise en trois grandes périodes (période végétative, période reproductrice et période de maturation). Sa classification est basée sur la fertilité des épillets latéraux, la densité de l'épi et la présence ou l'absence des barbes (Rasmusson. 1992). D'après (Feillet., 2000), l'orge cultivée appartient à la classification suivante:

Règne *Plantae*
Division *Magnoliophyta*
Classe *Liliopsida*
S/Classe *Commelinidae*
Ordre *Poale*
Famille *Poaceae*
S/Famille *Hordeoideae*
Tribu *Hordeae (Hordées)*
S/Tribu *Hordeinae*
Genre *Hordeum*
Espèce *Hordeum vulgare* L.

II. Composition biochimique et valeur nutritionnelle de l'orge

Zohary et Hopf (1988) ont rapportés que l'orge a pris le statut 'le pain des pauvres' comparativement à beaucoup d'autres grains alimentaires (le blé, le seigle et l'avoine) et joue un rôle significatif comme source de nourriture. Elle est considérée comme une bonne source de protéines et de minéraux dans les zones moins développées et rurales (Farag et al., 2020).

Cette céréale est riche sur le plan nutritionnel car elle a une concentration élevée en glucides (Tableau II), une concentration modérée en protéines, une teneur élevée en fibres alimentaires, en particulier en β -glucane, et c'est une bonne source de phosphore et de potassium (Baikk et Ullrich, 2008 ; Kumari et Kotecha, 2015).

Tableau II: Composition biochimique de l'orge (Allosio-ournier, 1999).

Constituants biochimiques	Teneur en % de poids sec
Glucides	78-85
- Amidon	63-65
- Saccharose	1-2
-Polysaccharides solubles dans l'eau (goummes)	1-1.5
- Polysaccharides solubles dans les solvants organiques (hémicelluloses)	8-10
- Cellulose	4-5
- Sucre réducteurs	0.1-0.2
- Autres	1
Lipides	2-3
Protéines	8-11.5
-Albumine	0.5
-Globuline	3
-Hordéine	3-4
-Gluténine	3-4
-Acides aminés et peptides	0.5
Acides Nucléique	0.2-0.3
Sels minéraux	2
Autres dont lignine	5.6

L'orge connaît un regain d'intérêt en tant qu'ingrédient pour la production d'aliments fonctionnels en raison de sa teneur élevée en composés bioactifs tels que, tocophérols et tocotriénols et découle principalement de sa teneur élevée en fibres alimentaires (teneur en β -glucane) (Gallegos-Infante *et al.*, 2009).

En général, les formes sans coque contiennent plus de protéines et de β -glucanes solubles que celles contenant une coque. Donc les régimes à base d'orge à grains nus devraient être complétés par plus de lysine que les régimes à base de grains entiers (Boros *et al.*, 1996).

L'inclusion de l'orge dans les produits de boulangerie par mélange avec de la farine de blé doit être envisagée, tout en surveillant les caractères sensoriels pour assurer les mêmes qualités acceptables (Farag *et al.*, 2020). Ainsi, l'orge peut remplacer partiellement ou totalement le blé dans de nombreux produits de boulangerie sans levain, le riz poli cuit et l'avoine et le maïs dans les céréales de petit-déjeuner froides et chaudes. L'orge est

Couramment utilisée dans le pain complet, les pâtes complètes et les produits céréaliers pour le petit-déjeuner (**Baik et Ullich, 2008**).

III. Bienfaits de l'orge

L'orge est l'une des céréales les plus importantes en raison de ses précieux composés bioactifs offrant plusieurs avantages pour la santé (**Farag et al., 2020**). La teneur abondante en composés phénoliques de l'orge révèle qu'elle peut constituer une excellente source alimentaire d'antioxydants naturels avec des potentiels antiradicalaires et antiprolifératifs pour la prévention des maladies et la promotion de la santé (**Madhujith et Shahidi, 2007 ; Zhao et al., 2008**).

L'orge est riche en fibres alimentaires solubles comme les β -glucanes, qui affectent positivement les taux de cholestérol (effet hypocholestérolémiant) et de glucose sériques (effet hypoglycémique) qui peuvent à leur tour, avoir un impact sur la santé cardiovasculaire et le contrôle du diabète, respectivement (**Baïke et Ullich, 2008**).

Selon **McIntosh et al. (1996)**, l'orge a un effet anti-cancérogène, particulièrement dans la réduction de l'incidence du cancer du côlon (**Lahouar et al., 2017**).

L'orge est une source de magnésium ; un minéral qui agit comme cofacteur pour plus de 300 enzymes, y compris des enzymes impliquées dans la sécrétion d'insuline et de glucose (**Jood et Kalra, 2001**). Cette céréale est également fortifiante, régénératrice, bénéfique pour le système respiratoire et anti-diarrhéique. En tisane, elle est utilisée pour soulager la toux (**Anonyme, 2009**).

Lahouar et al. (2012) ont montré que l'orge peut avoir des effets bénéfiques à long terme sur la composition du microbiote colique. Le régime à base d'orge augmente la biodiversité des bifidobactéries en inhibant la croissance de bactéries pathogènes telles que *E. coli*. Par conséquent, cette plante pourrait être considérée comme un aliment prébiotique.

I. Description et classification

Le safran est une plante médicinale, qui a une valeur commerciale importante dans le monde ; il est appelé l'or rouge ou le roi des épices (**Cardon et al., 2020**). L'appellation "OR rouge" est hautement justifiée puisque, vendue entre 30 et 40 euros le gramme, la précieuse épice suit le coût de l'or, étant la plus chère au monde. Le coût élevé de cette épice est dû en grande partie aux procédures de récolte exceptionnellement laborieuses et méticuleuses (reffer chez saida..).

Le safran encore appelé safran d'automne, safran médicinal, safran cultivé, safran officinal ou safran du Gâtinais répond au nom latin de *Crocus sativus* L (**Crozet et al., 2012**). C'est une plante herbacée vivace qui fait partie de la famille des *Iridaceae* (**Modaghegh et al., 2008**).

Cette épice est tirée de la fleur de *Crocus sativus* (**Figure 4**) par déshydratation de ses trois stigmates rouges (**Bouden et Kadri, 2019**). Le poids frais moyen de chaque fleur varie de 300 à 500 mg avec des stigmates frais de 25 à 47 mg et stigmates secs de 6 à 9 mg. Si bien que 110 000- 160 000 fleurs sont nécessaires pour obtenir 1 kg d'épice (**Cardone et al., 2019**).

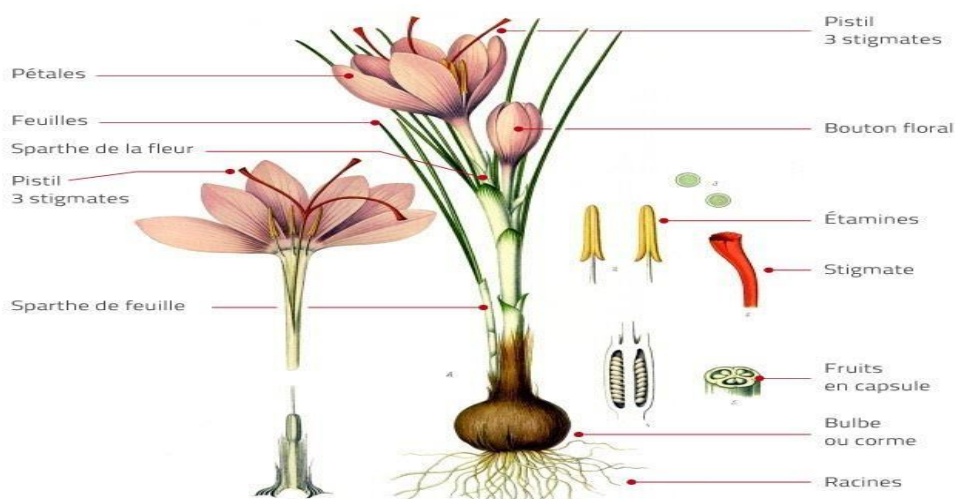


Figure 4 : Aspect général de *Crocus sativus*.

Le Safran, provenant du mot arabe "Zafaran" signifiant jaune, a un site d'origine incertain (**Cardon et al., 2020**). Cette plante médicinale se multiplie par voie végétative par **corme** et sa reproduction ne peut se faire sans la main de l'homme (**Lilia et al., 2017**). Ainsi, 'sativus' signifie « cultivé » (**Dupont, 2001**). Quant au terme *Crocus*, il est dérivé du mot grec *corycus* qui signifie fil, filament et désignait à l'origine les stigmates de la plante (**Basker et**

Negbi, 1983). Utilisé depuis l'antiquité et jusqu'à l'heure actuelle en cuisine, en médecine traditionnelle, en textile et en cosmétiques (**Abdulaev, 2006; Gresta et al., 2008**).

Crocus sativus est largement cultivée dans les pays du pourtour méditerranéen et dans certaines parties de l'Asie, notamment en Iran, en Inde, en Italie, en Espagne (**Ashkatorab et al., 2019**). Il a été identifié comme une épice aux traits bénéfiques (**Ehsan et al., 2010**) en raison de son goût amer caractéristique, de son arôme piquant de foin et de sa couleur jaune-orange lumineuse (**Lopresti et Drummond, 2014**).

La classification taxonomique de cette plante est donnée par **Winterhalter et Straubinger (2000)** comme suit :

Division : *Spermatophyte*

Sous-division : *Angiosperme*

Classe : *Monocotylédone*

Sous-classe : *Liliidae*

Ordre : *Liliales*

Famille : *Iridaceae*

Genre : *Crocus*

Espèce : *Crocus sativus*

II. Composition biochimique

Le safran contient plus de 150 composés différents, desquels au moins 50 ont été identifiés (**Al-snafi, 2016**). Les analyses chimiques d'extraits de safran par **Fernandez (2016)**, ont révélé que les principaux constituants de la plante (**Tableau III**) sont les caroténoïdes, les glycosides, les monoterpènes, les aldéhydes, de la picrocrocine et des anthocyanines, des flavonoïdes, des vitamines (riboflavine et la thiamine), des acides aminés, des protéines, de l'amidon, des matières minérales et les **gencives (Ehsan et al., 2010)**.

Les stigmates du safran contiennent quatre principaux composés bioactifs : les crocines (famille de six esters polyéniques monoglycosyliques ou diglycosyliques), la crocétine (un caroténoïde naturel acide dicarboxylique précurseur de la crocine), la picrocrocine (précurseur du glycoside monoterpénique de la crocine) et le safranal (produit de

CHAPITRE III : LE SAFRAN

Dégradation de la zéaxanthine). La crocine et la crocétine sont responsable de la couleur, la pricrocrocine intervient dans le goût et le safranal donne l'arôme ; bien que collectivement, ces composés soient responsables des propriétés bénéfiques pour la santé associées au safran (Melnyk *et al.*, 2010 ; Moghaddasi, 2010).

Tableau III : Composition biochimique des deux parties du safran.

	Éléments	Teneurs (unité)	Références
Stigmates du safran	Eau	14-16 %	(Cardon <i>et al.</i>, 2020)
	Sucres	12-15%	
	Matières azotées	11-13%	
	Extraits solubles	41-44%	
	Huile essentielle	0,6-0,9%	
	Fibres	4-5%	
	Cendres	4-6%	
	Composés phénoliques	6,54 mg/g	
	Flavonoïdes	5,88 mg/g	
Pétales du safran	Protéines	10,20%	(Al-Snafi, 2016)
	Matières grasses	5,3%	
	Cendres	7%	
	Fibres	8,8%	
	Sels minéraux		
	Sodium	25,75	
	Potassium	mg/100g	
	Calcium	542,13	
	Cuivre	mg/100g	
	Fer	486,25	
	Magnésium	mg/100g	
	Zinc	0,87 mg/100g	
	Phosphore	17,99	
	mg/100g		
	2,93 mg/100g		
	1,8 mg/100g		
	209,9		
	mg/100g		

III. Usages du safran

- **Usage thérapeutique**

Le safran n'est pas seulement une épice, mais aussi une plante médicinale (Tableau IV) très populaire utilisée en médecine traditionnelle (Wintherhalter et Straubinger, 2000). Depuis plus de 3000 ans, il est considéré comme une **panacée** selon les médecines

CHAPITRE III : LE SAFRAN

ayurvédique, mongole, chinoise, égyptienne, grecque et arabe en raison de ses effets thérapeutique (Mzabri *et al.*, 2019).

Tableau IV : Effets thérapeutiques du safran.

Effets thérapeutiques	Etude
Effet cardiovasculaire	L'effet du safran a été étudié contre les dommages aigus du myocarde. Il a été prouvé qu'il est bénéfique dans l'amélioration du Doxo-dysfonction cardiaque induite et dommages dans le cœur du lapin lorsqu'il est utilisé dans la plage de doses thérapeutiques (Chahine <i>et al.</i> , 2013).
Effet antidiabétique	Yaribeygi <i>et al.</i> (2019) a signalé que Le safran à de puissants effets hypoglycémians. Ce neutraceutique peut aider maintien du contrôle glycémique en améliorant l'IST, favorisant ainsi sensibilité à l'insuline grâce à ses composants (la crocétine).
Effet sur les maladies digestives	Plusieurs études ont montré l'efficacité des composants de safran dans diverse troubles inflammatoires digestifs, comme ulcère de l'estomac (Kianbakht, S.; Mozaffari, K., 2008).
Effet antioxydant	Il a été montré que les solutions d'extrait de méthanol de safran présentaient une activité antioxydante élevée, supérieure à 2000 ppm (Assimopoulou <i>et al.</i> , 2005).
Effet sur l'appareil respiratoire	Une étude approuvé que le safran a un effet antihistaminique et un effet antiasthmatique (Boskabady <i>et al.</i> , 2012).
Effet cognitifs	
- Sur la maladie d'Alzheimer	Selon Akhondzadeh <i>et al.</i> (2010), le safran s'est révélé être efficace pour le traitement de l'Alzheimer.
- Sur la maladie de Parkinson	D'après Ahmad <i>et al.</i> (2005), la crocétine peut offrir une neuroprotection en inhibant la cascade d'événements qui conduit à la neurodégénérescence
Effet anti déresseur et anxiolytique	Plusieurs études ont prouvé que le safran possède un effet antidéresseur (Lopresti <i>et al.</i> , 2014, 2017).

CHAPITRE III : LE SAFRAN

Effet anti-cancérigène	La crocine inhibe de manière significative la croissance des cellules cancéreuses colorectales sans affecter les cellules normales (Aung et al., 2007).
Effet anticonvulsivant	Il a été indiqué que le safran a une activité anticonvulsivante. Le safranal (0,15 et 0,35 mg/kg de poids corporel) a réduit la durée des crises, retardé l'apparition de convulsions toniques et protégé les souris de la mort (Hosseinzadeh et al., 2005).
Effet anti inflammatoire et analgésique	Les extraits aqueux et éthanoliques de stigmate et de pétales de safran ont un effet antinociceptif (analgésique), ainsi qu'une activité anti-inflammatoire aiguë et/ou chronique (Hosseinzadeh et Younesi, 2002).

- **Usage cosmétique**

Le safran a été traditionnellement utilisé par les perses pour ajouter de la brillance à la peau, l'éclaircir, réduire les pigments foncés et combattre les cernes sous les yeux et l'acné (**Abdullaev, 2007**).

Grâce à son pouvoir antioxydant le safran a été utilisé à des fins cosmétiques comme un produit anti-âge (**Bathaie et al., 2014**). Il a aussi des propriétés antisolaires et hydratantes, qui contribuent à la prévention du cancer de la peau (**Golmohammadzadeh et al., 2010**).

- **Usage culinaire**

Le safran est majoritairement utilisé en tant qu'épice et colorant alimentaire. Il peut être vendu en pistils ou en poudre (soit pur ou mélangé à d'autres épices dans des "mélanges safranés"). Les principales zones de consommation sont les pays méditerranéens, le proche Orient et l'Asie du Sud-est.

Le safran entre dans la composition de nombreuses spécialités culinaires : la paella en Espagne, le poulet au safran au Maroc, le risotto à la milanaise, la bouillabaisse en France ou encore dans les pâtisseries en Angleterre (**Teusher et al., 2005 ; Dubois, 2010**).

I. Objectif du travail

L'objectif de ce travail s'articule autour de l'incorporation du safran dans des pâtes alimentaires de type "nouilles" afin d'améliorer leur qualité nutraceutique et organoleptique. Deux concentrations (0,03% et 0,06%) sont étudiées. La détermination de l'impact de ces concentrations sur la qualité nutritionnelle, qualité culinaire et sur l'activité antioxydant des pâtes enrichies est faite par comparaison à un té moin.

II. Matériel végétal

- **L'orge :** C'est l'ingrédient de base ayant été choisi pour produire les pâtes. Elle a été directement achetée du commerce sous forme de sacs de 50 kg, et conservée à température ambiante dans un endroit sec. L'ensemble des essais relatifs aux pâtes ont été réalisés avec le même lot d'orge.
- **L'eau :** L'eau utilisée pour la fabrication des pâtes alimentaires est une eau minérale de marque Sidi Rached de pH=7,39.
- **Le safran (Figure 5) :** Il nous a été fourni par la ferme de recherche de la commune d'Iben Badis ; distante de 40 Km du chef-lieu de la wilaya de Constantine, dans le cadre du projet de recherche "Prima". Reçu par le laboratoire de Biochimie appliquée en 2018, dans un flacon en verre recouvert d'acier et hermétiquement fermé d'une contenance de 500g. Il a été conservé dans un congélateur jusqu'à utilisation.



Figure 5 : Photographie de stigmates du safran utilisé

III. Méthodes

III.1. Préparation de l'extrait de safran

Une solution mère d'une concentration de 0,09% de safran a été préparée par dissolution de 3,9 g de stigmates du safran broyés dans 1L d'eau minérale. Le mélange a été agité sur une plaque agitatrice (**Figure 7**), puis, recouverts de papier aluminium et conservé au réfrigérateur jusqu'à utilisation. Des dilutions ont été préparées à partir de cette solution, qui a servi à remplacer l'eau minérale dans la production des pâtes enrichies en safran. Les concentrations finales dans le produit fini enrichi sont de 0,03 et 0,06% de safran.

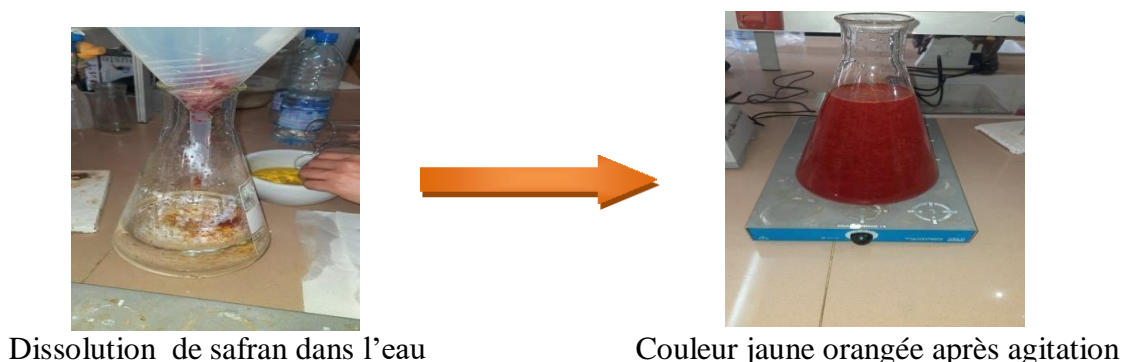


Figure 6 : Photographie de préparation de l'extrait de safran

III.2. Préparation des nouilles

Les pâtes produites sont de type "nouilles". La fabrication de celles-ci a été réalisée au sein de l'industrie des pâtes alimentaire "Royale" qui se situe à la cité douanière (Bejaia). 3 types de pâtes ont été produits. Un témoin constitué de semoule d'orge à 100% et des nouilles à base d'orge, contenant du safran à des concentrations de 0,03 et 0,06%.

Une presse comportant un système de mélange -pétrissage suivi d'une mono-vis de compression qui permet de donner la forme voulue à travers un moule, puis de couper les pâtes à la bonne longueur (**Figure 8**).

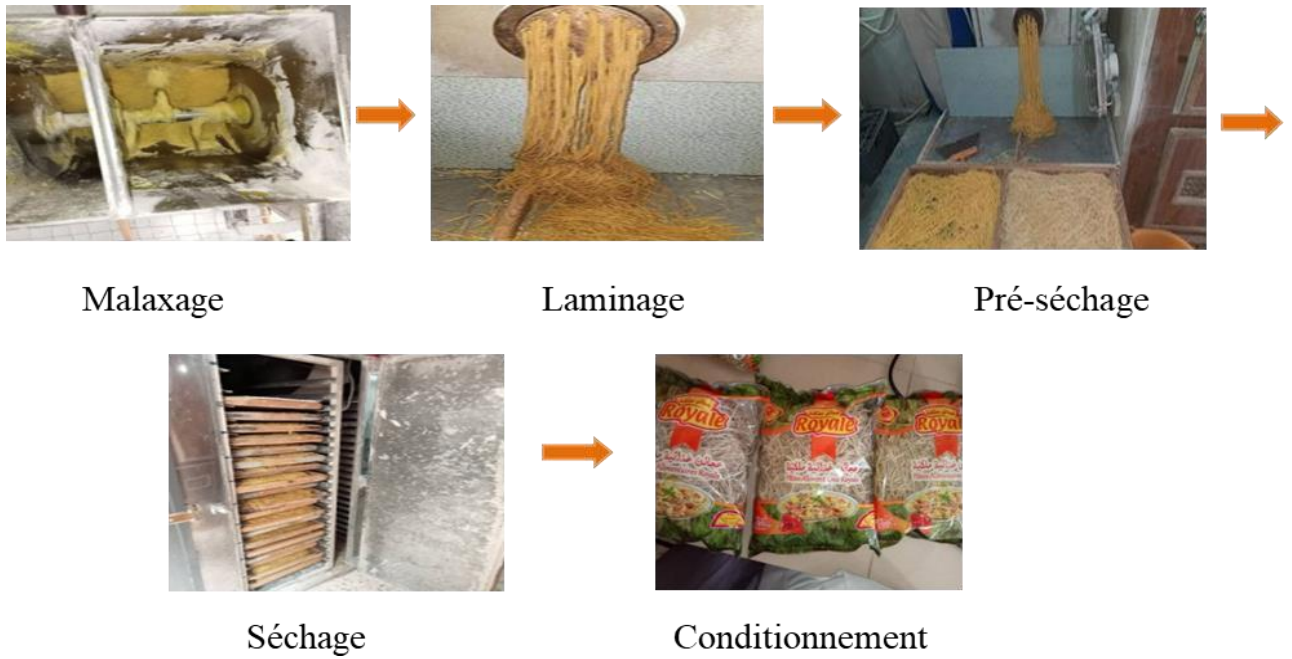


Figure 7 : Photographie des étapes de la fabrication des pâtes alimentaire.

Les pâtes humides sont pré-séchées par un système de ventilation afin d'éviter le collage et déformation et permet de (crouter) la surface du produit. Les nouilles sont ensuite transportées et séchées au sein d'une chambre de séchage à très haute température (80°C) pendant 12h.

Cette technologie de séchage présente plusieurs avantages parmi lesquels la réduction du temps de séchage et une meilleure qualité de produit final. Après séchage les pâtes sont refroidies avant d'être directement emballées et stockées. La pastification comprend un certain nombre d'opérations successives, expliquées dans la figure suivante :

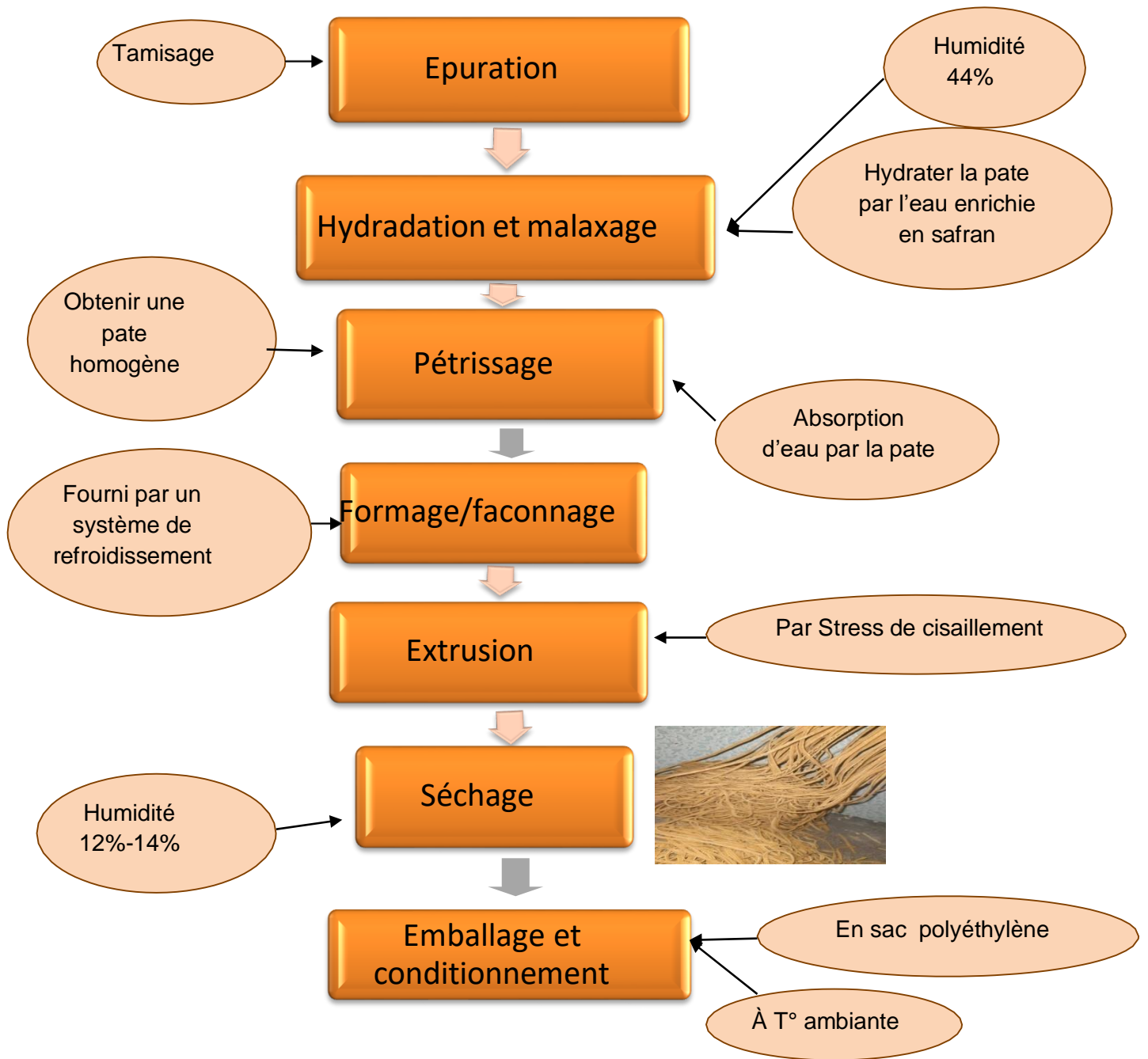


Figure 8 : Processus de fabrication des pâtes

III.3. Détermination de la qualité de cuisson des pâtes

III.3.1. Cuisson des pâtes

La cuisson des nouilles a été réalisée selon le protocole décrit par **Guo et al. (2020)**. 10g de pâtes (W_2) sont introduites dans un bécher contenant 500 ml d'eau distillée bouillante. La cuisson s'effectue sur une plaque chauffante réglée à 100°C.

III.3.2. Détermination du temps de cuisson optimal

➤ Principe

Selon **Frank *et al.* (2002)** et **Abecassis, (2011)**, les temps minimal, optimal et maximal de cuisson correspondent respectivement à la durée à partir de laquelle l'amidon est gélatinisé, au temps nécessaire pour donner à la pâte la texture recherchée et au temps au-delà duquel les produits se désintègrent (état de délitescence des pâtes, c'est à dire l'état de désagrégation superficielle de la pâte cuite dans) respectivement.

➤ Mode opératoire

Au cours de la cuisson des pâtes, décrite précédemment, des échantillons de nouilles sont retirés toutes les 15 secondes et le temps correspondant à la disparition du cœur blanc a été retenu, par écrasement des nouilles entre deux plaques en plastique transparent (**Figure 10**). A la fin de la cuisson, les pâtes cuites sont égouttées, puis, transférées sur du papier aluminium (**Guo *et al.*, 2020**).

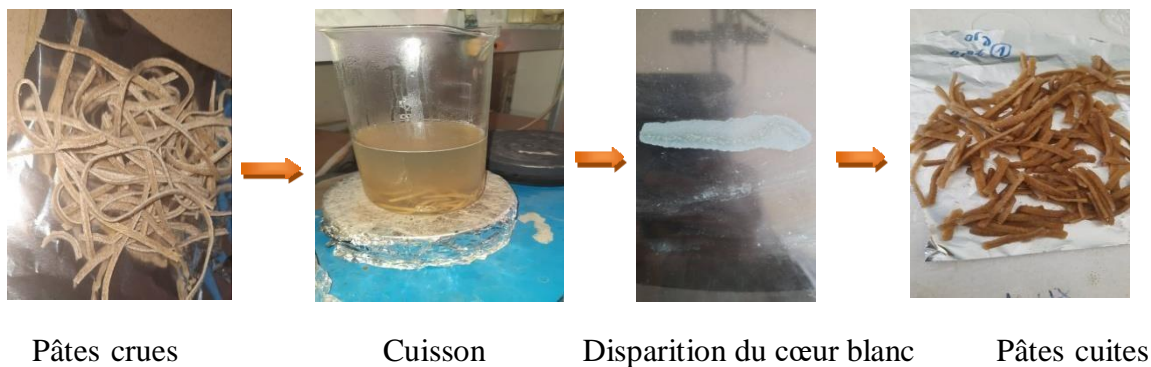


Figure 9: Photographie de la cuisson des pâtes

III.3.3. Détermination de l'absorption d'eau

➤ Principe

L'indice de gonflement renseigne sur la capacité d'absorption d'eau des pâtes. La procédure de préparation des échantillons pour la détermination de l'indice de gonflement est la même que celle décrite dans la section de détermination du temps optimum de cuisson.

➤ Mode opératoire

Après égouttage des nouilles cuites au temps de cuisson optimal, celles-ci sont directement pesées (W_1).

➤ **Expression des résultats**

L'absorption d'eau est déterminée selon l'équation suivante :

$$AA (\%) = \frac{w_2 - w_1}{w_1} * 100$$

W₂ : Poids des pâtes non cuites (g)

W₁ : Poids des pâtes cuites (g)

III.3.4. Détermination des pertes à la cuisson

Elles sont déterminées par la quantité de matières organiques entrainées dans l'eau de cuisson après son évaporation.

➤ **Mode opératoire**

Après cuisson des pâtes, l'eau de cuisson a été versée dans une fiole et ajustée à un volume de 500 ml avec l'eau distillée. Après homogénéisation, 100 ml de cette eau sont introduites dans un bécher qui a été préalablement séché à poids constant dans une étuve réglée à 105 °C. L'eau de cuisson est évaporée et le résidu est séché jusqu'à poids constant à cette même température (**Guo et al., 2020**).

➤ **Expression des résultats**

Les pertes à la cuisson sont exprimées selon la formule suivante :

$$PC (\%) = \frac{w_3}{w_1(1-w)} * 100$$

W₃ : Poids du résidu sec de l'eau de cuisson (g)

W₁ : Poids des pâtes non cuites (g)

W : Humidité des pâtes non cuites

III.4. Analyses physico-chimiques de la matière première, des pâtes crues et des pâtes cuites

III.4.1. Préparation des échantillons

- La farine d'orge a été tamisée pour obtenir une taille de particules $\leq 500 \mu\text{m}$ et la poudre obtenue a été conservée au réfrigérateur dans un tube en polyéthylène recouvert de papier aluminium jusqu'à utilisation.
- Les pâtes témoin à base d'orge et les pâtes contenant 0,03 et 0,06% de safran obtenues sont moulues avec un moulin de marque Moulinex (France). Les poudres obtenues sont tamisées avec un tamis dont la taille des particules est de $500 \mu\text{m}$, puis, conservées dans des tubes en polyéthylène recouverts de papiers aluminium à 4°C .
- Les pâtes cuites à leur temps de cuisson optimal sont déposés dans des récipients en aluminium au-dessus d'une étuve ventilée réglée à 105°C pendant 24h environ, jusqu'à évaporation de l'eau. Une fois sèches, elles sont moulues et tamisées, puis, conservées dans les mêmes conditions que les pâtes crues.

III.4.2. Détermination de la teneur en eau

La teneur en matière sèche de l'orge, des nouilles crues et des nouilles cuites a été déterminée par évaporation de l'eau contenue dans l'échantillon en utilisant une étuve réglée à 105°C pendant 24h. La masse résiduelle (P_2) a été mesurée en triple à des intervalles de temps réguliers jusqu'à ce que la masse obtenue reste constante Après dessiccation (AOAC, 1998).

➤ Mode opératoire

- Sécher les coupelles vides à $98 - 100^\circ\text{C}$, les laisser refroidir dans un dessiccateur, puis les peser juste après avoir atteint la température ambiante
- Peser 2g de chaque échantillon dans les coupelles précédemment pesées
- Sécher à $98 - 100^\circ\text{C}$ pendant 5h jusqu'à poids constant
- Transférer les coupelles contenant les échantillons dans un dessiccateur et les peser.

➤ Expression des résultats

La teneur en eau est exprimée en pourcentage de masse du produit comme suit:

$$H\% = (m_1 - m_2 / m_1) * 100$$

m₁: Masse en gramme de la capsule, du couvercle et la prise d'essai avant séchage.

m₂: Masse en gramme de la capsule, du couvercle et la prise d'essai après séchage.

III.4.3. Détermination de la teneur en cendres

➤ Principe

Le taux de cendres (TC) est la matière minérale présente dans le produit, obtenu après incinération dans une atmosphère oxydante à 600C° pendant 4h dans un four à moufle, jusqu'à combustion complète de la matière organique et pesage du résidu obtenu (AOAC, 1995).

➤ Mode opératoire

- Placer les creusets vides dans un four à moufle à 600C° pendant 2h
- Transférer les creusets dans un dessiccateur et les peser juste après avoir atteint la température ambiante
- Peser 2g de chaque échantillon dans les creusets précédemment pesés.
- Sécher les creusets contenant les échantillons à 600C° pendant 2h et les peser après refroidissement dans le dessiccateur.

➤ Expression des résultats

Le taux des cendres totales est exprimé en pourcentage par rapport à la matière sèche, est calculé selon la formule suivante :

$$TC \% = (P_2 - P_1 / P_0) * 100$$

P₀ : Poids de l'échantillon (g)

P₁ : Poids du creuset vide (g)

P₂ : Poids des creusets après incinération (g).

III.5. Extraction et dosage des substances bioactives

➤ Principe

L'extraction par solvants est habituellement employée pour récupérer un composant d'un solide ou d'un liquide.

L'échantillon entre en contact avec le solvant qui dissout les corps susceptibles d'être dissous.

L'extraction des composés phénoliques est effectuée selon **ISO 3632 (2003)** à partir de la poudre d'orge, des nouilles crues et des nouilles cuites, en utilisant l'éthanol 70% comme solvant. L'extraction est réalisée en double pour chaque échantillon et la lecture des absorbances s'est faite au spectrophotomètre UV-Vis aux longueurs d'onde maximales (λ_{\max}) suivantes : 257, 325 et 438 nm.

➤ Mode opératoire

- Peser 0.5 g d'échantillon dans un bécher
- Ajouter 25 ml d'éthanol 70%
- Agiter le mélange sur une plaque agitatrice pendant 20 minutes à l'obscurité
- Centrifuger l'extrait obtenu à 5000rpm/5min et récupérer le filtrat
- Transférer le filtrat dans un flacon opaque
- Lire les absorbances du filtrat aux différentes longueurs d'onde.

➤ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés par l'intensité d'absorbance $E_{\lambda_{\max}}^{1\%}$ suivant la formule :

$$E_{\lambda_{\max}}^{1\%} = \frac{A_{\lambda_{\max}} * 50}{m(100 - H)}$$

A : Absorbance à λ_{\max}

m : Masse de la prise d'essai (g)

H : Fraction massique de l'humidité de teneur en matières volatiles, qui est de 8 %.

50 Facteur de dilution.

III.6. Evaluation de l'activité antioxydante

Cette évaluation a été réalisée, sur le filtrat issu de l'extraction obtenue précédemment (dans la partie dosage des substances bioactives). La méthode rapide et directe utilisée est celle du test de piégeage des radicaux libres DPPH'

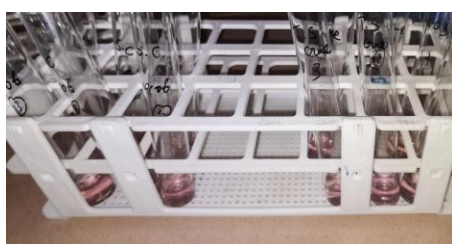
➤ Principe

A température ambiante, le radical DPPH[•] présente en solution alcoolique, une intense coloration violette qui disparaît au contact d'une substance donneuse de protons. Cette décoloration met en évidence le pouvoir antioxydant d'un échantillon par sa capacité à piéger le radical libre et se traduit par une diminution de l'absorbance à 515 nm (Masuda *et al.*, 1999).

Le DPPH, un radical libre de couleur violette, est réduit en un composé de couleur jaune (Figure 11) en présence de composés anti-radicalaires, la réduction du radical libre DPPH[•] (2,2'-diphényle-1-picryl hydrazyl) par un antioxydant peut être suivie par spectrométrie UV - Visible, en mesurant la diminution de l'absorbance à 515 nm provoquée par les antioxydants (Molyneux, 2004).

➤ Mode opératoire

- Prélever 600 µl d'extrait éthanolique dans un tube à essai
- Ajouter 1ml de la solution méthanolique de DPPH
- Agiter le mélange réactionnel avec un vortex et le laisser à l'obscurité pendant 30 min à température ambiante
- Mesurer les absorbances à 515 nm avec un spectrophotomètre UV -Vis.



Extrait+DPPH avant la réaction



Extrait+DPPH après la réaction

Figure 10: Photographie d'évolution de la couleur des extraits après réaction avec le DPPH

➤ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en pourcentages d'inhibition du radical DPPH' (PI) selon la formule suivante:

$$PI = ((Abs\ contrôle - Abs\ extrait) / Abs\ contrôle) \times 100$$

PI : Pourcentage d'inhibition du radical DPPH

Abs contrôle : Absorbance du contrôle, mélange réactionnel contenant le solvant à la place de l'extrait

Abs extrait : Absorbance du mélange réactionnel en présence de l'extrait.

III.7. Analyse statistique

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'une analyse de la variance, suivie d'une comparaison multiple des moyennes (Test LSD) au moyen du logiciel Statistica (version 7.1). Les différences sont significatives à $p < 0,05$. Pour la composition chimique des nouilles crues et cuites, le facteur cuisson est introduit ; les résultats sont traités par une analyse de la variance à deux facteurs, suivie d'une comparaison multiple des moyennes.

I. Caractérisation physico-chimique de l'orge

La teneur en eau des céréales et de leurs produits dérivés est un paramètre crucial, dans le but de fixer les conditions de stockage et la commercialisation. En effet, une teneur en eau d'orge supérieure à 12 % favorise le développement des microorganismes. Dans notre étude, l'humidité est de 11,42 % et pourrait permettre ainsi une bonne tenue lors du stockage.

Tableau V: Composition biochimique de la farine d'orge

Paramètres physico-chimiques de l'orge	Humidité %	cendres %	composés bioactifs antioxydant	activité
Valeurs	11,42	1,43	356,62	24,36

D'autre part, il faut savoir que la valeur de l'humidité des grains de céréales peut varier selon la législation de chaque pays. Aussi les critères de qualité exigés varient selon l'opérateur et le type de céréales (Belli *et al.*, 2004). Le taux de cendre est la quantité totale en sels minéraux et la pureté présentés dans les céréales. La valeur trouvée dans cette étude est de 1,43%.

L'orge présente une activité antioxydante et un taux des composés bioactifs assez important. En effet, on observe la richesse de l'orge en composés bioactifs, offrant plusieurs avantages pour la santé (Farag *et al.*, 2020).

II. Caractérisation physico-chimique des nouilles crues et cuites

II.1. L'humidité

Nos résultats d'analyse ont révélé que les nouilles contenant 0,03% de safran présentent une humidité plus élevée ($8,61 \pm 0,52$) que celles des pâtes témoin ($8,59 \pm 0,71$) et des pâtes contenant du safran à 0,06% ($9,55 \pm 0,24$).

Pour les pâtes cuites, nous notons que les nouilles témoin et les nouilles contenant 0,03% de safran n'ont pas de différence significative ($P < 0,05$) entre elles en terme d'humidité

RESULTATS ET DISCUSSION

($5,85\pm 0,08$ et $6,14\pm 0,13$ respectivement). Les nouilles cuites contenant 0,06% de safran ont montré l'humidité la plus élevée ($9,55\pm 0,24$).

*Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0,05$).

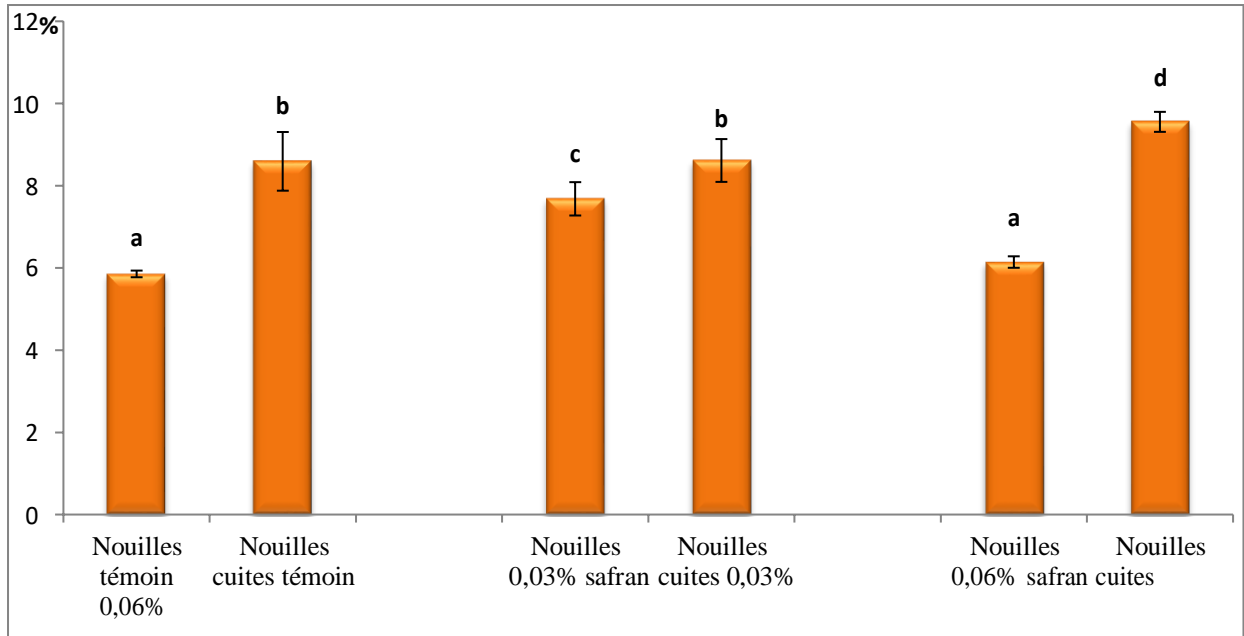
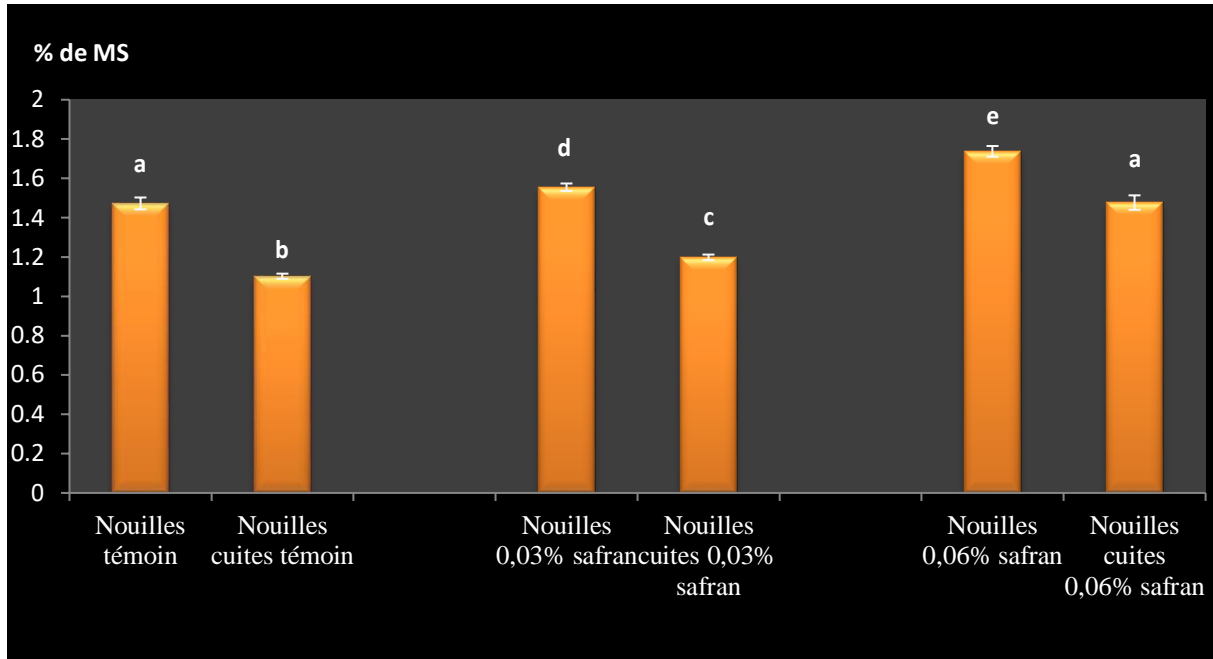


Figure 11: Humidité des nouilles produites.

Nous observons pour les 3 échantillons étudiés, que les pâtes cuites sont plus humides que les pâtes crues et cela peut être dû à la différence du temps de séchage entre eux. Donc les résultats d'humidité que nous avons obtenus sont conformes aux normes, ils varient entre 6% et 10% ; cela affirme que nos pâtes ont bien séchés car les teneurs en eau des pâtes alimentaires sèches doivent être inférieures à 12,5% à la fin du séchage, humidité au-dessous de laquelle elles peuvent être conservées sans risque d'altération par les microorganismes et moisissures (**Kent et Evers, 1994**).

II.2. Le taux de cendres

Nos données révèlent que le taux de cendres augmente avec l'augmentation du taux de safran ajouté dans les pâtes crues. Ainsi le contenu le plus élevé est retrouvé dans les nouilles à 0,06% de safran ($1,73\pm 0,026\%$), suivi par les nouilles à 0,03% de safran ($1,55\pm 0,018\%$) et les nouilles témoin ($1,47\pm 0,029\%$).



*Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0,05$).

Figure 12: Effet de la cuisson sur le taux de cendres des nouilles produites.

Pour les pâtes cuites, le même phénomène a été observé ($1,47 \pm 0,036\%$; $1,19 \pm 0,014\%$ et $1,10 \pm 0,013\%$ pour les nouilles cuites à 0,06% de safran, à 0,03% et les nouilles témoin respectivement).

Nous observons que le taux de cendres diminue significativement ($P < 0,05$) dans les pâtes cuites par rapport aux pâtes crues et ce quel que soit l'échantillon.

Cette diminution est probablement due à la perte en minéraux contenant dans l'orge ainsi le safran pendant la cuisson des pâtes.

III. Qualité de cuisson des nouilles produites

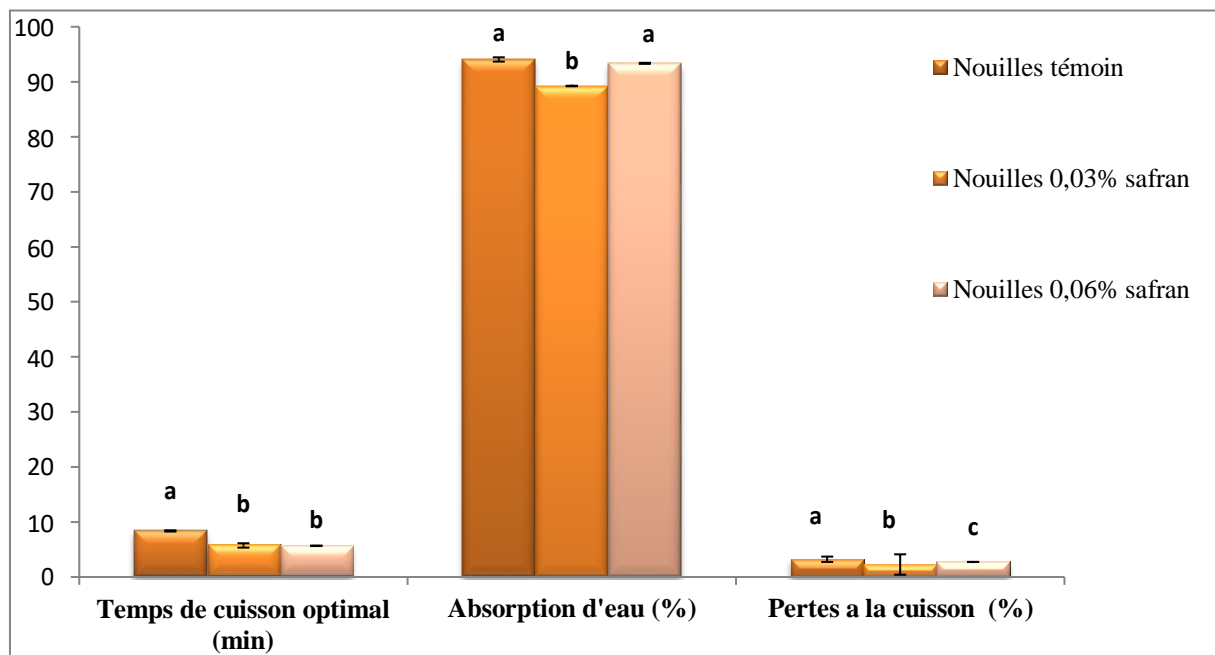
Les performances de cuisson sont un facteur important dans le jugement du consommateur sur la qualité des pâtes. Pendant la cuisson, les pâtes doivent conserver leur forme sans se désintégrer et augmenter de volume, tout en libérant un minimum de matière dans l'eau de cuisson (Cole, 1991).

III.1. Temps de cuisson optimal

Le temps de cuisson optimal est le temps nécessaire pour donner à la pâte les qualités organoleptiques et nutritionnelles recherchées.

Nos données révèlent que le temps de cuisson optimal le plus long est enregistré par les nouilles témoin ($8,37 \pm 0,10$ min). Les nouilles à 0,03% et 0,06% de safran ont des temps de cuisson significativement plus courts et similaires entre eux ($5,72 \pm 0,38$ min ; $5,65 \pm 0,94$ min respectivement).

Armellini et al. (2019), ont rapporté que, plus la concentration en poudre de safran est élevée, plus le temps de cuisson est court, et plus la quantité de crocines libérée dans les fluides de digestion est élevée, mais le temps de cuisson long des pâtes enrichie en safran et la libération très élevée de la crocine peut avoir des effets toxiques pour la santé humaine



*Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0,05$).

Figure 13: Qualité de cuisson des nouilles produites.

III.2. Absorption d'eau

Où l'indice de gonflement renseigne sur la capacité d'absorption d'eau des pâtes cuites en déterminant le poids des pâtes avant et après la cuisson.

L'analyse statistique a révélé que les nouilles témoin et celles contenant du safran à 0,06% absorbent significativement ($P < 0,05$) plus d'eau ($94,06 \pm 0,93\%$ et $89,21 \pm 0,05\%$) que les nouilles à 0,03% de safran ($93,35 \pm 1,84\%$) et cela peut être due à la présence de petites particules de safran non solubles qui peut avoir entraver la diffusion de l'eau dans la matrice du gluten des pâtes (Armellini *et al.*, 2018).

Debbouz et Donnelly (1996) confirment que la quantité d'eau absorbée augmente avec le degré de gélatinisation de l'amidon. L'amidon de l'orge est constitué de deux types de granules d'amidon, des granules de Type-A dont la température de gélatinisation est de 61-62°C et les granules de Type-B dont la température de gélatinisation de 75-80°C. L'existence du β -glucane en grande quantité dans les parois des cellules de l'endosperme des grains d'orge peut aussi influencer le taux d'absorption d'eau des pâtes alimentaires (Hajji *et al.*, 2014).

III.3. Pertes à la cuisson

Elles sont déterminées par la quantité de matières organiques entraînées dans l'eau de cuisson après son évaporation.

Nos résultats d'analyse révèlent que les pertes à la cuisson sont maximales pour les nouilles témoins ($3,22 \pm 0,05\%$) tandis que, les nouilles à 0,03% de safran donnent les moindres pertes pendant la cuisson ($2,25 \pm 0,09\%$).

Ceci pourrait être dû à la présence d'une grande quantité de fibres alimentaires et de cendres dans les nouilles à base d'orge. Les valeurs de matière sèche ou de matières organiques totales et de pertes à la cuisson reflètent théoriquement la quantité d'amidon et d'autres composants biochimiques qui sont libérés de la matrice protéique des pâtes et par la suite perdue dans le milieu de cuisson (Cole, 1991).

On peut déduire que l'ajout du safran permet aux pâtes de garder leurs propriétés nutritionnelles (peu de pertes en éléments biochimiques) par rapport aux pâtes témoins.

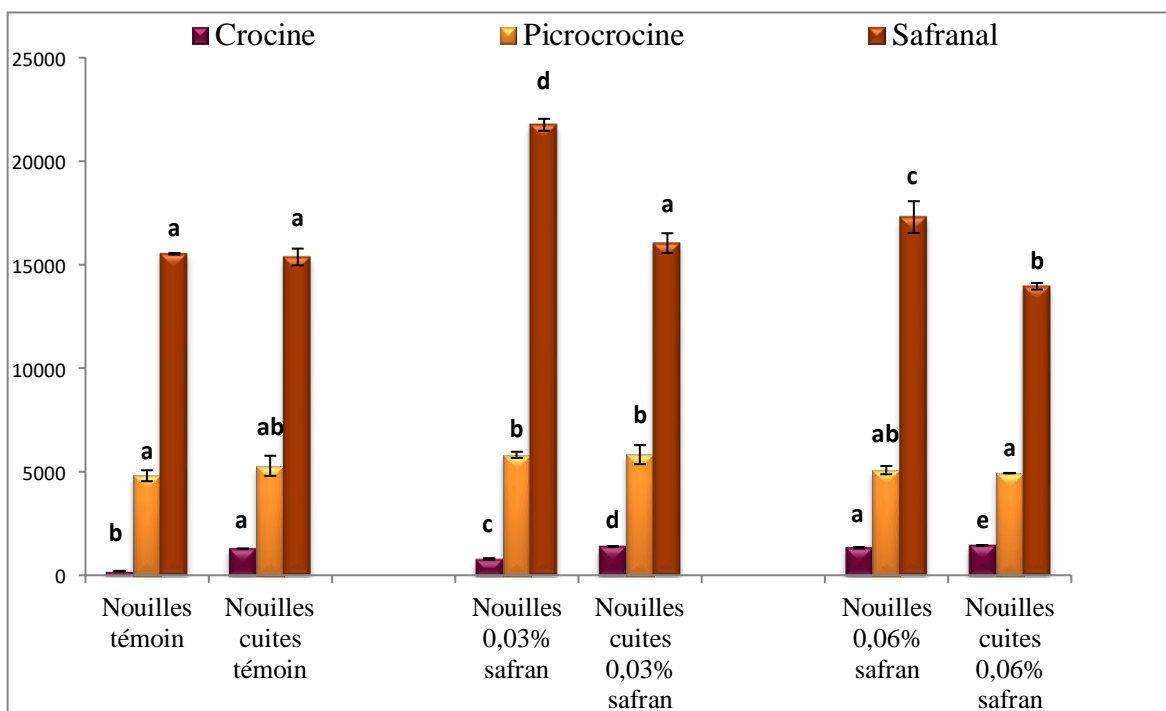
IV. Effet de l'addition de safran sur les teneurs en composés bioactifs dans les nouilles crues et cuites

❖ Crocines

Nos données révèlent que le taux de crocine augmente dans les pâtes crues contenant du safran et le contenu le plus élevé est retrouvé dans les nouilles à 0,06% de safran ($1332,38 \pm 36,59$), suivi par les nouilles à 0,03% de safran ($793,84 \pm 29,86$) et les nouilles témoins ($208,84 \pm 11,38$).

Pour les pâtes cuites, on observe la même tendance ($1448,8 \pm 8,77$; $1393,24 \pm 0,59$ et $1286,34 \pm 15,68$ pour les nouilles cuites à 0,06% de safran, à 0,03% et les nouilles témoins respectivement).

Nous notons que les nouilles témoins cuites et celles crues à 0,06% de safran n'ont pas de différence significative ($p < 0,05$) entre elles en terme de taux de crocine ($1286,34 \pm 15,68$ et $1332,38 \pm 36,59$) respectivement.



*Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0,05$).

Figure 14: Effet de la cuisson des nouilles sur leurs teneurs en composés bioactifs.

❖ Picrocrocines

Nos résultats analytiques révèlent que le taux de la picrocrocine le plus élevé est enregistré par les nouilles crues à 0,03% de safran ($5824,64 \pm 150,55$) puis celles à 0,06% de safran ($5084,78 \pm 198,01$) et enfin les nouilles témoin ($4812,51 \pm 261,81$).

On observe pour les pâtes cuites que le taux de la picrocrocine le plus élevé est enregistré par les nouilles à 0,03% de safran ($5832,39 \pm 459,93$), suivi par les nouilles témoin, puis, celles à 0,06% de safran contrairement aux pâtes crues.

Alors que, les pâtes crues et cuites à 0,03% de safran n'ont pas de différence significative ($p < 0,05$) entre elles ($5824,64 \pm 150,55$ et $5832,39 \pm 459,93$) respectivement, presque le taux de la picrocrocine est la même dans les 2 types de pâtes.

❖ Safranal

Nous notons que les nouilles contenant 0,03% de safran présentent un taux élevé de safranal ($21757,40 \pm 291,64$) suivies par les pâtes contenant du safran à 0,06% puis les nouilles témoins.

Pour les pâtes cuites, on remarque que les nouilles témoins et celles de 0,03% de safran n'ont pas de différence significative ($p < 0,05$) entre elles ($15372,15 \pm 407,01$ et $16041,89 \pm 475,06$ respectivement). Le même phénomène a été remarqué en termes de taux de safranal entre les pâtes cuites et crues.

De manière générale, nos résultats indiquant en terme de la cuisson que le taux de la crocine augmente, le taux de la picrocrocine presque c'est le même tandis que le safranal diminue cela peut due au traitement thermique effectué et à l'oxydation du safranal.

La crocine est un pigment caroténoïde responsable de la couleur jaune-orange de l'épice. Elle est le principe actif le plus étudié en ce qui concerne les propriétés antioxydantes du safran. La picrocrocine, apportant au safran la saveur et le goût amer, constitue également le précurseur du safranal. Tandis que le safranal, est un composé volatile responsable de l'arôme et de l'odeur si spécifiques au safran (**Mzabri et al., 2019**).

(**Melini et al., 2020**) ont montré que la fabrication et la cuisson des pâtes ont entraîné une modification du profil phénolique par rapport à la farine de départ. La semoule de blé dur, principal ingrédient des pâtes, est dépourvue de composés phénoliques, car ils sont perdus lors

De la mouture conventionnelle. Les pâtes à base d'orge sont suffisantes pour améliorer la qualité nutritionnelle en termes de composés bioactifs.

Des recherches antérieures sur les céréales ont indiqué qu'une grande partie des composés phénoliques est présente sous forme conjuguées solubles ou liées insolubles (Sosulski *et al.*, 1982).

Dewanto *et al.* (2002) a expliqué que le traitement thermique pourrait libérer plus d'acides phénoliques liés à partir de la dégradation des constituants cellulaires.

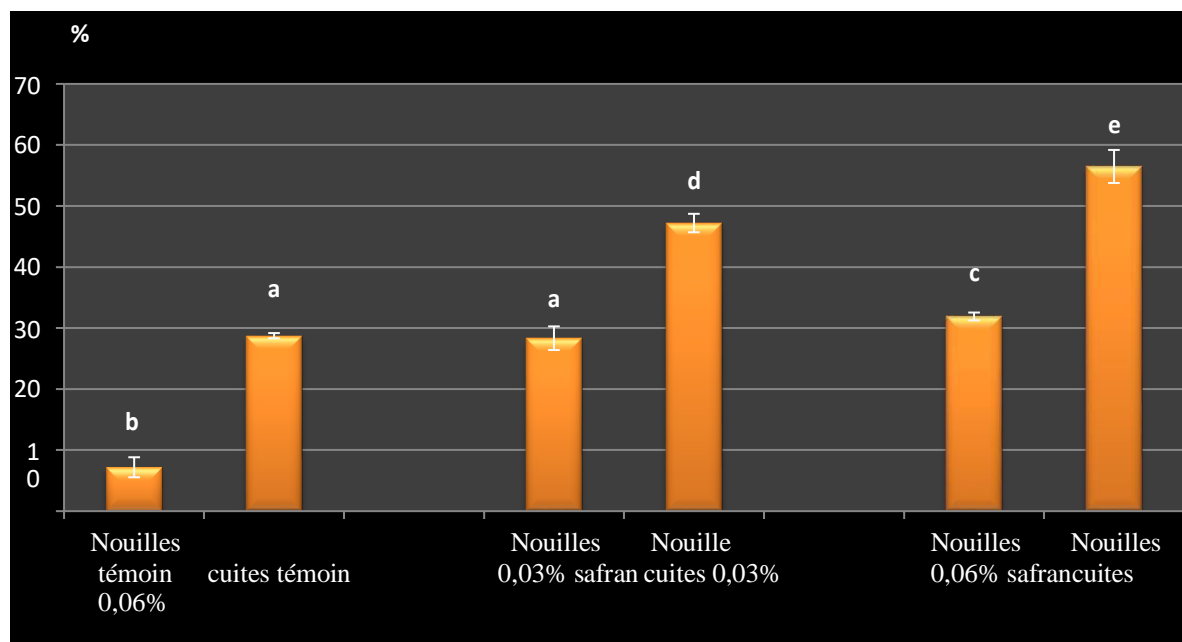
V. Activité antioxydante des nouilles crues et cuites

Nos données analytiques révèlent que l'activité antioxydante augmente avec l'augmentation du taux de safran ajouté dans les pâtes crues, d'où le contenu le plus élevé est retrouvé dans les nouilles à 0,06% de safran ($31,89 \pm 0,64\%$) suivies par les nouilles à 0,03% de safran ($28,32 \pm 1,94\%$) et enfin les nouilles témoins ($7,20 \pm 1,63\%$).

La même tendance a été remarquée pour les pâtes cuites ($56,47 \pm 2,71\%$; $47,19 \pm 1,51\%$ et $28,74 \pm 0,42\%$ pour les nouilles à 0,06%, à 0,03% de safran et les nouilles témoins respectivement). Nous notons que la cuisson a un effet positif sur l'activité antioxydante des pâtes.

Assimopoulou et Sinakos (2005) ont signalé que l'activité de piégeage des radicaux libres s'est avérée dépendante de la concentration en safran. Ainsi, l'activité antioxydante importante de l'extrait méthanolique de safran doit probablement être attribuée à une action synergique des principaux constituants bioactifs : principalement la crocine mais aussi le safranal, qui est le constituant majoritaire de l'huile essentielle et obtenu par dégradation de la picrocrocine.

La propriété antioxydante des stigmates de *Crocus sativus* peut être attribuée à sa teneur en polyphénols, ainsi qu'à ses principes actifs tels que la picrocrocine, le safranal, la crocine et la crocétine (Karimi *et al.*, 2010).



*Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes ($p < 0,05$).

Figure 15: Effet de la cuisson des nouilles sur leur activité antioxydante.

Armellini *et al.* (2018), ont rapporté que les valeurs de réduction du radical DPPH des pâtes crues augmentaient significativement après la cuisson. Ce résultat pourrait être lié à une augmentation de la « disponibilité » ou de l'extractibilité des composés antioxydants qui influencent l'analyse DPPH (c'est-à-dire ceux ayant une capacité de piégeage des radicaux libres qui sont présents dans la farine et sont rendus disponibles à partir de la matrice des pâtes en raison de la cuisson). Les résultats ont donc montré que la présence d'extraits de safran influençait significativement l'activité antioxydante des échantillons de pâtes.

De paula *et al.* (2017), ont montré que l'ajout de la farine d'orge dans les pâtes à tous les niveaux d'incorporation a effectivement augmenté la teneur en acides phénoliques et la teneur totale en composés phénoliques, montrant un potentiel antioxydant et augmentant les avantages possibles dans l'alimentation pour aider à la prévention des maladies chroniques liées au stress oxydatif.

Plusieurs auteurs affirment que les propriétés antioxydantes plus élevées des aliments traités thermiquement pourraient être dues à la formation de produits de Maillard tels que le HMF (5-hydroxyméthyl-2-furaldéhyde), qui confèrent une activité antioxydante élevée (**Dueñas *et al.*, 2006**).

CONCLUSION

Notre travail a fait l'objet d'une étude des différents effets de l'addition du safran dans les nouilles à base d'orge, d'un part sur la qualité nutritionnelle et culinaire, et d'autre part sur l'activité antioxydante et les composés bioactifs du produit fini.

Les résultats de l'humidité de la matière première (orge) et les produits finis obtenus sont conformes aux normes d'où ils varient entre 6% et 11%, ce qui permettra un bon conditionnement et un bon stockage du produit élaboré.

Nous observons que le taux de cendres diminue significativement ($P < 0,05$) dans les pâtes cuites par rapport aux pâtes crues et ce quel que soit l'échantillon.

Les pâtes enrichies présentent des temps de cuisson différents par rapport aux pâtes témoins, ce qui affecte significativement leurs qualités culinaires. Bien que, nos résultats montrent que l'ajout du safran a contribué à l'améliorer de la qualité culinaire des pâtes.

Les composés bioactifs du safran augmentent avec l'augmentation de la concentration de ce dernier. Le traitement thermique peut avoir un effet positif et/ou négatif sur la crocine, la picrocrocine et le safranal.

L'addition du safran à différentes concentrations aux pâtes d'orges a augmenté le pouvoir antioxydant, surtout pour les pâtes cuites. Donc on peut déduire que la cuisson a amélioré cet effet.

Au terme de ce travail, l'enrichissement des pâtes à base d'orge par le safran est possible et intéressant à double titre : d'une part la préparation de ces pâtes enrichies permet de diversifier le marché local, d'autre part elle permet d'obtenir des pâtes de meilleure qualité pour prévenir et traiter les carences alimentaires.

En perspectives, nous pouvons dire que ce travail méritera d'être complété par :

CONCLUSION

- Une détermination des autres caractéristiques physico-chimiques (teneur en amidon, fibres alimentaires...).
- Une analyse sensorielle pour évaluer l'acceptabilité de nos pâtes par le consommateur.
- Une étude sur la bioacceptibilité de ces pâtes.

Références bibliographique

- Abecassis Joël, Gautier Marie-Françoise et Autran Jean Claude.(1990).** La filière blé dur -pâtes alimentaires :apports complémentaires de la technologie et de la génétique dans l'amélioration de la qualité. ACTUALITÉS DES INDUSTRIES ALIMENTAIRES ET AGRO-INDUSTRIELLES, 475-482.
- Abecassis J., 2011.** Innovations pour améliorer la qualité des productions et des produits céréaliers. *UMR-IATE* Ingénierie des Agropolymères et Technologies Emergentes *INRA,CIRAD, SUPAGRO, UM II Montpellier, France.*
- Abdullaev FI et Espinosa-Aguirre JJ. (2004).** Propriétés biomédicales du safran et son utilisation potentielle dans le traitement du cancer et les essais de chimioprévention. Détecter le cancer. *Préc.* 28, 426-432.
- Abdellaev F. (2006).** Biological properties and medicinal use of Saffron (*Crocus Sativus L.*). In: Koocheki *et al.*, ed. *Proc Second International Symposium on Saffron Biology and Technology.* Iran: Acta Horti ISHS.
- Abdullaev F. (2007).** Propriétés biologiques et usage médicinal du safran (*Crocus sativus L.*). *Acta Hort (ISHS)* .739 , 339-345.
- Ahmad AS ., Ansari MA ., Ahmad M., Saleem S., Yousuf S., Hoda MN et Islam F.(2005)** . Neuroprotection par la crocétine dans un modèle de rat hémi-parkinsonien. *Pharmacol. Biochimie. Comportez-vous.* 81 (4), 805–813.
- Aidani H, (2015).** Effet des attaques de Capucin des grains (*Rhizopertha dominica*) sur les céréales stockées. « Estimation sur la perte pondérale et le pouvoir germinatif .Cas de blé dur dans la région de Tlemcen » : mémoire de Master : Production et Amélioration des plantes.Algérie: Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 82p.
- Akhondzadeh S., Sabet MS., Harirchian MH ., Togha M., Cheraghmakani H et Razeghi D.(2010).** Saffron dans le traitement des patients atteints de la maladie d'Alzheimer légère à modérée's maladie : un essai de 16 semaines, randomisé et contrôlé par placebo. *J. Clin. Pharmacie.* Là. 35(5), 581–588.
- Ali Esmail Al-Snafi.(2016).** La pharmacologie de *Crocus sativus* - Une critique. *IOSR Journal de la pharmacie.* 6(3), 8-38.
- Allosio_ournier, (1999).** Caractérisation de la transformation de l'orge en malt par des méthodes de spectroscopie vibrationnelle, thèse INPL, spécialité : Biotechnologies et Industries Alimentaires, Nancy.
- Anonyme, (2007).** Cereal complex carbohydrates and their contribution to human health. *Journal of Cereal Science.* 46, 220–229.
- Anonyme, 2009.** Orge commune.http://fr.wikipedia.org/wiki/Orge_commune (accessed 02.08.2021).
- Antognelli C.(1980).** The manufacture and applications of pasta as a food and as a food ingredient: a review. *J. Fd Technol.* 15, 125-145.

AOAC, 1998. Official methods of analysis. Washington, DC. USA: Association of Official Analytical Chemists. 16th Ed, 4th revision.

AOAC. (1995). Method 08-03: Total Ash, Method 46-13: Crude Protein—Micro-Kjeldahl Method. In Approved Methods of American Association of Cereal Chemistry, Saint Paul, Minnesota

Armellini R., Peinado Pardo I., Pittia P., Scampicchio M., Heredia Gutiérrez AB et Andrés Grau AM. (2018). Effet de l'enrichissement en safran (*Crocus sativus* L.) sur les propriétés antioxydantes et sensorielles des pâtes à base de farine de blé. *Chimie alimentaire*. 254 : 55-63. doi:10.1016/j.foodchem.2018.01.174.

Ashktorab Hassan., Akbar Soleimani ., Gulshan Singh ., Amin Amr ., Solmaz Tabatabaei ., Giovanni Latella ., Ulrike Stein ., Shahin Akhondzadeh., Naimesh Solanki ., Marjorie C. Gondré-Lewis., Aida Habtezion and Hassan Brim.(2019). Saffron: The Golden Spice with Therapeutic Properties on Digestive Diseases. *Nutrients* 2019, 11, 943; doi:10.3390/nu11050943.

Assimopoulou A. N., Sinakos Z and., Papageorgiou V. P.(2005). Radical Scavenging Activity of *Crocus sativus* L. Extract and its Bioactive Constituents: short communication. *phytotherapy research*. 19, 997–1000.

Aung HH ., Wang CZ., Ni M Fishbein A ., Mehendale SR, Xie JT, Shoyama CY et Yuan CS. (2007). Crocine de *Crocus sativus* possède des effets anti-prolifération significatifs sur les cellules cancéreuses colorectales humaines. *Exp Oncol* 2007 ; 29(3) : 175-180.

Basker D et Negbi M. (1983). Uses of saffron. *Economic Botany*. 37, 228-236.

Bathaie SZ., Farajzade A et Hoshyar R.(2014) .A review of the chemistry and uses of crocins and crocetin, the carotenoid natural dyes in saffron, with particular emphasis on applications as colorants including their use as biological stains. *Biotech Histochem*. 89(6), 401-11.

Belli n., Marin S., Sanchis V et Ramos A J. (2004). Influence of water activity and temperature on growth of isolates of *Aspergillus* section *Nigri* obtained from grapes. *International Journal of Food Microbiology*. 96, 19-27p.

Blattner FR., Weising K., Bänfer G., Maschwitz U, Fiala B. (2018.) Molecular analysis of phylogenetic relationships among myrmecophytic *Macaranga* species (Euphorbiaceae). *Mol. Phylogenet. Evol.*, 19(3): 331-344.

Bouden H et Kadri A (2019). Contrôle de qualité de café et du safran. Université Saad Dahlab Blidal.

Boros Danuta, Barbara Rek-Cieply and Malgorzata Cyran.(1996). A note on the composition and nutritional value of hulless barley. *Journal of Animal and Feed Sciences*. 5, 417-424.

Boskabady MH ., Tabatabaee A et Byrami G.(2012). L'effet de l'extrait de *Crocus sativus* et son constituant le safranal, sur la pathologie pulmonaire et l'inflammation pulmonaire de cobayes sensibilisés à l'ovalbumine. *Phytomédecine* .19(10) : 904-911.

Bothmer RV., and Jacobsen N.(1985). Origin, Taxonomy, and Related Species. In Barley. (Eds.) Donald & Rasmusson. Agronomy, 26: 19-53.

Bothmer RV., Seberg O., Jacobsen N. (1992). Genetic resources in Triticeae. *Hereditas* 116.PP 141-150.

Boudreau A., et Dubois L. (1992). "Insécurité linguistique et diglossie: étude comparative de deux régions de l'Acadie du Nouveau-Brunswick." *Revue de l'Université de Moncton.*25(1-2), 3-22.

Boudreau A., et Ménard G. (1992). Le blé: éléments fondamentaux et transformation: Presses Université Laval.

Byung-Kee Baik et Steven E. Ullrich. (2008). Orge pour l'alimentation : Caractéristiques, amélioration et intérêt renouvelé. *Journal de la science des céréales.* 48 , 233-242.

Cardone Lorian., Castronuovo Donato Perniola ., Michèle., Cicco Nunzia et Candido Vincenzo. (2020). Safran (*Crocus sativus* L.), le roi des épices : Un aperçu. *Scientia Horticulturae* 272 (2020) 109560. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109560>.

Chahine N., Hanna J., Makhlouf H., Duca L., Martiny L et Chahine R.(2013). Effet protecteur de l'extrait de safran contre la cardiotoxicité de la doxorubicine dans le coeur isolé du lapin. *Pharm Biol* 2013;51(12):1564- 1571.

Chillo S J .,Laverse PM ., Falcone et MA Del Nobile.(2007). Quality of spaghetti in base amaranthus wholemeal flour added with quinoa, broad bean and chick pea. *Journal of Food Engineering.* 84,101–107.

Chillo S., Laverse J., Falcone P., Protopapa A ., et Del Nobile M. (2008).Influence of the addition of buckwheat flour and durum wheat bran on spaghettiquality. *Journal of Cereal Science,* 47, 144-152.

Cole ME, (1991). Revue : prédiction et mesure de la qualité des pâtes. *Journal international des sciences et technologies alimentaires.* 26, 133-151.

Crozet A ., de Sus-Rousset H et de Durfort S.-J.(2012). *Crocus sativus* L. (Iridaceae), le safran (I). *Phytothérapie.* 10,121–125.

Cubadda R ., et Carcea M. (2003). Pasta and macaroni: Methods of manufacture. In *Encyclopedia of Food Science and Nutrition* (pp. 4374-4378). Elsevier Science, London.

Debbouz A et Donnelly B J. (1996). Process effect on couscous quality. *Cereal chemistry,* vol. 73, N° 6, p. 668-671.

Dubois Anthony. (2010). Analyse de la filière safran au Maroc : Quelles perspectives pour la mise en place d'une Indication Géographique ? Montpellier : CIHEAM-IAMM. 84p. (Master of Science ; n°107).

De Paula Rosanna., Rabalski Iwona ., Messia Maria Cristina., Abdel-Aal El-Sayed M ., Marconi Emanuele. (2017). Effet du traitement sur la composition en acides phénoliques et la capacité de piégeage radicalaire des pâtes d'orge. Recherche alimentaire internationale. doi : 10.1016/j.foodres.2017.09.088.

Dewanto V., Wu X., Adom KK et Liu RH (2002). Le traitement thermique améliore la valeur nutritionnelle des tomates en augmentant l'activité antioxydante totale. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 50(10), 3010-3014.

Dueñas M., Hernandez T., et Estrella I. (2006). Évaluation de in vitro antioxydant capacité du tégument et du cotylédon des légumineuses par rapport à leur contenu en phénols. Chimie alimentaire. 98(1), 95-103.

Dupont J, (2001). Dimensions culturelles et culturelles du safran en France. Empan. 41 :34-38.

Ehsan Karimi ., Ehsan Oskoueian ., Rudy Hendra et Hawa ZE Jaafar.(2010). Évaluation de *Crocus sativus* L. Stigma Composés phénoliques et flavonoïdes et son activité antioxydante. Molécules 2010. 15, 6244-6256 ; doi:10.3390/molécules15096244.

Farag Mohamed A ., Jianbo Xiao et Hosssam M. Abdallah (2020): Valeur nutritionnelle de la céréale d'orge et meilleures opportunités pour sa transformation en tant qu'aliment à valeur ajoutée: une revue complète , Critical Reviews in Food Science and Nutrition, DOI:10.1080/10408398.2020.1835817

Feillet Pierre., Jean-Claude Autran and Christèle Icard-Verniere. (1999). Pasta Brownness: An Assessment. Journal of Cereal Science. 32, 215–233. doi:10.1006/jcrs.2000.0326.

Feillet P., 2000. Le grain de blé composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, 308 p.

Fernandez, (2016). Le jute Fernández. Biologie, biotechnologie et biomédecine du safran. Récent Res Devel Plant Sci 2004; 2: 127-159.

Gallegos-Infante JA., NE Rocha-Guzman ., Gonzalez-Laredo RF et Pulido-Alonso J. (2010). Effet de la transformation sur les propriétés antioxydantes des extraits d'orge mexicaine (*Hordeum vulgare*) cultivar. Chimie alimentaire. 119 , 903-906.

Garniture David, (2007). Cereal complex carbohydrates and their contribution to human health. Journal of Cereal Science. 46, 220–229.

Gelencsér Tímea., Gál Veronika., Hódsági Mária et Salgó András.(2007). Évaluation des caractéristiques de qualité et de digestibilité des pâtes résistantes enrichies en amidon. Technologie des bioprocédés alimentaires. 1,171–179. DOI 10.1007/s11947-007-0040-z.

Giménez M A., Gonzalez R J., Wagnere J., Torres R., lobo M O et Samman N C.(2012). Effect of extrusion conditions on physicochemical and sensorial properties of cornbread beans (*Vicia faba*) spaghetti type pasta. Food Chemistry.136, 538-545.

Gresta F., Lombardo GM., Siracusa L and Ruberto G. (2008). Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems. A review. Agron Sustain Dev 28, 95-112.

Golmohammadzadeh S., Jaafari MR et Hosseinzadeh H (2010). saffron a antisolaire et hydratant effect? L'Iran. J. Pharm. Rés. 9, 133–140.

Guo Xiao-Na., Gao Feng et Zhu Ke-Xue. (2020). Effect of fresh egg white addition on the quality characteristics and protein aggregation of oat noodles. Food Chemistry 330 (2020) 127319. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127319>.

Hajji T., Sfayhi-Terras D., et Elfeleh M (2014). Extraction des fibres b₂ glucanes, Incorporation dans les pâtes alimentaires. Journée Nationale sur la valorisation des Résultats de la Recherche dans le Domaine des Grandes Cultures Tunis

Hosseinzadeh H et Talebzadeh F. (2005). Évaluation anticonvulsivante du safran et de la crocine de *Crocus sativus* Chez la souris. Fitoterapia .76, 722-724.

Hosseinzadeh H, Younesi HM.(2002). Antinociceptif et anti-inflammatoire effets de *Crocus sativus* L. stigma et extraits de pétales chez la souris. BMC Pharmacol . 2, 7.

ISO 3632-2. (2003). International Organization for Standardization. Epices safran (*Crocus Sativus* L. Partie 2: Test Méthods. first edition 15/11/2003.

Jestin L, (1992). L'orge. In amélioration des espèces végétales cultivées . INRA, Paris. PP 55_70.

Jood S et Kalra S .(2001). Chemical composition and nutritional characteristics of some hull less and hulled barley cultivars grown in India. Nahrung; 45(1):35-9.

Karimi E., Oskoueian E., Hendra R et Jaafar HZE. (2010). Evaluation of *Crocus sativus* L. stigma phenolic and flavonoid compounds and its antioxidant activity. Molecules. 15,6244–6256.

Kent N L et Evers AD.(1994) : Technology of cereals. Ed. Elsevier science Inc, 4 ème Ed., New York,p.234.

Kianbakht S., Moza_ari K.(2009). Effects of saffron and its active constituents, crocin and safranin, on prevention of indomethacin induced gastric ulcers in diabetic and non-diabetic rats. J. Med. Plants . 8, 30–38.

Kumari R et Kotecha M. (2015). Évaluation physicochimique et nutritionnelle du Yava (*Hordeum vulgare* Linn.). Journal international de recherche en pharmacie, 6 (1) : 70-72.

Lahoura L., Pochart P., Ben Salem H., El Felah M., Mokni M., Magne F., Mangin I., Suau, A. Pereira E., Hammami M et Achour I. (2012). Effet des fibres alimentaires de la variété d'orge "Rihane" sur le développement de foyers aberrants de cryptes induits par l'azoxyméthane et sur la diversité du microbiote colique chez le rat. Fr. J.Nut. 14 : 1-9.

Lahouar Lamia., Ghrairi Fatma El Arem Amira., Médimagh Sana ., El Félah Mouledi Ben Salem, Hichem et Achour Lotfi.(2017). COMPOSITION BIOCHIMIQUE ET EVALUATION NUTRITIONNELLE DE L'ORGE RIHANE (*HORDEUM VULGARE* L.). Afr J Tradit Complément Altern Med.14(1):310-317.doi:10.21010/ajtcam.v14i1.33.

Laleg K., Cassan D., Barron C., Cordelle S., Schlich P., Walrand S et Micard V. (2017). Qualités culinaires, sensorielles et nutritionnelles de pâtes alimentaires sans gluten à base de légumineuses. *Innovations Agronomiques*. 60 , 145-156.

Lilia L T, Warda M et Kadir M (2017). Qualité physico-chimique du safran Algérien. Université Abderrahmane Mira.

Lopresti Adrian L and Drummond Peter D.(2014). Saffron (*Crocus sativus*) for depression: a systematic review of clinical studies and examination of underlying antidepressant mechanisms of action. *human psychopharmacology*. 29, 517–527.

Madhujith Tet Shahidi F. (2007). Propriétés antioxydantes et antiprolifératives de l'orge sélectionnée (*Hordeum vulgare* L.) et leur potentiel d'inhibition de l'oxydation du cholestérol des lipoprotéines de basse densité (LDL). *Journal de chimie agricole et alimentaire*, 55 (13), 5018–5024.

Masuda T., Yonemori S., Oyama Y., Takeda Y., Tanaka T et Andoh T.(1999). Evaluation of the antioxydant activity of environmental plants: Activity of the leaf extracts from seashore plants. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47(4) : 1749-1754.

Mazoyer M, Aubineau M, Bermond A, Bougler J, Ney B et Estrade JR. (2002). Larousse agricole. (ed.). Larousse, Paris, 767 p.

McIntosh Lawrence P., Hand Greg., Johnson Philip E., Manish D Joshi., Michael Ko ner., Leigh A Plesniak ., Lothar Ziser., Warren W Wakarchuk, and Stephen G Withers.(1996). The pKa of the General Acid/Base Carboxyl Group of a Glycosidase Cycles during Catalysis: A ¹³C-NMR Study of *Bacillus circulans* Xylanase. *Biochemistry*. 35, 9958-9966.

Melini Valentina ., Melini Francesca and Acquistucci Rita. (2020). Phenolic Compounds and Bioaccessibility Thereof in Functional Pasta. *Antioxidants*. 9, 343. doi:10.3390/antiox9040343.

Melnyk J., Marcone M., Wang S. (2010). Chemical and biological properties of the world's most expensive spice: Saffron. *Food Research International*, 43 (8): pp 1981-1989.

Mercier S., Villeneuve S., Mondor M et Des Marchais LP. (2011). Evolution of porosity, shrinkage and density of pasta fortified with pea protein concentrate during drying. *LWT-Food Science and Technology*. 44, 883-890.

Modagheh Mohammad-Hadi ., Chahabian Massoud ., Esmaeili Habib-Allah ., Rajbaï Omid et Hosseinzadeh Hoss. (2008). Évaluation de l'innocuité des comprimés de safran (*Crocus sativus*) chez des volontaires sains. *Phytomédecine : International Journal of Phytotherapy & Phytopharmacology*. doi : 10.1016/j.phymed. 2008.06.003.

Moghaddasi M. (2010). Saffron chemicals and medicine usage. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(6): 427-430.

Molyneux P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 26(2) : 211-219.

Moshiri M., Vahabzadeh M et Hosseinzadeh H. (2014). Clinical Applications of Saffron (*Crocus sativus*) and its Constituents: A Review. *Clinical Applications of Saffron* . (9).Doi <http://dx.doi.org/10.1055/s-0034-1375681>.

Mzabri Ibtissam., Addi Mohamed and Berrichi Abdelbasset.(2019). Traditional and Modern Uses of Saffron (*Crocus Sativus*) : review. *Cosmetics*.6, 63; doi:10.3390/cosmetics6040063.

Rasmusson DC,(1987). Barley crop. An SSA/ASA Monograph series number 56.Madison, Eds ASA. 250p.

Rasmusson DC. (1992). Barley breeding at present and in the future. In Munck L (ed.): *Barley Genetics VI*, vol. II,. Munksgaard Int. Publ. Ltd., Copenhagen. 865-877.

Salfer GA., Molina-Cano JL., Savim R., Araus JL et Romagosa I.(2002).Barley science . Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of yield and Quality.665p.

Serrano-Díaz J., Sánchez AM., Maggi L., Carmona, M et Alonso GL. (2011). effet Synergique des composants solubles dans l'eau sur la force colorante de l'épice de safran. *Journal de la composition et de l'analyse des aliments*, 24 (6), 873-879. <http://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.03.014>

Sharma P. et S Kotari. (2017). Orge : Impact de la transformation sur la propriétés cochimiques et thermiques-Une critique. *Avis alimentaires internationaux* 33 (4):359–81. doi : 10.1080/87559129.2016.1175009.

Smith BD .(1998). L'émergence de l'agriculture. New York, NY, États-Unis : WH Freeman Presse.

Svihus B, et Gullord M. (2002). Effet du contenu chimique et des caractéristiques physiques sur la valeur nutritionnelle du blé,orge et avoine pour volaille. *Science et technologie de l'alimentation animale*.102 ,71-92.

Siddhuraju P. (2006). L'activité antioxydante et la capacité de piégeage des radicaux libres de composés phénoliques de haricots à mites chauffés crus et secs (*Vigna aconitifolia*) (Jacq.) extraits de graines de maréchal. *Chimie alimentaire*. 99(1), 149-157.

Simonato B., Curioni A et Pasinig. (2015). Digestibility of pasta made with three wheat types: a preliminary study. *Food chemistry*. 174, 219-225.

Sissons MJ. (2004). Pasta. In C. Wrigley; H. Corke, & C. Walker (Eds.), *Encyclopedia of Grain Science*. Oxford: Academic Press.

Sosulski F., Kryger K., et Hogge L. (1982). Libre, estérifié et lié insoluble acides phénoliques. 3. Composition des acides phénoliques dans les farines de céréales et de pommes de terre.*Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 30(2), 337-340.

Tazart Karima., Zaidi Farid., Lamacchia Carmen et Haros Monika.(2015). Effect of durum wheat semolina substitution with broad bean flour (*Vicia faba*) on the Maccheronccini pasta quality. *European Food Research and Technology*. DOI 10.1007/s00217-015-2558-z.

Teuscher E., Anton R., Lobstein A. (2005). *Plantes aromatiques. Épices, aromates, condiments et huiles essentielles.* Lavoisier, Paris. Pp 361.

Ugrinovits M., Arrigoni E., Dossenbach A., Häberli G., Hanich H., Rychener M., Thormann M., et Stalder U. (2004). *Pâtes alimentaires et pâtes alimentaires composées,* chapitre 20 (pp.1-4). *Manuel Suisse des denrées alimentaires.*

VIERLING E, (2003). *Aliments et boissons, filière et produits,* Ed. Doin, 2ème Ed p.77, 177,181.

Winterhalter P & Straubinger M. (2000). Saffron-renewed interest in an ancient spice, *Food Reviews International.* 16, 39-59.

Yaribeygi H., Zare V., Butler AE ., Barreto GE., Sahebkar A. (2019). Antidiabétique potential de saffron et ses constituants actifs. *J. Cell. Physiol.* 234, 8610–8617.

Zhao, H., Fan, W., Dong, J., Lu, J., Chen, J., Shan, L., et al. (2008). Évaluation de activités antioxydantes et teneurs totales en phénols des variétés typiques d'orge brassicole. *Chimie alimentaire,* 107(2), 296-304.

Zohary D et Hopf M. (1988). *Domestication of Plants in the Old World: The Origin and Spread of Cultivated Plants in West Asia, Europe and the Nile Valley.* Clarendon Press, Oxford, UK.

Résumé

Notre travail porte sur les pâtes d'orge enrichie en safran avec différentes concentrations (0.03% et 0.06%) à fin d'améliorer la qualité nutritionnelle des pâtes, et fabriquer un aliment fonctionnel destiné aux consommateurs.

Pour les pâtes enrichies, Nos données analytiques ont montré une amélioration significative ($p < 0,05$) des teneurs en cendres, en composés bioactifs et surtout l'activité antioxydante.

L'étude de la qualité culinaire des pâtes enrichies a démontrée un bon indice de gonflement ; une capacité d'absorption élevée et des pertes à la cuisson inférieur à celles de témoins

Nous avons conclu que, la cuisson affecte les composés bioactifs mais aussi l'activité antioxydante.

Mots clé : orge, safran, qualité nutritionnelle, qualité culinaires, activité antioxydante.

Abstract

Our work focuses on barley pasta enriched with saffron with different concentrations (0.3% and 0.6%) in order to improve the nutritional quality of the pasta, and to manufacture a functional food intended for consumers.

For enriched pasta, our analytical data showed an improvement significant ($p < 0.05$) content of ash, bioactive compounds and especially antioxidant activity.

The study of the culinary quality of enriched pasta showed a good index of swelling; a high absorption capacity and cooking losses lower than those of controls.

We concluded that, cooking affects the bioactive compounds but also the activity Antioxidant.

Key words: barley, saffron, nutritional quality, culinary quality, antioxidant activity.