

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Alimentaires
Spécialité : Technologie agro-alimentaire



Réf:.....

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

MASTER

Thème

**Elaboration des céréales à base de son fin de blé tendre et
farine de dattes**

Présenté par :

Haddadou dalia & imikirene melissa

Soutenu le : **29/06/2024**

Devant le jury composé de :

M^{me} Hamri Sabrina

Professeur

Président

M^{me} BOULEKBACHE Lila

Professeur

Encadreur

M^{me} KANIN Ghania

MAB

Examineur

Année universitaire : 2023/ 2024



Remerciements

Nous remercions tout d'abord ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la santé, la patience, la puissance et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

On tient à exprimer nos vifs remerciements et notre sincère gratitude à notre promotrice Mme Boulekbache, qui a veillé au bon déroulement de ce travail et pour son suivi, ses conseils et ses remarques

Notre reconnaissance va à l'égard de Mme Hamri Sabrina pour l'honneur qu'elle nous a fait d'accepter de présider le jury

Nos remerciements vont également à Mme Kaanin Ghania pour l'honneur qu'elle nous a fait d'accepter de juger ce travail.

A Mme IMADALOU pour sa gentillesse et sa générosité ainsi que toute l'équipe du laboratoire d'analyses science alimentaire surtout à Fatima, Yasmin et les autres membres de 3BS

Mr le directeur general des MOULINS DE LA SOUMMAM DE SIDI AICH de nous avoir accepté au sein de cette entreprise ainsi Mr OUDAHI adel et tous le personnel, particulièrement Melle KHALDI HASSIBA pour son suivi, sa coopération efficace et pour son soutien au long de notre stage pratique

Nos vive gratitude à tous ceux qui ont participé de loin ou de près à l'élaboration de notre mémoire de fin de cycle.

Dédicaces

Arrive au terme de mes études par la grâce de Mon dieu

Du profond de Mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers

A la lumière de ma vie ma mère

**Je ne pourrais jamais exprimer mon amour le plus profond, exemple de
Courage et de loyauté, combattante, merci d'être à mes côtés et de
m'encourager de croire en moi malgré tous les moments difficiles merci pour tes
sacrifices,**

**Quoi que je fasse je ne saurais point la remercier comme il se doit Qu'elle
trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.**

A Mon cher papa

**Je dis merci d'avoir fait de moi celle que je suis aujourd'hui, source de
respect, en témoignage de ma profonde reconnaissance pour tout
l'effort et le soutien incessant qui m'a toujours apporté**

**À mes frères dans la vie
Mes frères Yanis et Mahdi
Mes sœurs Liza et Sarah**

A ma meilleure amie et mon binôme

**Le destin nous a croisés tout au long de notre parcours universitaire
Et de vivre des moments inoubliables, qui est à mes côtés malgré le stress et
les faiblesses de ma vie soutenu à tous les moments**

A tous mes amis

**Rania, Souhila, Melina, Serine qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite
Plus de succès
À mes chères cousines
Lydia et Wassila**

Pour finir à tous ceux que j'aime et qui m'aiment, je dédie ce mémoire

Dalia

Dédicaces

Je dédie ce travail à: Ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour à tous ceux qui m'ont soutenu dans mes périodes difficiles

Ma très chère mère, femme courageuse, généreuse et pleine d'amour, qui m'a toujours soutenu dans mes moments difficiles, encouragée, choyée, même gâtée et à qui je dois ma sensibilité, et mon courage.

A Mon père, L'épaule solide, l'œil attentif compréhensif et la personne la plus digne de mon estime et de mon respect je remercie infiniment de m'avoir transmis ce caractère de Leader ainsi que cette forte personnalité. Et je te remercie pour tes sacrifices et l'affection dont tu m'as toujours entourée

A mon frères et mes sœurs pour leur aides et leur bonnes ambiances kahina, yasmina, amel, djamel, et bien sur a ma niece céline.

A ma binome ma meilleure amie Dalia qui a le destine a croisée nos chemin à l'université et qui a restée à mes coté malgré tous les moment difficiles qu'on a vécu au cours de notre parcours, et qui ma encourager toujours.

Et mes chère amis serine, souhila, mélina, amel, Samir, pour leur bonne humeur leur générosité et leur fidélité qui me donne tant de force pour avance.

A mon chère oncle Mustapha et sa femme Karima que je remercie pour leur soutenu

Toutes les personnes qui me sont chères, qui comptent dans ma vie, qui m'ont aidé et marqué

Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail.

Melissa

Liste de abréviations

La FAO : Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation Et L'agriculture

AFNOR: Association Française de Normalisation

Koh : Hydroxyde de potassium

D : Poudre de dattes

S : Son fin

CC : Céréales commerciales

PF : Produit fini

EAG: Equivalent Acide Gallique

BSA: Sérum Albumin Bovin

DPPH : 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl

IC50: Concentration Inhibitrice à 50%

ISO: Organisation international de normalisation

Ppt: Polyphénols totaux

Liste des tableaux

Tableau I : Classification botanique du palmier	4
Tableau II : Composition chimique des dattes.....	6
Tableau III : classification botanique du blé dur.	10
Tableau IV : Classification botanique du blé tendre	11
Tableau V : Composition biochimique du grain de blé tendre.....	12
Tableau VI : Composition minérale des grains de blé tendre	13
Tableau VII : Composition chimique du son de blé	13
Tableau VIII : Avantages et inconvénients des céréales industrielles.....	16
Tableau IX : Composition des différentes préparations.....	21
Tableau X : Moyennes ajustées par produits.....	31
Tableau XI : Résultats des analyses physico-chimique exprimer en pourcentage.....	34
Tableau XII : Résultats des différentes analyses biochimiques.....	38

Liste des figures

Figure 1 : Photographie montrant les différentes parties de la datte.....	5
Figure 2 : Photographie montrant les différents stades de maturation des dattes.	5
Figure 3 : Photographie montrant les catégories des dattes : (a) dattes molles (ghars), (b) dattes demi-molle (deglet-nour), (c) datte sèche (degla-beida).....	6
Figure 4 : Diagramme de fabrication de la farine des dattes.....	8
Figure 5 : Schéma montrant la structure du grain de blé	12
Figure 6 : Approches schématiques du fractionnement par voie sèche des grains et fils de blé.....	14
Figure 7 : Organigrammes des céréales extrudés.	17
Figure 8 : Etapes de préparation de la poudre de dattes	20
Figure 9 : Diagramme de fabrication des céréales.....	22
Figure 10 : Pouvoir discriminant par descripteur.....	29
Figure 11 : Corrélation entre les variables et les facteurs	32

Sommaire

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

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le palmier dattier

I.1. Généralités sur le palmier dattier	2
I.2. Fruit de la datte.....	4
I.3. Farine ou poudre de datte	7

Chapitre II : Généralités sur le blé

II.1. Historique.....	9
2. Le blé dur.....	9
3. Le blé tendre	10
II.4. Le son de blé tendre.....	13

Chapitre III : Céréales de petit déjeuner

III.1. Généralité	15
III.2. Historique	15
III.3. Définition.....	15
III.4. Qualité nutritionnelle des céréales pour petit-déjeuner	16
III.5. Avantages et inconvénients des céréales industrielles	16
III.6. Préparation des céréales extrudées industriellement.....	17

Chapitre IV : Matériels et méthodes

IV.1. Echantillonnage des matières premières.....	19
IV.2. Préparation des céréales	21
IV.3. Etude statistique	23
IV.4. Analyses physico-chimiques des différents échantillons (NF V 03-706)	24
IV .5. Analyses biochimiques des différents échantillons.....	26

Chapitre V : Résultats et discussion

V.1. Analyse sensorielle.....	29
V.2. Propriétés physico-chimiques.....	33
V.3. Propriétés biochimiques	38
Conclusion et perspectives	42
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Introduction

Les céréales pour petit-déjeuner sont préférées en raison de leur préparation, de l'occupation des adultes (programme chargé), et du sentiment de satiété au réveil. La demande croissante de ces céréales par tous les groupes d'âge est liée à leur valeur nutritionnelle, elles sont une source d'énergie quotidienne pour les enfants et les adultes (Akinyemi et al., 2022). Parmi les ingrédients les plus courants des céréales se trouve le maïs, le blé, le riz et le sucre... (Cairano et al, 2020 ; Loganathan et al., 2023). En effet, plusieurs pays développés dont les États-Unis ont procédé à leur enrichissement afin d'éviter de nombreuses carences nutritionnelle (Loganathan et al., 2023).

L'Algérie est placée au 4^{ème} rang des pays producteurs de dattes avec 1,1 Mt, cependant, de grandes quantités de sous-produits sont jetées en raison de leur faible valeur marchande (dattes séchées) ou de leur transformation. Ces déchets peuvent être recyclés pour servir de source de composés bénéfiques pour la santé. La chair du fruit est riche en glucides simples tels que le saccharose, le glucose et le fructose (Djaoud et al., 2020), qui apportent un goût agréable et une bonne source d'énergie rapide (Dhankhar et al. 2019, Djaoud et al., 2020, Djaoud et al., 2024). En outre, leur texture dense et collante facilite la liaison et le mélange avec des ingrédients complémentaires tels que les céréales (Brahim et al., 2020).

Les fibres alimentaires sont des éléments non digestibles d'origine végétale de l'alimentation humaine, elles se caractérisent par leur effet bénéfique sur la santé, servant de vecteur à des composés bioactifs, parmi les principales sources de ces fibres, le son de blé qui malheureusement considéré comme un déchet (Saini et al., 2023). La valorisation de ce dernier et des dattes de faible valeur marchande, par leur transformation en produits de valeur ajoutée, notamment en tant qu'ingrédients dans les aliments (petits déjeuner et gouter) contribuera ainsi à réduire l'impact de ces sous-produits sur l'environnement, à promouvoir le développement durable et à préserver la santé du consommateur.

C'est dans cette optique que nous nous sommes proposés d'enrichir les céréales de petit déjeuner avec des ingrédients de faible valeur marchande, dont les dattes sèches (Dagla baida) et le son de blé fin et ceci dans le cadre de leur valorisation. Pour cela, différentes analyses sont réalisées : (1) Préparation des échantillons de dattes (farine de dattes) ; (2) formulation des céréales enrichies suivi du test de dégustation et d'évaluation de leurs paramètres organoleptiques ; (3) Caractérisation de leurs paramètres physico-chimiques et biochimiques.

Partie bibliographique

Chapitre I
Généralités sur le palmier dattier

I.1. Généralités sur le palmier dattier

Le palmier dattier, scientifiquement connu sous le nom de *Phoenix dactylifera* L, tire son nom de diverses sources linguistiques. "Phoenix" est dérivé du mot grec ancien "phoinix", qui signifie "dattier". Ce terme a été utilisé par les Phéniciens pour désigner le palmier dattier. Quant à "dactylifera", il provient du grec "dactulos", qui signifie "doigt", faisant référence à la forme allongée et fuselée des fruits du palmier dattier (Mimouni, 2015). Cette espèce appartient à l'ordre des Arecales et à la famille des Arecaceae (anciennement Palmaceae), qui regroupe environ 2600 espèces végétales. Au sein des monocotylédones, les Arecaceae occupent la quatrième place en termes de diversité, après les Poacées, les Liliacées et les Orchidacées (Munier, 1973).

I.1.1. Historique

Le palmier dattier, existait déjà à l'époque des dinosaures, il est né à la fin du Jurassique, il a traversé les ères géologiques, s'adaptant à des climats toujours plus chauds et secs. En Europe, des traces fossilisées de cette plante ont été retrouvées, datant de l'Éocène, une période où le continent était recouvert de forêts luxuriantes. Le palmier dattier ; était différent, il aimait le soleil et la chaleur, et il a peu à peu déserté les zones humides pour s'installer dans les régions arides (Tourer, 1967). Pendant des millions d'années, il a survécu aux bouleversements climatiques, se réfugiant principalement autour du Golfe Persique. C'est là qu'il a trouvé son havre de paix, un endroit où il pouvait s'épanouir sous le soleil ardent. Au fil du temps, il a étendu son royaume vers l'Afrique du Nord et l'Asie, portant ses fruits savoureux et nourrissants à de nouvelles populations. L'Homme, fasciné par sa beauté et son utilité, l'a emmené loin de ses terres d'origine, pour le planter en Amérique (Peyron, 2000). Le palmier dattier, l'éternel voyageur, a ainsi continué son périple à travers le monde, s'adaptant à de nouveaux environnements et nourrissant les hommes de ses fruits généreux. Aujourd'hui, on le trouve dans les déserts chauds du monde entier, un symbole de résilience et d'espoir dans les terres les plus arides (Tourer, 1967).

I.1.2 Description morphologique

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) se dresse dans les paysages arides, atteignant parfois une hauteur de 36 mètres. Son tronc robuste est marqué par les bases persistantes des pétioles, formant une sorte de jupe naturelle. À sa base, s'épanouit une masse de ramifications, appelées sucden qui confèrent à l'arbre une silhouette élancée (Peyron, 2000). Le regard est attiré par la couronne de feuilles pennées, mesurant entre 20 et 40 centimètres

de long. Ces feuilles, initialement linéaires, se transforment avec l'âge en épines rigides, témoignant de l'adaptation du palmier aux conditions arides, des baies oblongues d'environ 2,5 centimètres de diamètre renferment une graine cylindrique, dure et dotée d'un sillon longitudinal (Peyron, 2000).

I.1.3. Nom vernaculaire et synonyme

Le palmier dattier porte plusieurs noms à savoir : Palmier dattier (Français), Nakhla (Arabe), Tamar (Hébreu), Palmadatilera (Espagnol), Palma daterro (Italien), Manah (Persan), Tazdait, Tanekht, Tainiout (en Berbère suivant les régions) (Tirichine, 2010).

I.1.4. Répartition géographique

I.1.4.1. Dans le monde

Le palmier dattier fait l'objet d'une plantation intensive en Afrique Méditerranéenne et au Moyen-Orient. L'Espagne est l'unique pays européen producteur de dattes principalement dans la célèbre palmeraie d'Elche. Le palmier dattier est également cultivé à plus faible échelle au Mexique, en Argentine et en Australie (Bahi et al., 2022).

I.1.4.2. En Algérie

A l'échelle internationale, l'Algérie se distingue comme un acteur majeur de la production de dattes, se classant quatrième selon les statistiques de la FAO en 2013. En 2015, le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural recensait une superficie de 167 000 hectares dédiée à la culture du palmier dattier. Ce patrimoine arboricole comptait plus de 18,6 millions de palmiers, permettant une production annuelle de dattes de toutes variétés confondues estimée à près de 990 000 tonnes (Rekis, 2021). L'Algérie a gardé sa quatrième place en 2023 avec une production de 1 188 803 tonnes de dattes (FAO, 2023). La palmeraie Algérienne est répartie sur 9 wilayas sahariennes : Biskra, El-Oued, Ouargla, Ghardaïa, Adrar, Béchar, Tamanrasset, Illizi (zone de transition) et Tindouf. Les palmiers se trouvent également dans la steppe et même dans certaines zones du Sahara (Belguedj, 2007). Des données récentes ont rapporté que en 2023, la wilaya de Batna a réalisé une production de dattes estimée à 19,183 quintaux, selon la Direction des services agricoles DSA. Cette récolte correspond de 8,520 quintaux de Deglet Nour, 6,555 quintaux de Degla Beida et 4,108 quintaux de dattes (**Anonyme 1**).

I.1.4.3. Classification botanique

La place du palmier dattier dans le règne végétal est rappelée ci-dessous (FELDMAN, 1976)

Tableau I : Classification botanique du palmier

Groupe	Spadiciflores
Ordre	Palmale
Famille	Palmacées
Sous famille	Coryphoïdées
Tribu	Phoenicées
Genre	Phoenix
Espèces	Dactylifera L.

I.2. Fruit de la datte

I.2.1. Définition de la datte

La datte est un fruit charnu comestible qui pousse sur le palmier dattier, ce fruit délicieux est apprécié par l'Homme (frais ou séché) et par certains animaux (Uhlen, 1961). Considéré, comme un trésor culinaire et nutritionnel ancré dans les traditions, il offre un immense potentiel de valorisation grâce à sa richesse en composés phytochimiques bénéfiques. Ce fruit ancestral est considéré comme un substrat idéal pour développer une gamme de produits à haute valeur ajoutée dans les industries agroalimentaires et nutraceutiques (Munier, 1973).

I.2.2. Description de la date

Les dattes, fruit du palmier dattier constituent l'aliment de base pour les populations du désert (Noui, 2016). C'est un fruit allongé, oblong ou arrondi, composé d'un noyau dur entouré de chair. La partie comestible de la datte, dite chair ou pulpe (Espirad, 2002), est constituée de :

- ✓ Un péricarpe/ enveloppe cellulosique fine dénommée peau ;
- ✓ Un mésocarpe généralement charnu, de consistance variable selon sa teneur en/sucre, de couleur soutenue ;
- ✓ Un endocarpe de teinte plus clair et de texture fibreuse, parfois réduit à une membrane parcheminée entourant le noyau.

Les dattes ont les dimensions suivantes : Longueurs : 2 à 8 cm, Poids : 2 à 8 grammes selon les variétés elles sont de couleur variable : Blanc jaunâtre au noir en passant par les couleurs ambre, rouge, brunes plus ou moins foncées (Djerbi, 1994).

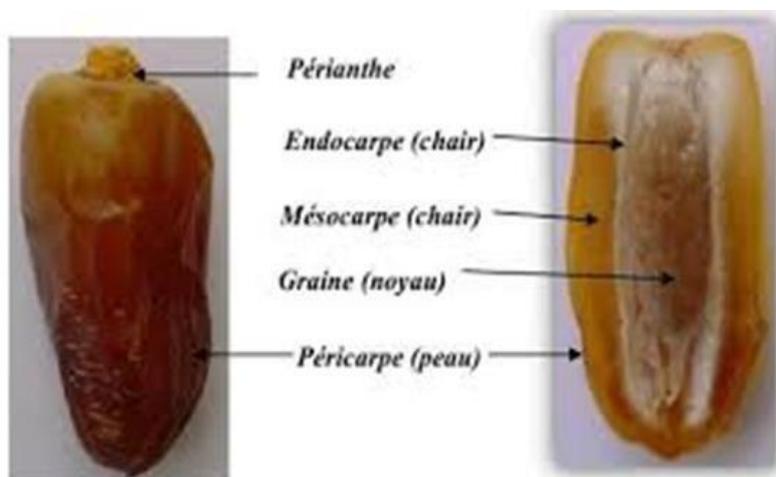


Figure 1 : Photographie montrant les différentes parties de la dattes.

I.2.3. Stade de maturation des dattes

Les différents stades de maturation des dattes définis par Djerbi (1994) sont comme suit :



Figure 2 : Photographie montrant les différents stades de maturation des dattes.

I.2.4. Catégories des dattes

Trois catégories de dattes sont distinguées (Espirad, 2002) :

- **Dattes molles** : Riches en sucre inverti (fructose, glucose), avec un taux d'humidité supérieur ou égale à 30%, tel que Hamraria, Ghars et Litima.
- **Dattes demi-molles** : Riches en saccharoses et avec un taux d'humidité entre 20% et 30%, tel que Deglet-Nour, Takerboucht.

➤ **Dattes sèches** : Dures et riches en saccharose, avec un taux inférieur à 20% d'humidité tel que Meche-Degla, Degla Beida.

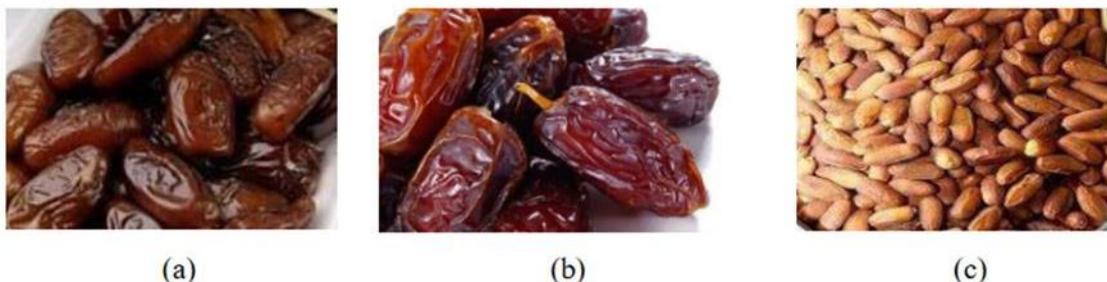


Figure 3 : Photographie montrant les catégories des dattes : (a) dattes molles (ghars), (b) dattes demi-molle (deglet-nour), (c) datte sèche (degla-beida)

I.2.5. Composition des dattes

La datte est constituée de composés essentiels et nécessaires à l'organisme (sucres, protéines, éléments minéraux, fibres, vitamines, polyphénols). Cependant la teneur en ces composés est variable selon les cultivars (Sayah, 2018).

Tableau II : Composition chimique des dattes (Al-farsi et Lee, 2008)

Composition	Teneur (g/100g)
Eau	7,2-50,4
Sucres totaux	52,6-88,6
Glucose	17,6-41,4
Fructose	13,6-36,8
Saccharose	0,5-33,9
Lipides	0,1-1,4
Protéines	1,1-2,6
Fibres	3,53-10,9

I.2.6. Valeur nutritionnelle de la datte

La datte constitue un excellent aliment de grande valeur nutritive, distinguée par leur forte contenance en sucres qui leurs confèrent une grande valeur énergétique (Toutain, 1979).

Elle a aussi une teneur intéressante en sucres réducteurs facilement assimilables par l'organisme et en protéines équilibrées qualitativement. De plus, les dattes sont riches en minéraux plastiques tels que le Ca, le Mg, le P, le S et en minéraux catalytiques comme le Fe et le Mn. Elles sont reminéralisantes et renforcent notablement le système immunitaire (Albert., 1998). Le profil vitaminique de la datte se caractérise par des teneurs appréciables en vitamines du groupe B. Ce complexe vitaminique participe au métabolisme des glucides, des lipides et des protéines (Tortora et al., 1987).

I.2.7. Valorisation et transformation des dattes

L'évolution des habitudes alimentaires et la diversification des usages des dattes ont ouvert la voie à des recherches innovantes visant à valoriser et à améliorer la valeur de ce fruit ancestral. L'objectif est de répondre à la demande croissante et de proposer des produits originaux et de qualité. L'exploitation des dattes sous-utilisées ou inutilisées s'inscrit dans cette démarche de valorisation. Les dattes sèches (Degla-beida) sont souvent délaissées en raison de leur qualité ou de leur apparence, recèlent un potentiel considérable pour la création de nouveaux produits tels que le jus de dattes (Siboukeur, 1997), l'alcool (Ould el hadj et al., 2001), pâte de dattes, farine de dattes, crèmes et confitures (Boulal, 2017).

I.3. Farine ou poudre de datte

Les farines des dattes peuvent être produites uniquement à partir des variétés sèches ou susceptibles d'être séchées jusqu'à atteindre un taux d'humidité de 5%. Ces farines ou semoule peuvent être consommées telles quelles ou servir à la fabrication de biscuits, pains et gâteaux.

Les variétés Algériennes qui convenaient mieux pour la production de la farine et de semoules sont principalement Mech-Degla et Degla-Beïda (Accourent, 1998).

I.3.1. Processus de fabrication de la farine de datte

Le processus de fabrication de la farine de datte est montré dans le diagramme ci-dessous, il passe par plusieurs étapes, pour obtenir trois produits différents : farine, semoule blanche et semoule vêtues (Acourene, 1998).

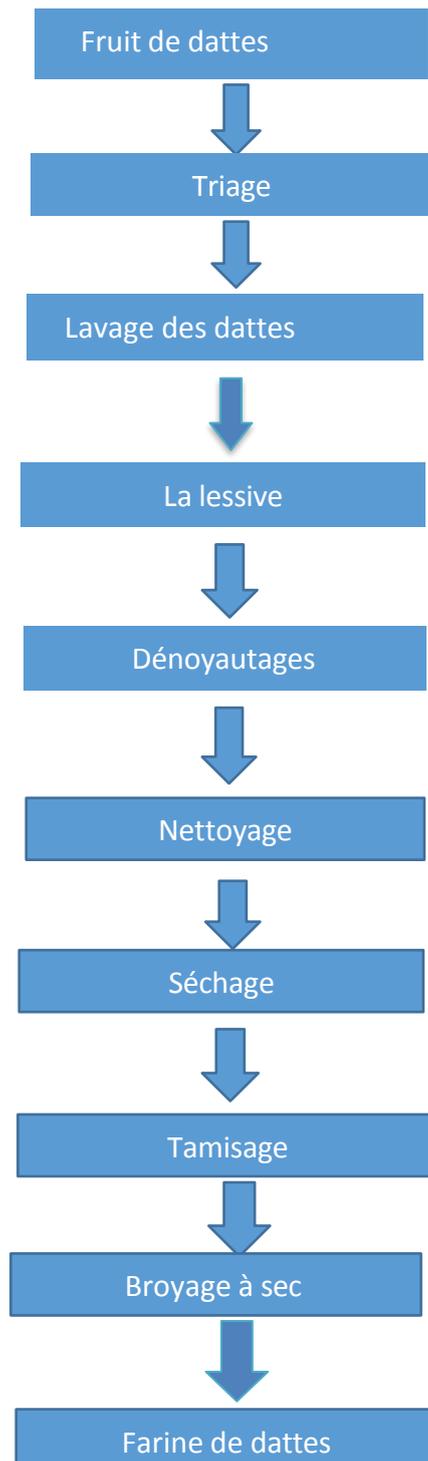


Figure 4 : Diagramme de fabrication de la farine de datte.

Chapitre II
Généralités sur le blé

II.1. Historique

Pendant longtemps, les céréales des oasis, surtout les blés, sont restées cachées du monde. Ils ne sont pas bien connus car les oasis sont loin des grandes villes et que d'autres céréales étaient plus répandues, elles poussent dans des endroits secs (Henry et Buysler, 2001).

Le blé occupe une place centrale dans l'alimentation humaine, son histoire est intimement liée à celle de l'agriculture et de l'Homme. Sa culture remonte à bien avant l'écriture, caractérisant l'agriculture néolithique apparue en Europe il y a 8 000 ans. Le blé tendre, est apparu entre 5 000 et 6 000 ans avant J.-C (Doussinault et al., 1992), dans le croissant fertile, il s'est ensuite répandu en Europe à partir de la Grèce. C'est depuis cette région que les différentes variétés de blé ont gagné l'Afrique, l'Asie et l'Europe. La route la plus ancienne de diffusion des céréales vers les pays du Maghreb partait de la péninsule Italienne et de la Sicile (Henry et Buysler, 2001).

2. Le blé dur

Le blé dur, scientifiquement nommé *Triticum durum*, est une plante annuelle appartenant à la famille des Poacées (ou Graminées). Cette céréale, classée parmi les monocotylédones, se distingue par son grain unique, appelé caryopse. Ce fruit sec et indéhiscant renferme une graine entourée de téguments riches en composés bénéfiques pour la santé humaine.

En effet, les téguments du blé dur regorgent de polyphénols et de caroténoïdes, des antioxydants naturels qui luttent contre les radicaux libres et protègent les cellules. Ces propriétés antioxydantes ont été mises en lumière par des études scientifiques, comme celle de Coda et al. (2015).

Cultivé principalement dans la région Méditerranéenne, le blé dur joue un rôle crucial dans l'alimentation humaine. Il est l'ingrédient de base de la semoule, un élément essentiel dans la préparation de nombreux plats traditionnels, comme le couscous et les pâtes fraîches (La fiandra et al., 2014). Le blé dur est également utilisé pour la fabrication de pâtes alimentaires de haute qualité, appréciées pour leur goût et leur texture. Ces pâtes, présentes sur les tables du monde entier, témoignent de la grande valeur culinaire de cette céréale (Delgado et al., 2021).

Au-delà de ses qualités gustatives, le blé dur constitue une source importante de

protéines végétales et de glucides complexes. Ces nutriments essentiels contribuent à une alimentation saine et équilibrée, faisant du blé dur un aliment de base dans de nombreuses régions du globe (Khan et al., 2016).

2.1. La classification botanique du blé dur

La classification botanique du blé dur est la suivante (Missouri Botanical Garden, (n.d.)).

Tableau III : Classification botanique du blé dur

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Ordre	Poales
Famille	Poacea
Genre	Triticum
Espèce	Triticum durum Desf

3. Le blé tendre

3.1. Définition

Les grains de blé tendre sont arrondis, les enveloppes sont épaisses, sans transparence. Ils se prêtent particulièrement bien à la mouture ; en effet, lors du passage entre les cylindres, les enveloppes s'aplatissent et s'ouvrent sans se broyer, libérant l'amande et donnant une très forte proportion de son. Les blés tendres permettent d'obtenir une farine de bonne qualité, contenant environ 8 à 10 % de gluten, ayant de bonnes aptitudes pour la panification (Anonyme 2, 2013).

II.3.2. Classification botanique

La classification botanique du blé tendre est la suivante :

Tableau IV : Classification botanique du blé tendre

Règne	Végétal Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
L'embranchement	Magnoliophyta
Classe	Liliopsysda
Sous-classe	comelinidae
Ordre	Cyperales
Famille	Poaceae
Sous-famille	pooideae
Tribu	Triticale
Genre	Triticum
Espèces	Triticum aestivum , (Blé Tendre)

Le grain de blé est de forme ovoïde plus ou moins allongée, son examen révèle :

- ✓ Une face dorsale plus ou moins bombée ;
- ✓ Une face ventrale, comportant un sillon profond ;
- ✓ Dans sa partie supérieure, de courts poils forment la brosse ;
- ✓ Dans sa partie inférieure, le germe est visible sur la face dorsale.

La couleur des blés varie du roux au blanc, en rapport avec le pays d'origine, le sol, la culture, et le climat (Leslie, 2012).

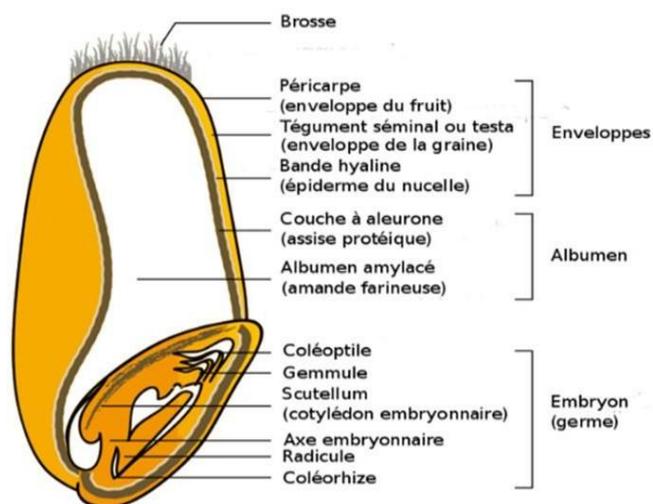


Figure 5 : Schéma montrant la structure du grain de blé

II.3.3. Composition biochimique du grain de blé tendre

Les différents composés du grain de blé tendre sont élucidés dans le tableau ci-dessous.

Tableau V : Composition biochimique du grain de blé tendre

Composés	Références
Amidon : 67-68% et 78-82%	(Feuillet, 2000)
Protéine : 80-85% des protéines totales	(Benhania, 2013)
Enzymes : faible quantité : protéases, amylases, les lipases	(Adrian et Poiffait, 1996)
Lipides : faible quantité	(Calvel, 1980).
Vitamines : riche en B1, B2, B5, PP, B6 et E	(Godon, 1995).

Les grains de blé tendres sont aussi une bonne source de matière minérale (Tableau V), ils peuvent être plus ou moins riches en minéraux selon le sol, le climat, la fumure et la saison (Godon, 1995).

Tableau VI : Composition minérale des grains de blé tendre

Matière minérale	Valeur
Potassium	300-600 mg/100 g
Phosphore	200- 500 U
Souffre	100-250 U
Magnésium	100-150 U
Chlore	50-150 U
Calcium	25-100

II.4. Le son de blé tendre

Le son de blé est l'un des sous-produits de la mouture sèche du blé tendre. Il se compose de couches extérieures du grain du blé avec une partie de l'albumen constituée de couche d'aleurone et d'une petite quantité de l'albumen amyliacée (Hassan et al., 2008).

II.4.1. Composition chimique de son du blé

Les différents paramètres chimiques du son de blé tendre sont présentés dans le tableau ci- dessus.

Tableau VII : Composition chimique du son de blé (% abs. Substances sèches)

Paramètres	Contenu	Paramètres	Contenu
Humidité	12,5-13,1	Vitamines E, mg/g	0,01 à 0,02
Protéine	13,1-13,8	B1 , mg/g	15,5-16,3
Lipides	3,7 à 4,0	B2 , mg/g	12,2-13,0
Les glucides	57,0-58,5	B3 , mg/g	12,2-12,7
Amidon	20,3-22,5	Flavonoïdes	0,03-0,4
Hémicelluloses	18,2-18,9	Alkylrésorcinol	0,29-0,32
Oligosaccharides	3,7 à 4,0	Phytostérols	0,15 à 0,17
Cellulose	19,5-20,3	Acide phytique	4.2–4.4
Lignine	5.4–6.1	Acide férulique, mcg/g	100-220
Acide phénole	1,1 à 1,6	Substances minérales	5,1 à 5,7
Polyphénols	1.1–1.2	Fibre alimentaire	41,4-54,2

II.4.2. Diagramme d'extraction du son fin

L'extraction du son fin est un processus utilisé pour séparer les particules fines de son du reste du grain de blé par voie sèche.

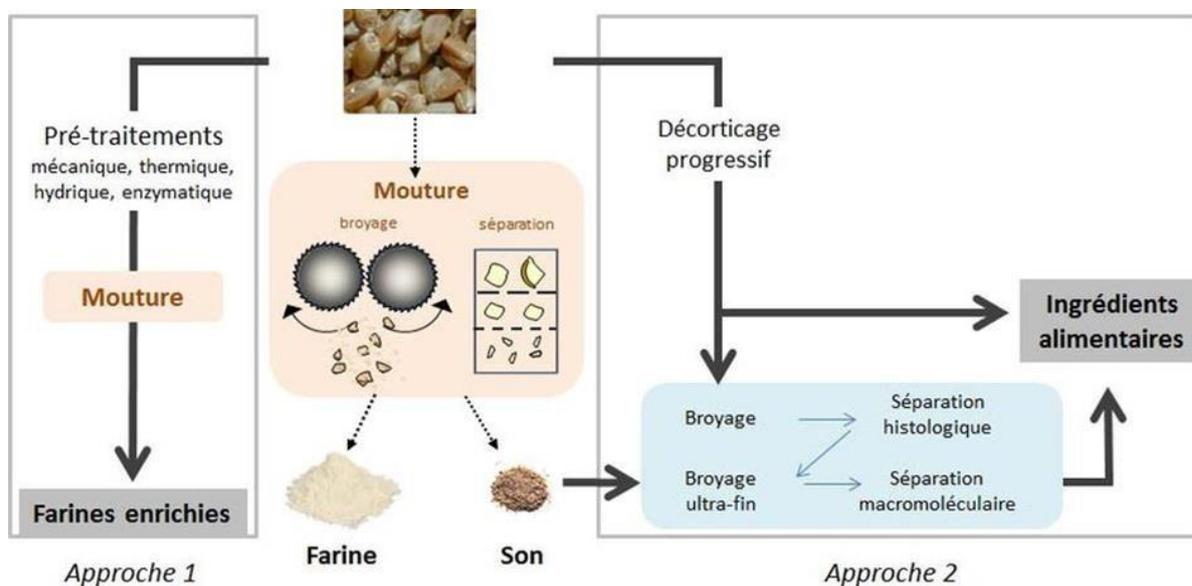


Figure 6 : Approches schématisques du fractionnement par voie sèche des grains et fils de blé

II.4.3. Utilisation du son de blé

Traditionnellement, environ 90% du son de blé est utilisé pour la consommation animale, tandis que les 10% restants ont trouvé des applications en tant qu'ingrédients dans l'élaboration d'aliments transformés, principalement le pain et les snacks de céréales (Hemdane et al., 2015 ; Onipe et al., 2015), ou bien dans des régimes alimentaires sains (Prückler et al., 2014).

Chapitre III
Céréales de petit déjeuner

III.1. Généralités

Les céréales pour petit-déjeuner sont des aliments dérivés des grains de céréales (blé, riz, avoine, etc.). Elles sont souvent enrichies en vitamines, minéraux et fibres, ce qui en fait une source précieuse de nutriments pour les enfants et les adultes. Faciles et rapides à préparer, les céréales pour petit-déjeuner sont idéales pour les matins pressés ou pour ceux qui n'ont pas faim le matin. Elles constituent un repas complet et équilibré qui permet de faire le plein d'énergie pour bien démarrer la journée (Caporizzi et Schönlechner, 2023,).

III.2. Historique

Les céréales du petit déjeuner sont apparues vers 1850 (les marques les plus connues : Quaker® et Kello-gg's®). Les deux frères Kellogg's rêvaient d'une vision différente du petit déjeuner. Ils pensaient vraiment que le petit déjeuner traditionnel à base de pain était dépassé. John créa les corn flakes comme alternative saine au petit déjeuner. Ils étaient offerts à l'époque dans les hôpitaux pour « nourrir » les patients, pour les « revigorer ». Cependant, ces céréales « nature

» n'eurent pas le succès escompté dans la population générale. William, son frère, ayant une fibre plus commerciale, eut l'idée d'y ajouter du sucre. Cette version sucrée rencontra l'engouement du public jusqu'à aujourd'hui avec une panoplie de formes et de goûts (Association Belge du Diabète, 2018).

III.3. Définition

Les céréales « petit déjeuner » sont des produits à base de grains de céréales (blé, maïs, riz, avoine, orge, quinoa, etc.) ou de farines de céréales auxquelles sont ajoutés d'autres ingrédients tels que le sucre, le chocolat, le cacao, les fruits oléagineux, les fruits séchés, les fruits lyophilisés, le miel, le caramel, etc. Ils sont généralement caractérisés par leur croustillant unique et le maintien de leur intégrité lorsqu'ils sont consommés avec du lait. Ces caractéristiques sont essentielles pour l'acceptation du produit par les consommateurs (Association Belge du Diabète, 2018).

III.4. Qualité nutritionnelle des céréales pour petit-déjeuner

Les céréales pour petit-déjeuner sont indispensables, car elles peuvent contribuer de manière significative à l'apport quotidien en glucides, en protéines, en fibres alimentaires, en vitamines et en minéraux. La qualité nutritionnelle est la somme des matières premières et des ingrédients utilisés et de la manière dont ils sont transformés. L'ajout de sucre et l'accessibilité du glucose dans l'amidon sont des facteurs qui influencent la réponse glycémique des céréales pour petit-déjeuner, mais ils peuvent être modifiés par transformation. L'optimisation de la nutrition et de la qualité sensorielle est importante, car la première est essentielle pour la santé et la seconde influe sur l'acceptabilité par le consommateur.

La consommation de céréales complètes et de céréales au son, par exemple au petit-déjeuner, a été associée à une amélioration des biomarqueurs, du contrôle de la glycémie et des profils lipidiques sanguins. En outre, le risque de prise de poids au fil du temps et de mortalité due à des maladies telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète et le cancer est réduit (Sumithra et Bhattacharya , 2008).

III.5. Avantages et inconvénients des céréales industrielles

Avantages et inconvénients des céréales industrielles sont montrés dans le tableau ci-après.

Tableau VIII : **Avantages et inconvénients des céréales industrielles** (castells, 2009)

Avantages	Inconvénients
Commodité	Teneur élevée en sucre
Enrichissement nutritionnel	Additifs et conservateurs
Variété	Faible valeur nutritionnelle

III.6. Préparation des céréales extrudées industriellement

La popularité des céréales pour petit-déjeuner en tant qu'aliments prêts-à-manger était en hausse en raison de leur commodité, de leur facilité de consommation, de préparation et de stockage. Parmi les ingrédients majeurs de préparation des céréales industrielles on distingue ; le maïs, le blé, le riz, la pomme de terre et l'avoine (Adepeju et al., 2024) Le diagramme ci-dessous montre les différentes étapes de préparation des céréales extrudées industriellement.

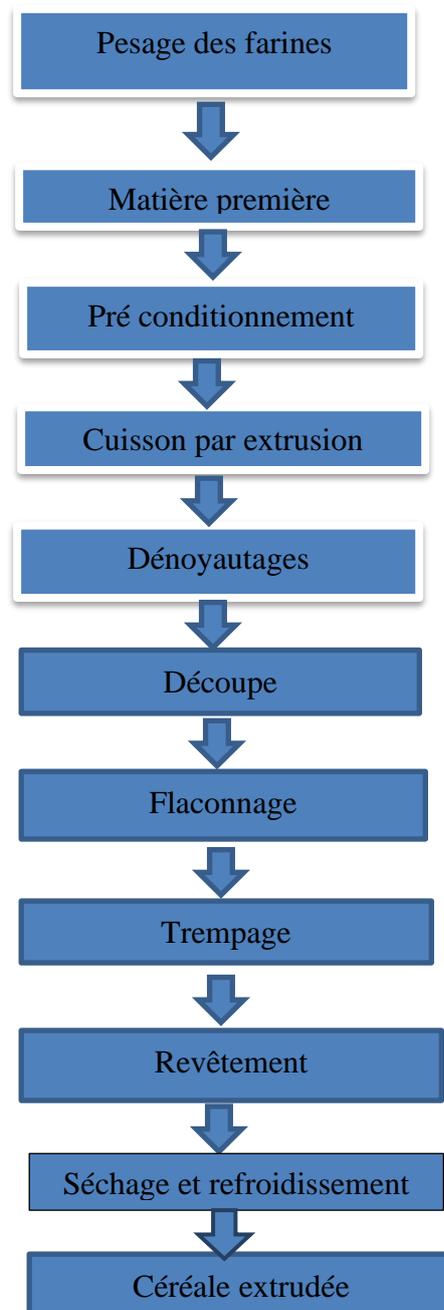


Figure 7 : Organigramme de préparation des céréales extrudées

Chapitre IV
Matériels et méthodes

Cette étude vise à formuler des céréales (du petit déjeuner) à forte valeur ajoutée, en utilisant deux produits de faible valeur marchande, les dattes sèches de la variété Degla-Beida (pour remplacer le sucre et la farine) et le son fin de blé tendre pour servir de source de fibres et de protéines.

Pour cela, différentes analyses sont réalisées :

1. Préparation des échantillons de dattes (farine de dattes) au niveau du laboratoire de recherche L3BS du département des Sciences Alimentaires, de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, de Université A. Mira – Bejaia.

2. Test de dégustation suivi d'une évaluation des paramètres organoleptiques réalisé au niveau du laboratoire d'analyse sensorielle du département des Sciences Alimentaires, de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, de Université A. Mira – Bejaia.

3. Caractérisation physico-chimique des échantillons (poudre de datte, du son fin de blé tendre, des céréales commerciales (témoin), et des céréales nouvellement formulées. Ces analyses sont réalisées au sein de la filiale Les Moulins de la Soummam du groupe AGRODIVE de Sidi Aiche, Willaya de Bejaia.

4. Caractérisation biochimique de la poudre de datte, du son fin de blé tendre, des céréales commerciales (témoin), et enfin des céréales nouvellement formulées. Ces analyses sont réalisées au niveau des laboratoires (pédagogique : technologie alimentaire et de recherche : L3BS) du département des Sciences Alimentaires, de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, de Université A. Mira – Bejaia.

IV.1. Echantillonnage des matières premières**IV.1.1. Dattes Degla-Beida**

Les dattes sèches de la variété Degla-beida, sont procurées du commerce de la ville de Bejaïa. Elles sont récoltées pendant le mois de Novembre 2023. Une fois arrivées au laboratoire, elles ont subi un triage manuel afin d'éliminer les dattes infestées, puis elles sont nettoyées à l'eau du robinet et rincer avec l'eau distillée. Afin de récupérer la pulpe, les dattes ont subi un dénoyautage manuel, puis séchées dans une étuve, de marque Ecocell, réglée à 40°C pendant 48 h pour obtenir des dattes dures et cassantes. Par la suite, elles sont broyées à froid à l'aide d'un mortier en cuivre, suivi d'un broyage électrique sans chauffage, et d'un tamisage manuel pour obtenir une farine de dattes avec un diamètre des grains inférieur à 250 µm. L'opération est répétée jusqu'au tamisage complet.

La poudre de datte obtenue est destinée à la fabrication des céréales. Les différentes étapes de préparations de cette poudre sont montrées dans la figure ci-dessous

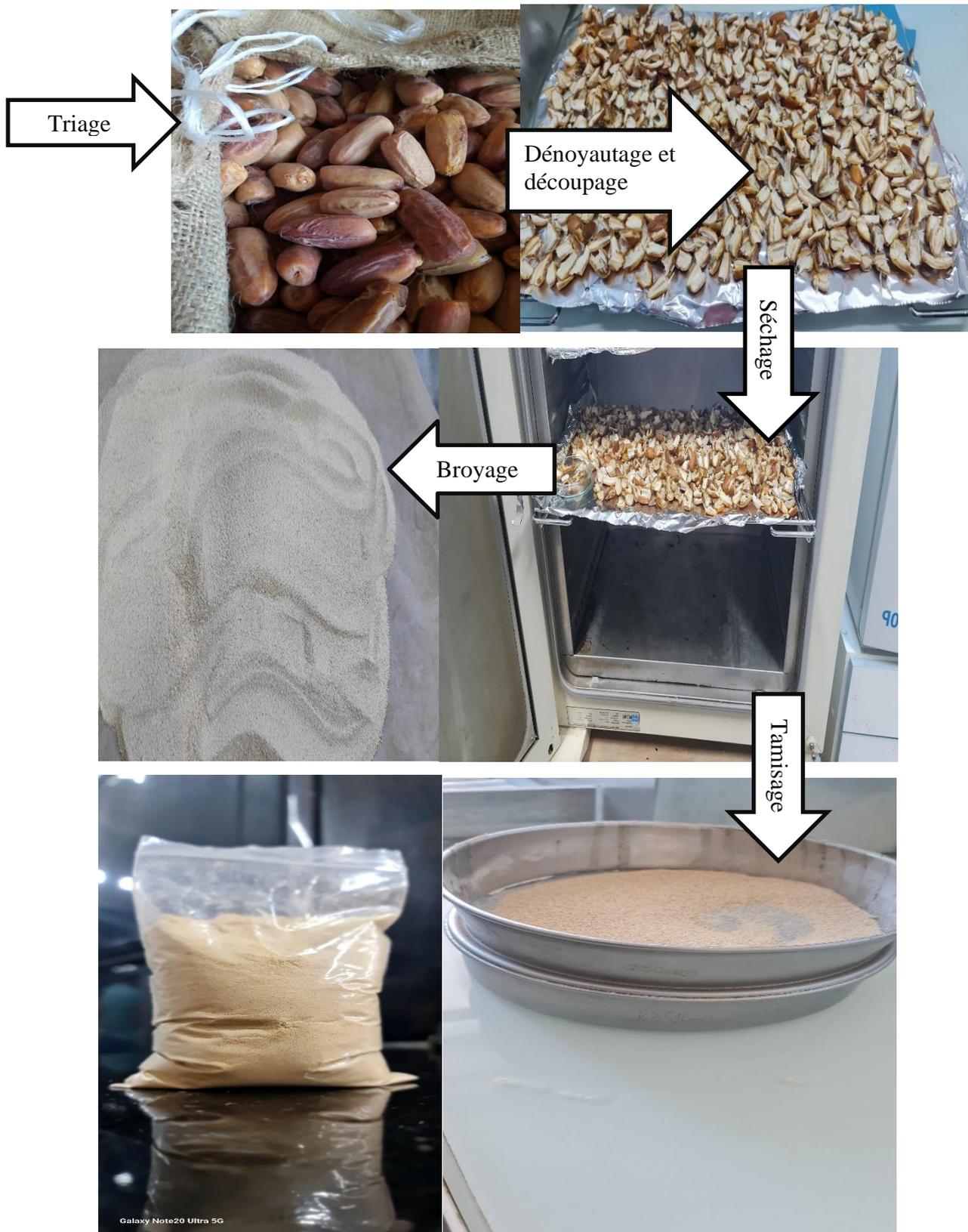


Figure 8 : Etapes de préparation de la poudre de dattes

IV.1.2. Son fin de blé tendre

Cette matière première est fournie par la Filiale Les Moulins de la Soummam du groupe AGRODIVE de Sidi Aich de la Willaya de Bejaia.

IV.2. Préparation des céréales

IV.2.1. Composition des céréales

Afin de préparer une formulation optimale de céréales, un plan d'expériences pour mélanges

Est mis en place. Les céréales A, B, C, D, E, et F sont élaborées selon des formules distinctes, ayant toutes comme ingrédients communs de la farine de dattes et du son fin de blé tendre (g :100g).

Tableau IX : Composition des différentes préparations

	Céréale A	Céréale B	Céréale C	Céréale D	Céréale E	Céréale F
Farine de blé tendre	9	16	9	2	2	2
Poudre de datte	4	4	11	11	4	18
Le son fin	27	20	20	27	34	20
Sucre	26	26	26	26	26	26
Cacao	10	10	10	10	10	10
Sel	1	1	1	1	1	1
Huile végétale (Ml)	10	10	10	10	10	10
Eau	14	14	14	14	14	14

IV.2.2. Procédé de fabrication des céréales

Les différentes étapes suivies au cours de la préparation des céréales sont illustrées dans la figure 9.

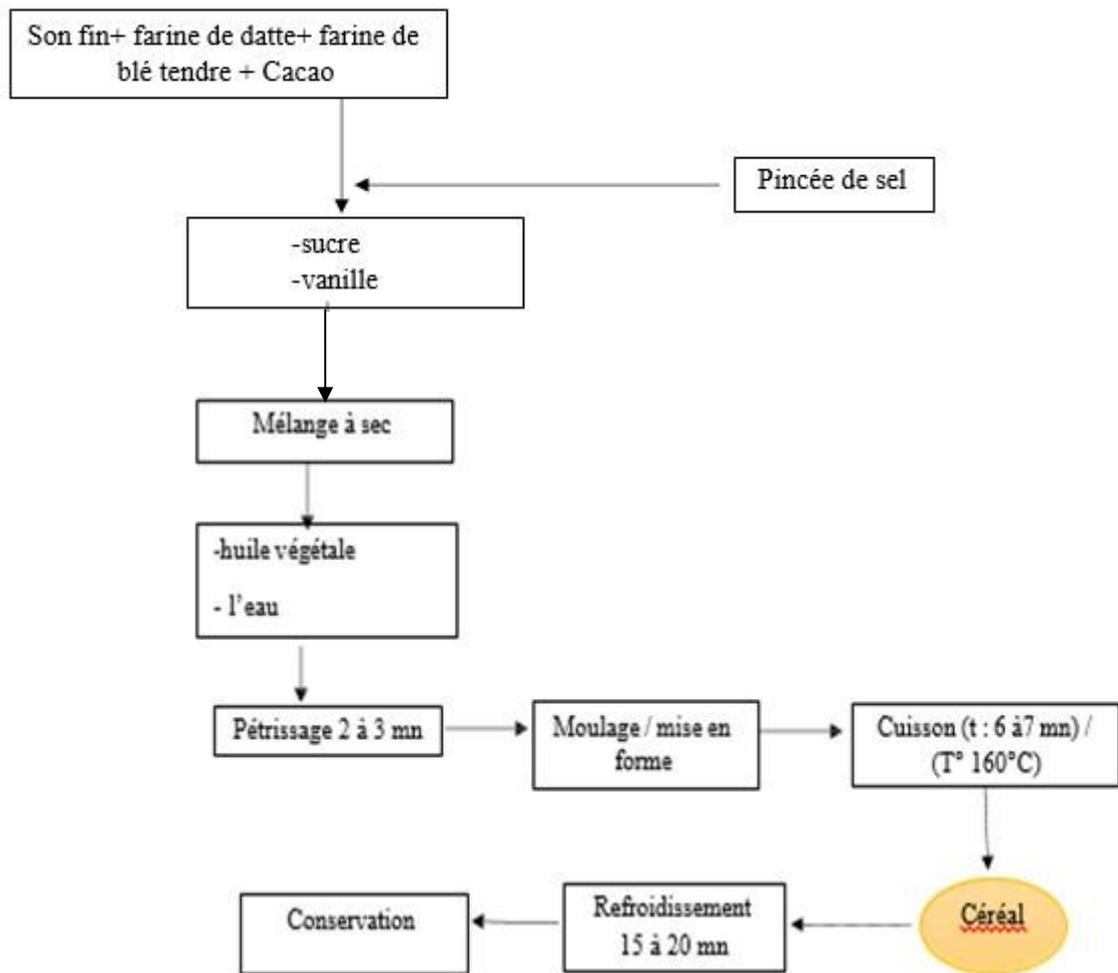


Figure 9 : Diagramme de fabrication des céréales

IV.2.3. Analyse sensorielle des céréales préparées

L'analyse sensorielle est un domaine crucial dans l'industrie agroalimentaire, permettant d'évaluer les propriétés perceptibles d'un produit, telles que la vue, l'odeur, le goût, la texture et le son. Cette analyse vise à décrire et mesurer objectivement les caractéristiques organoleptiques, influençant la perception et l'appréciation du consommateur.

IV.2.3.1. Évaluation par un jury d'experts et un public naïf

Dans le cadre de cette étude, un panel de 10 dégustateurs experts, composé d'enseignants et de techniciens de l'université de Bejaia, est formé et entraîné aux techniques d'évaluation sensorielle, et 10 dégustateurs du public naïf. Ce panel expérimenté a ensuite analysé six échantillons élaborés à partir de farine de datte et de son fin de blé tendre.

IV.2.3.2. Préparation du questionnaire

Avant de procéder à l'analyse sensorielle un questionnaire est préalablement préparé. D'après Delacharlerie et al. (2008), le questionnaire doit être le plus claire possible, et toutes les explications et instructions nécessaires doivent s'y trouver. Notre questionnaire est préparé, avec les descripteurs suivants : la texture ou sensation tactile au touché, la texture en bouche, la flaveur et la sucrosité et en fin l'appréciation globale. Il comporte deux échelles de notation, de 1 à 5 et une autre de préférence de 1 à 9 pour une analyse sensorielle (Voir l'annexe 1).

IV.2.3.3. Préparation des échantillons

Afin d'optimiser le déroulement du test, chaque poste est équipé de sept gobelets en plastique préalablement codés pour identifier chaque échantillon. Un verre d'eau minérale, des serviettes en papier, un questionnaire et un stylo sont également mis à disposition. Les échantillons sont disposés dans l'ordre défini par le questionnaire, facilitant ainsi la tâche des participants (annexe 2).

IV.3. Etude statistique

Les données recueillies via les questionnaires remis aux juges sont analysées à l'aide du logiciel XL STAT version 2014. Ce logiciel complet d'analyse de données et de statistiques utilise Microsoft Excel comme interface pour la récupération des données et l'affichage des résultats

Pour interpréter les résultats de l'évaluation sensorielle, les fonctionnalités suivantes du logiciel sont exploitées :

IV.3.1. Caractérisation du produit :

Cette fonctionnalité permet de décrire les attributs sensoriels des produits testés.

IV.3.2. Analyse en composantes principales (ACP) :

Cette technique statistique permet de réduire la dimensionnalité des données et

d'identifier les variables les plus importantes pour expliquer la variabilité des produits.

IV.3.3. Classification ascendante hiérarchique (CAH) :

Cette méthode permet de regrouper les produits en fonction de leurs similitudes sensorielles.

IV.3.4. Carte de préférence (PRFMAP) :

Cette représentation graphique permet de visualiser les préférences des juges pour les différents produits.

IV.4. Analyses physico-chimiques des différents échantillons (NF V 03-706)

Les échantillons ayant subi les différentes analyses sont : la poudre de dattes, le son de blé tendre, les céréales qui sont mieux appréciées par le panel de dégustation et les céréales commerciales.

IV.4.1. Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau est la perte de masse de l'échantillon, exprimée (%), chauffé pendant 1h et demie, dans une étuve réglée à 130- 133 °C et à pression atmosphérique jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

Des nacelles vides sont pesées (P1) après séchage à l'étuve pendant 15 min et refroidissement pendant environ 30 min dans un dessiccateur. Dans chaque nacelle, 5g de poudre sont déposés (P2). Les nacelles sont introduites dans l'étuve préalablement réglée à 130°C pendant une heure et demie. Elles sont ensuite pesées après 30 min de refroidissement dans un dessiccateur (P3).

Les résultats sont exprimés comme suit :

P1: masse de la nacelle vide (g)

$$H\% = \frac{P2 - P1}{P2 - P1} \times 100$$

P2; masse de la nacelle et de l'échantillon avant séchage (g)

P3 : masse de la nacelle et l'échantillon après séchage (g).

IV. 4.2. Détermination du taux de cendres (taux de la matière minérale) (NF V 03-720)

Le principe repose sur l'incinération du produit dans une atmosphère oxydante à une température de 900°C jusqu'à combustion complète de la matière organique, la teneur en cendres est déterminée par la pesée du résidu.

A l'aide d'une balance analytique, une nacelle vide est pesée (P1), ensuite 5g de poudre sont mis dans cette nacelle (P2), puis à l'aide d'une pipette quelques gouttes d'alcool (éthanol) sont ajoutées, afin d'accélérer la vitesse d'incinération.

On élimine l'alcool afin d'éviter l'évaporation à l'intérieur du four. Enfin, les nacelles sont introduites dans le four à moufle, pendant 2 h à 900°C. Une fois l'incinération achevée, les nacelles sont retirées ensuite mises dans un dessiccateur avant de les peser (P3).

Les résultats sont exprimés comme suit :

$$A = (7.35 (V1-V0) C / M) \times (100 / 100-H),$$

P1 : Poids de la nacelle vide

P2 : Poids de la nacelle + poids du produit (avant incinération) P3 : Poids de la nacelle et le produit après incinération

MS : Matière sèche

IV.4.3. Détermination de l'acidité grasse (NF V03-712)

05 g de poudre sont mis en contact de 30 ml d'éthanol à 95%, la solution est ensuite agitée à l'aide d'un agitateur mécanique pendant 01 h, puis elle va subir deux centrifugations successives pendant 2 min chacune. 20 ml de surnageant sont prélevés et introduits dans une fiole dans laquelle 05 gouttes de phénophtaléine sont additionnées, puis le mélange est titré avec la solution de KOH (0,05 N) jusqu'au virage de la coloration au rose pale.

L'acidité grasse, exprimée en grammes d'acide sulfurique pour 100 g de matière sèche, est donnée par la formule suivante :

$$A = (7.35 (V1-V0) C / M) \times (100 / 100-H),$$

C : Concentration en moles par litre de la solution d'hydroxyde de potassium ;

M : Masse en grammes de la prise d'essai ;

V1 : Volume en ml de la solution d'hydroxyde de potassium utilisée pour la

détermination ; V0: Volume en ml de la solution d'hydroxyde de potassium utilisée pour l'essai témoin ; H : Teneur en eau de l'échantillon pour l'essai.

IV .5. Analyses biochimiques des différents échantillons

IV.5.1 Préparation des extraits phénoliques

5 g de poudre de chaque échantillon sont macérés dans 100 ml d'éthanol 50% en utilisant une plaque agitatrice pendant 24 h, la solution est ensuite filtrée avec du papier filtre et les extraits obtenus sont conservés dans des flacons ombrés à 4°C (Amessis-Ouchemoukh et al., 2017).

IV.5.2. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux des différents extraits (D, S, CC, PF) est fait par la méthode de Folin-Ciocalteu adaptée par Brahmi et al., (2015). Un volume de 100 µL de l'extrait est dissous dans 6 ml d'eau distillée, additionné de 500 µL de Folin-Ciocalteu dilué 1 N (1 :10) et de 1,5 ml de carbonate de sodium à 20 %. Le mélange est ajusté à 10 ml avec de l'eau distillée et incubé à température ambiante pendant 2 h. L'absorbance est mesurée à 760 nm.

La teneur totale en composés phénoliques est déterminée à partir de l'équation de régression linéaire pour la gamme d'étalonnage de l'acide gallique : $y = 10,681x + 0,0502$, elle est exprimée en mg équivalent acide gallique par g de poids sec (mg EAG/g PS) (annexe 4) .

IV.5.3. Sucres totaux

La teneur totale en sucres est déterminée par la méthode au phénol de Dubois (1965). Un volume de 0,5 g de poudre est dissous dans 20 ml d'éthanol 80 %, puis agité pendant 2 h à température ambiante. 500 µL d'extrait sont ajoutés à 250 µL de phénol 5 % et 1,25 ml d'acide sulfurique. Le mélange est incubé à 30 °C pendant 20 min. Les absorbances sont lues au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 490 nm. Les résultats sont exprimés en mg équivalents glucose par g de poids sec (mg EG/g PS)

IV.5.4. Indice réfractométrie (° Brix)

Le degré Brix ou extrait sec soluble déterminé par réfractométrie est la concentration de saccharose dans une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit à analyser, dans certaines conditions. La concentration déterminée est exprimée en pourcentage massique (AFNOR, 1970).

Elle consiste à mélanger 1 g d'échantillon avec 10 ml d'eau distillée en agitant le mélange énergiquement. Une goutte du mélange est prélevée et déposée sur la surface du prisme du réfractomètre. Le deuxième prisme est glissé sur le premier pour obtenir une couche uniforme de liquide. L'interprétation se fait en pointant le réfractomètre vers une source lumineuse, où deux zones apparaissent : l'une est claire, l'autre est sombre. La limite entre les deux zones indique l'ampleur de la réfraction.

IV.5.5. Dosage des protéines

La teneur totale en protéines des échantillons est déterminée par la méthode de Bradford (1976). Le réactif est préparé en mélangeant 100 mg de bleu Coomassie Brillant avec 50 ml d'éthanol 95%. Un volume de 100 ml d'acide phosphorique 85% est ajouté, puis agité. La solution est diluée pour avoir 1 000 ml. 3 ml de réactif de Bradford sont ajoutés à un volume de 100 µL des différents extraits. Le mélange est agité et incubé à température ambiante pendant 5 min. Les absorbances sont lues au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595 nm. La teneur en protéines est exprimée en mg équivalents BSA par g de poids sec (mg BSA E/g PS) en référence à une courbe d'étalonnage.

IV.5.6. Évaluation du statut antioxydant

L'activité antioxydante des différents échantillons est évaluée par la méthode de piégeage du radical 2,2-diphenyl 1-picrylhydrazyl (DPPH).

La capacité de piégeage des radicaux libres est évaluée selon la procédure décrite par Brahmi et al. (2015) en utilisant du DPPH instable. La réaction antioxydante avec les radicaux est réalisée pendant 1 heure, à l'obscurité et à température ambiante, en mélangeant 250 µL de l'extrait avec 750 µL de solution de DPPH° dans l'éthanol. La diminution de l'absorbance à 517 nm est mesurée par rapport à un blanc à l'éthanol pur pour estimer la capacité de piégeage des radicaux des différents extraits. L'absorbance est mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV, un blanc est préparé avec tous les réactifs à l'exception de l'extrait qui est remplacé par à l'éthanol. L'expérience est répétée trois fois et les valeurs moyennes sont enregistrées. L'activité de piégeage des radicaux est calculée et exprimée en pourcentage de d'inhibition en utilisant la formule suivante :

$$\text{Inhibition \% (I \%)} = (\text{Abs control} - \text{Abs sample}) / (\text{Abs control})$$

Abs contrôle : est l'absorbance du blanc (dans lequel le même volume d'éthanol est utilisé à la place de l'extrait). Abs échantillon : est l'absorbance en présence de l'extrait. Les résultats sont aussi exprimés en IC50 correspondants à la concentration d'extrait induisant

l'inhibition de 50% du radical DPPH, une faible valeur de l'IC50 correspond à une activité antioxydante plus élevée de l'échantillon.

Chapitre V
Résultats et discussion

V.1. Analyse sensorielle

Avant d'effectuer les différents tests sur XLSTAT, un plan d'expérience a été réalisé. Une fois les données des jurys experts et consommateurs naïfs sont rapportées sur le logiciel ; La procédure de génération d'un plan d'expérience est lancée. Pour chacune des catégories : Analyse sensorielle un plan d'expérience optimal a été trouvé, ce qui valide les autres tests sur XLSTAT.

V.1.1. Caractérisation de produit

La caractérisation des produits est une étape cruciale en analyse sensorielle. Elle vise à identifier les descripteurs clés qui permettent de distinguer le produit le plus performant et de définir ses caractéristiques essentielles. Cette démarche permet de mieux comprendre les perceptions des consommateurs et d'optimiser la qualité des produits (Husson et Pages, 2009).

V.1.2. Pouvoir discriminant par descripteur

Le résultat de ce test est illustré dans la figure 9, il permet d'afficher les descripteurs ordonnés celui qui a le plus fort pouvoir discriminant sur le produit comparé à celui qui a le plus faible.



Figure 10 : Pouvoir discriminant par descripteur.

La figure 10 montre le pouvoir discriminant de quatre descripteurs (texture en bouche, texture au touché, la sucrosité et la flaveur) appliqués aux six échantillons de céréales de petit-déjeuner.

Les descripteurs sont classés par ordre décroissant de leur pouvoir discriminant, la flaveur étant le plus discriminant et la sucrosité le moins discriminant. C'est-à-dire que la flaveur, la texture en bouche, la texture au touché et la sucrosité diffèrent entre les six céréales formulées. Par contre le descripteur le moins discriminé est la flaveur cela veut dire qu'il n'existe pas de différence de flaveur pour les six céréales formulées selon les juges.

V.1.3. Coefficients des modèles

Les coefficients des modèles des six échantillons sont présentés dans l'annexe 8.

L'échantillon A : En rouge, sont affichées les caractéristiques ayant des notes inférieures à la moyenne. Donc l'échantillon A est caractérisé par sa sucrosité qui est intense.

L'échantillon B : En bleu, est affichée la caractéristique dont le coefficient est significativement positif, donc selon les juges l'échantillon B est caractérisé par sa texture au touché qui ni tendre ni dur.

En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ont des notes proches de la moyenne, ces caractéristiques sont : la texture en bouche, la flaveur et la sucrosité.

L'échantillon C : En bleu, est affichée la caractéristique positive, donc selon les juges l'échantillon C est caractérisé par une texture en bouche très croustillante.

En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ont des notes proches de la moyenne, qui sont : la texture en bouche, sucrosité et la flaveur.

L'échantillon D et E : Dans l'échantillon D et E, les caractéristiques texture au touché et texture en bouche sont inférieures à la moyenne, qui est croustillant, très croustillant, dur et très dur, et que la flaveur et la sucrosité sont proches de la moyenne.

L'échantillon F : Il est caractérisé par des coefficients positifs dont la texture en bouche, au touché et la sucrosité et par une note proche à la moyenne en flaveurs selon les juges.

V.1.4. Moyennes ajustées par produit

Ce test permet d'identifier les moyennes qui se distinguent significativement de la moyenne globale pour chaque combinaison de produits et de caractéristiques.

Les moyennes significativement supérieures à la moyenne globale sont représentées en bleu, tandis que celles significativement inférieures sont en rouge. Les moyennes qui ne présentent pas de différence significative par rapport à la moyenne globale sont indiquées en blanc.

Tableau X : moyennes ajustées par produits.

Echantillons	Texture bouche	La flaveur	Texture touché	La sucrosité
F	4,500	3,200	4,800	3,700
C	4,500	2,800	4,400	2,500
B	3,700	2,700	4,600	2,400
D	3,100	3,000	3,300	3,000
A	3,700	2,700	4,400	1,800
E	2,300	2,600	3,000	2,500

L'Echantillant F : Nous remarquons que les descripteurs textures en bouche, texture en touché et sucrosité ont un effet significativement positif sur le produit qu'est caractérisée par une texture en bouche dur, croustillante à très croustillante au touché et avec une sucrosité modéré.

L'Echantillant C : La texture en bouche à un effet positif sur le produit qui est caractérisé par une texture croustillante.

L'Echantillant B : La texture au touché à un effet positif sur le produit qui est caractérisé par une texture dur à très dur

L'Echantillant D, E et A : D et E sont des échantillons qui ont un effet négatif par rapport à la texture en bouche et au touché, ils sont caractérisés par une texture faiblement croustillante en bouche et en sensation tactile ni tendre ni dure. Contrairement à l'échantillon A qui est caractérisé par sa sucrosité légère.

V.1.5. Cartographie externe de préférence (PREFMAP)

Cette méthode, appelée "Préférence MAPPING", permet de relier les préférences exprimées par les consommateurs aux caractéristiques organoleptiques des produits. Elle est essentielle pour les équipes marketing car elle leur permet d'adapter leurs produits aux goûts du consommateur.

D'après l'annexe 9, les céréales **F** et **C** ; sont les plus préférées, elles ont presque le même degré de préférence caractéristique précédemment décrite, 80 à 100% des juges préfèrent le produit « **C** » et de 60% à 80% des juges préfèrent le produit « **F** ».

V.1.5.1. Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP peut être considérée comme une méthode de projection qui permet de projeter les observations, depuis l'espace à p dimensions des p variables vers un espace à k dimension ($k < p$) tel qu'un maximum d'informations soit conservé (l'information est ici mesurée à travers la variance totale du nuage de points) sur les premières dimensions. Les observations peuvent être représentées sur un graphique à 2 ou 3 dimensions, facilitant ainsi grandement l'interprétation (Jolliffe, 2002).

Dans la figure 11 sont représentées les corrélations entre les variables et les facteurs par L'ACP.

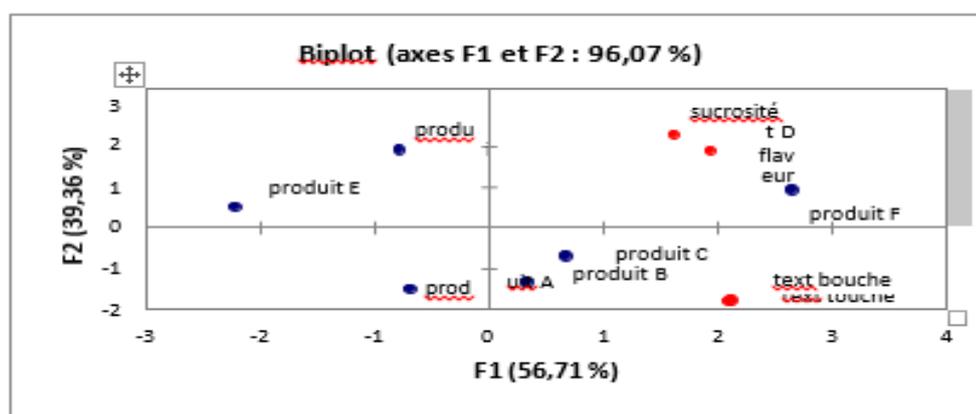


Figure 11 : Corrélation entre les variables et les facteurs

D'après cette figure nous voyons clairement que les céréales A, B, C et les céréales D, E et F ont des caractéristiques différentes. Les céréales A, B et C sont caractérisées par une texture en bouche (très croustillante) et une texture au touchée qui est dure.

Les caractéristiques des céréales F sont essentiellement : un fort gout sucré, et une saveur extrême. Les céréales E sont caractérisées par une saveur et une sucosité légère.

Les céréales D sont caractérisées par une saveur et une sérosité modérée.

V.1.5.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH)

L'application de l'analyse des données CAH génère plusieurs tableaux et graphes. Le graphe du profil des classes (réalisé à partir des données de préférences) permet de comparer visuellement les moyennes des différentes classes créées voir annexe 10.

Classe 1 : Préfère les produits B et F par rapport à d'autres produits ;

Classe 2 : Préfère les produits F, B et D par rapport à d'autres produits ;

Classe 3 : Préfère les produits B, C et F presque en des degrés proches contrairement aux autres ;

Classe 4 : Préfère les produits F, A, C et D ;

Classe 5 : Préfère les produits A, C, D et F avec des proportions élevées ;

Classe 6 : Préfère les produits D, E et F, à des degrés équivalents contrairement le produit A qui enregistre aucune préférence par cette classe ;

Classe 7 : Préfère les produits A, C et E.

Classe 8 : Préfère les produits A, B, C et F ;

Classe 9 : Préfère les produits F et C à des degrés très élevés par rapport aux autres produits.

V.2. Propriétés physico-chimiques

Les résultats de l'analyse physicochimique des différents échantillons (poudre de dattes, poudre de céréales commerciales, poudre de céréales formulées les plus appréciées et le son fin) sont illustrés dans le tableau **XI**.

Tableau XI : les Résultats des analyses physico-chimique exprimer en pourcentage

Paramètres analysés	Poudre de datte	Sonde blé fin	Poudre des céréales commerciales	Poudre des céréales formulées (produits fini)
Teneur en eau	7,48	12,67	5,03	4,39
Taux de cendre	1,44	2,26	6.28	1,57
Acidité grasse	0,95	0,14	15,35	1,70

V.2.1. Teneur en eau

La poudre de datte : La teneur en eau joue un rôle essentiel dans la texture de la datte, influençant sa fermeté ou son moelleux. Elle est également un facteur déterminant de la qualité et de la conservation du fruit. Sa connaissance est précieuse pour le calcul de la valeur nutritive, car elle permet d'exprimer les autres analyses (protéines, cendres, lipides...) sur une base uniforme, appelée matière sèche (Acourene et al., 2002). La détermination de la teneur en eau de la poudre de datte a une importance capitale car elle permet :

- De prévenir le comportement de la farine au cours d'une éventuelle conservation ;
- De déterminer la quantité d'eau à ajouter au cours du processus de transformation de la matière dans notre cas dans la fabrication des céréales du petit déjeuner ;
- L'obtention de la farine dépend largement de ce paramètre, puisque le broyage ne peut se faire qu'à faible teneur en humidité, et cela pour éviter le colmatage de la pulpe dans le broyeur.

L'humidité de la poudre de datte s'avère remarquablement basse, s'établissant à 7,48%. Cette valeur se situe légèrement en dessous des teneurs en eau rapportées par Acouren et Tama (1997) pour la même variété et qui varient entre 8% et 10%. D'autre part, cette teneur rentre dans l'intervalle rapporté par Al-Farsi and Lee. (2008) qui se situe entre 7,2 % et 50,4 %. Une faible teneur en eau constitue un atout majeur pour la conservation de cette poudre, car elle permet de prolonger considérablement la durée de vie du produit, pouvant atteindre une année entière dans des conditions de stockage optimales.

Le son fin de blé tendre : Cette matière se distingue par sa faible teneur en eau, qui est seulement de 12,67%. Cette valeur est légèrement inférieure aux normes établies par l'ISO 11051, qui fixent un taux d'humidité maximal de 18% pour ce type de produit. Cette caractéristique permet de prolonger sa durée de vie jusqu'à une année entière si les autres conditions de stockage sont respectées. Un taux d'humidité de $5,25 \pm 0,03\%$ a été rapporté par Li et al. (2022), cette valeur est très faible par rapport à celle trouvée dans la présente étude.

Les céréales formulées et les céréales commerciales : D'après le tableau VII, la poudre des céréales formulées a présenté une teneur en eau presque identique (4,39%), à celle des céréales commerciales (5,03%). Ce résultat est en faveur de l'augmentation de la durée de conservation de ces céréales car une teneur élevée en humidité favorise la croissance microbienne et réduit la durée de conservation (Mekuria et al., 2021), cette faible teneur en humidité contribuerait ainsi à la réduction du coût de conservation si jamais ce produit sera un jour industrialisé.

Dans les travaux réalisés par Adepeju et al. (2024) des teneurs en eau allant de $3,4 \pm 0,32\%$ à $3,63 \pm 0,22\%$ ont été rapportées dans les différentes formulations de céréales de petit-déjeuner extrudées à base de maïs jaune, sorgho et palmier dattier, une valeur inférieure a été rapportée pour les céréales du commerce ($2,50 \pm 0,01\%$). En effet, les valeurs rapportées par ce groupe de chercheurs sont inférieures à celle obtenue dans notre étude et celle des céréales du marché Algérien. Cependant, un autre groupe de chercheurs, ayant travaillé sur la formulation des céréales de petit déjeuner extrudées à partir de mélanges d'éleusine maltée (Eleusine coracana) et farine de graines de pastèque (Citrullus lanatus), a rapporté des valeurs supérieures ($6,27 \pm 0,08\%$ et $7,67 \pm 0,01\%$) pour les différentes formulations et les céréales du commerce $5,16 \pm 0,02\%$ (Oghenewogaga Owhero et al., 2023). La divergence entre les résultats trouvés dans cette présente étude et les résultats rapportés dans la littérature ne peut être expliquée que par la différence dans la composition des formulations en termes d'ingrédients et par conséquent en termes de taux d'humidité, il faut aussi souligner que les formulations produites ont été préparées dans des conditions différentes.

V.2.2. Teneur en cendres

La poudre de dattes : Les dattes sont reconnues comme l'un des fruits les plus riches en éléments minéraux, comme l'a souligné Munier en 1973.

L'analyse de la poudre de dattes révèle un taux de cendre de 1,44%. Cette valeur se

rapproche de celle rapportée par Boudrâa (2004) pour la même variété (1,74% de matière sèche), elle est dans l'intervalle rapporté par Al-Farsi et Lee. (2008) et (Messadi et al., 2023) qui est 1,0 % -1,9 %. La teneur en cendres d'un échantillon est indicatrice de la quantité de sels minéraux qu'il contient, elle est directement liée à son taux de cendres (Djafri et al., 2020).

Le son fin de blé : Le taux de cendres du son fin de blé tendre est de 2,26%. Cette valeur est inférieure à celles rapportée dans la littérature (Ye et al., 2021 ; Li et al., 2022), qui sont de 4,98% et $3,74 \pm 0,09\%$, respectivement. En revanche, elle se situe dans l'intervalle de 2,2 à 7,25% proposé par Hell et al. (2016) pour le taux de cendres du son fin de blé tendre. Ces différences de teneur en cendres peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs, tels que la variété de blé utilisée, les conditions de culture, les procédés de mouture et les méthodes d'analyse utilisées.

Les céréales formulées et les céréales commerciales : D'après le tableau des résultats des analyses physico-chimiques, une différence notable dans la teneur en cendres est observée entre la poudre de céréales formulées (4,39%), et la poudre de céréales commerciales (20,95%). Cette disparité peut s'expliquer par des différences dans la composition des céréales, les procédés de transformation et la présence d'additifs ou de contaminants. Un taux de cendre élevé peut avoir des implications sur la qualité nutritionnelle, gustative et fonctionnelle.

V.2.3. Teneur en acidité grasse

La poudre de dattes : L'acidité de la farine de datte, exprimée en grammes d'acide sulfurique pour 100 grammes de matière sèche, représente la quantité d'acides, principalement des acides gras libres non estérifiés, extraits dans des conditions spécifiques.

Dans le cas présent, l'acidité grasse de la farine de datte est de 0,95%, la norme est fixée à moins de 0,055 %. ISO 73051998).

A notre connaissance et d'après la recherche bibliographique que nous avons effectuée, aucune donnée littérature n'a rapporté le taux d'acidité grasse dans les dattes. Cependant de nombreux travaux ont souligné la présence de lipides dans ce fruit dont la teneur varie de 0,20 à 1,50% (Djaoud et al., 2020 ; Al-Shahib et Marshall, 2003) et 0,2–0,5 g/100 g MS (Djaoud et al., 2024).

Le son fin de blé : L'acidité grasse de notre échantillon est largement supérieure exigée par les normes pour le blé et les farines (ISO 7305,1998), qui doit être ≤ 0.050 mg/KOH/100g. Aucune donnée littérature n'a été trouvée sur le matière grasse du son fin de blé, par contre plusieurs travaux ont été menés sur son taux de lipides, on cite par exemple le travail de Li et al. (2022) dans lequel ils ont rapporté une valeur de $4,93 \pm 0,56\%$. Les facteurs qui peuvent influencer l'acidité grasse du son de blé tendre sont : La variété de blé dont certaines sont naturellement plus riches en acides gras libres que d'autres ; les conditions de stockage, le son de blé tendre doit être stocké dans un endroit frais, sec et à l'abri de la lumière pour éviter le rancissement et l'âge du son car celui-ci a tendance à rancir avec le temps.

Les céréales formulées et les céréales commerciales : La poudre des céréales commerciales affiche une acidité grasse de 15,35%, tandis que la poudre des céréales formulées présente une acidité grasse de 0,14%. Cette différence importante s'explique par plusieurs facteurs : Composition des céréales, les procédés de transformation (torréfaction ou la déshydratation, peuvent concentrer les acides gras et augmenter leur teneur dans la poudre finale), l'addition des additifs (les céréales commerciales peuvent contenir des additifs, tels que des huiles végétales ou des agents aromatisants, qui contribuent à leur acidité grasse élevée).

Le taux d'acidité grasse peut affecter la qualité nutritionnelle des aliments, en effet, une acidité grasse élevée indique une teneur accrue en acides gras, dont certains peuvent être bénéfiques pour la santé, mais d'autres peuvent être nocifs. Il peut aussi avoir un effet sur la qualité gustative et visuelle, en affectant le goût et la couleur des céréales, les rendant moins appétissantes. Ce paramètre pourrait éventuellement modifier les propriétés fonctionnelles des céréales, telles que leur capacité de gélification, de liage ou d'émulsification.

V.3. Propriétés biochimiques

Les résultats des analyses biochimiques sont donnés dans le tableau XII.

Tableau XII : Résultats des différentes analyses biochimiques

Paramètres biochimiques	Poudre de datte	Son fin de blé	Poudre des céréales commerciales	Poudre des céréales formulées
Polyphénols totaux (mg/100 g)	3,8 (\pm) 0,03	3,4 (\pm) 0,15	2,94 (\pm) 0,08	5,18 (\pm) 0,23
Sucres totaux (mg/g)	140,4	11,4	154,8	282
Brix (%)	7,9	1,5	6,6	3
Protéines (mg/g)	0,15	1,55	0,08	0,42
DPPH (IC50 mg/ml)	2,82 (\pm) 0,21	6,66 (\pm) 0,11	7,78 (\pm) 0,16	5,23 (\pm) 0,10

V.3.1. Dosage des polyphénols totaux

Les résultats présentés dans le tableau VIII, révèlent des différences significatives entre les teneurs en polyphénols totaux des échantillons.

La poudre de dattes : La concentration en PTT de la poudre de datte est de $3,8 \pm 0,03$ mg EAG/ 100 g MS, cette valeur est inférieure à celles rapportées dans de nombreuses études sur les dattes de différentes variétés. Hamad et ses collaborateurs (2015) ont mené une étude sur 12 cultivars de *Phoenix dactylifera* L. de l'Arabie Saoudite, ils ont trouvé des teneurs variant de 10,4 à 22,1 mg de GAE/100 g de MS. L'étude réalisée par Al- Farsi et al. (2007) a rapporté des valeurs allant de 172 à 246 mg GAE/100 g PS. Dans les variétés de Mabseeli, Um-sellah et Shahal d'Omanie. Kchaou et al. (2013) ont testé les extraits des variétés de dattes Tunisiennes, ils ont trouvé des taux variant de 240,38 à 505,49 mg GAE/100 g MS. De plus, Biglari et al. (2008) ont obtenu des valeurs comprises entre 2,89 et 6,64 mg GAE/100g PS pour certaines variétés et Djaoud et al. (2020) ont rapporté une teneur de $2,27 \pm 0,04$ mg GAE/g dans la variété Degla elBeida, le même groupe de chercheurs ont rapporté dans leur étude très récente une valeur de $6,12 \pm 0,62$ mg EAG/g MS (Djaoud et al., 2024), par ailleurs Messadi et ses collaborateurs (2023) ont rapporté des valeurs allant de 232,0 à 167,7 mg GAE/100 g dans les variétés proches de celle étudiée dans la présente étude (Kentichi and Mech-Degla).

Le son fin de blé : La teneur en PPT du son fin de blé tendre est de $3,4 \pm 0,15$ mg EAG/100 g de MS, elle est largement inférieure à celle rapportée par Liang et al. (2024) dans leur étude réalisée sur le son fin de blé delipidé ($417,04 \pm 50,37$ mg EAG/100 g MS), ainsi que celle trouvée par Rohfritsch et al. (2021) qui est de 1,74 g EAG/100 g MS.

Les céréales formulées et les céréales commerciales : La teneur la plus élevée est observée dans la poudre de céréales formulées ($5,18 \pm 0,23$ mg EAG/100 g MS) comparée à celle des céréales du commerce ($2,94 \pm 0,08$ mg EAG/100 g MS).

Ces résultats indiquent que la farine de datte constitue une source intéressante d'antioxydants naturels, d'où son utilisation dans l'alimentation. Les différences observées entre les deux produits peuvent s'expliquer par la différence de composition, en effet, la poudre de céréales formulées est plus riche en PPT car elle est le résultat de la combinaison entre la farine de datte et le son fin de blé tendre qui sont eux une assez bonne source de polyphénols. Cette différence peut être aussi liée à d'autres facteurs qui sont entre autres le niveau d'humidité de conditionnement. Une étude réalisée sur l'impact de la teneur en eau sur les caractéristiques microstructurales techno-fonctionnelles des céréales du petit-déjeuner en Inde, a rapporté des différences dans la composition phénolique de ces céréales qui sont directement liées à leur teneur en humidité au cours de leur conditionnement, des valeurs variantes entre $5,87 \pm 0,16$ et $9,03 \pm 0,19$ (mg GAE/g) ont été rapportées pour des variations de teneurs en eau allant de 12 à 16%, respectivement (Allai et al., 2023). **Annexe 6.**

V.3.2. Sucres totaux

La poudre de dattes : Les sucres sont les constituants les plus importants des dattes, ils sont responsables de la douceur de l'aliment (Noui, 2007). D'après les résultats obtenus, la teneur en sucre de la variété Degla-beida est de 14,04 g /100g \approx 14,04%, cette valeur est très faible par rapport à celles rapportées dans la littérature. Des études antérieures ont rapporté des taux de 52 à 81 % et 52,6 à 88,6 %, respectivement (Noorghadami et al., 2022 ; Farsi and Lee, 2008). En outre, la teneur en sucres de certaines variétés autre que celle étudié dans ce présent travail varie de 69,7 % à 78,5 % (Hasan et al., 2022). Une autre étude sur les fruits de dattes, cultivées Émirats arabes unis, a indiqué une quantité de sucre, de l'ordre de 812 mg glucose eq. /g of MS (AlYammahi et al., 2022). Une très récente a indiqué un taux de sucres totaux allant 50 à 80 g/100 g MS (Djaoud et al., 2024).

De nombreux auteurs dont Munier (1973), Nixon et al., (1978), Sawaya et al., (1983) s'accordent sur le fait que les sucres de dattes varient en fonction de la variété considérée, du climat et du stade de maturation. Les résultats rapportés par différents auteurs dépendent en partie de la méthode utilisée.

Le son de blé : La teneur en sucres totaux du son de blé tendre est de 11,4 mg/g, qui est faible par rapport aux autres échantillons. Les études qui sont réalisées sur le son de blé fin concernent les sucres individuels et ou les sucres réducteurs. En effet, $2,63 \pm 0,1$ mg/g MS obtenus par Kong et al. (2022) dans son étude sur la formulation des biscuits enrichis avec du son de blé et du son de blé expulsé à la vapeur. La faible teneur en sucres totaux du son de blé tendre peut être expliquée par la nature du son, partie externe du grain de blé, qui est naturellement pauvre en sucres et le processus de transformation des grains de blé eux même, le son de blé tendre est souvent traité et broyé, ce qui peut entraîner une perte de sucres.

La faible teneur en sucres du son de blé tendre n'a pas d'impact significatif sur ses propriétés fonctionnelles. Le son de blé tendre est principalement utilisé pour sa richesse en fibres alimentaires qui contribuent à la régulation du transit intestinal, à la satiété et à la prévention de certaines maladies chroniques (Kong et al., 2022) (**Annexe 6**).

Les céréales formulées et les céréales commerciales : D'après les résultats, la teneur en sucre totaux de la poudre des céréales formulées est de 282 mg/g, tandis que celle des céréales commerciales est de 154,8 mg/g. Cette différence peut être expliquée par la différence dans leur composition (ingrédients), la poudre des céréales formulées est composée d'ingrédients riches en sucre tels que la farine des dattes ainsi que le sucre blanc annexe 3, tandis que la poudre des céréales commerciales contient seulement des sucres blancs.

V.3.3. Indice réfractométrie (° Brix)

Les résultats obtenus (Tableau VIII) ont montré que la poudre de datte s'est distinguée par sa valeur Brix la plus élevée, atteignant 7,9%. En comparaison, la poudre des céréales commerciales affiche une valeur de 6,6%, suivie de la poudre des céréales formulées avec 3% et enfin du son de blé tendre avec une valeur de Brix la plus faible de 1,5%.

V.3.4. Dosage des Protéines

La poudre de dattes : Si les protéines ne représentent qu'une part mineure de la valeur nutritive des dattes, selon Apprifel (2009), elles jouent un rôle crucial dans la vie du fruit. Elles constituent la base des enzymes essentielles aux échanges métaboliques et à la maturation.

Comme la plupart des fruits, les dattes ont une teneur en protéines relativement faible, autour de 0,15 % cette valeur est inférieure à celle rapportée dans la littérature. Nixon et Carpenter (1978) et Sawa et al. (1983) situent le taux de protéines entre 0,9% et 4% du poids frais de la datte et Djaoud et al. (2024) rapportent un taux 1,6–4,7 g/100 g MS, alors que Messadi et son équipe (2023) indiquent des teneurs de 3,8 et 2,8% dans les variétés proches (Kentichi and Mech- Degla) de celle analysée dans ce travail.

En général, la teneur en protéines des dattes est considérée comme faible. Cependant, selon de nombreux auteurs tels que Booij et al. (1993), Reyes et al. (1994) et Ahmad et al. (1995), les protéines des dattes sont d'excellente qualité, leur composition correspondant aux besoins de l'organisme.

Le son fin : Le taux de protéines dans le son fin de blé tendre s'élève à 15%. Cette valeur se situe dans la fourchette estimée par Hell et al. (2016), qui placent le taux de protéines du son de blé entre 9,3 et 15,5%, Cependant, il est important de noter que la teneur en protéines du son de blé peut varier en fonction de divers facteurs, tels que la variété du blé, les conditions de culture et les procédés de transformation. Néanmoins, nos résultats confirment que le son fin de blé tendre est une source intéressante de protéines, avec une teneur comparable à celle indiquée dans la littérature scientifique.

Les céréales formulées et les céréales commerciales : La poudre des céréales formulées (1,55 mg/g) contient une teneur en protéines nettement supérieure à celle de la poudre des céréales commerciales (0,08 mg/g). Cet écart en protéines s'explique par la différence dans la composition, en effet, les céréales formulées contiennent le son de blé qui est riche en protéines (**Annexe 5**).

V.3.5. Activité de piégeage du radical libre DPPH•

Le radical DPPH• est l'un des composés les plus utilisés pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicale et la simplicité de l'analyse (Bozin et al., 2008). La capacité antioxydante des différents extraits a été exprimée en IC50 qui est la concentration nécessaire pour réduire 50% du radical libre (DPPH•). Plus la valeur d'IC50 est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est grande (Hebi et Eddouks, 2016).

Dans le tableau XI sont présentés les valeurs d'IC50 pour l'activité antioxydante des quatre échantillons étudiés.

La poudre de dattes : Elle se distingue par la valeur d'IC50 la plus faible (2,82mg/ml) révélant l'activité antioxydante la plus élevée parmi les quatre échantillons. Djaoud et al. (2024) ont évalué l'activité anti radicalaire de la poudre de datte Dagla Beida, ils ont trouvé une valeur de $21,30 \pm 0,27$ mg ET/ml, qui demeure supérieure à celle trouvée dans la présente étude, cette divergence dans les résultats peut s'expliquer par le standard utilisé pour exprimer les résultats. Une équipe Tunisienne a rapporté des valeurs IC50 de $3,6 \pm 0,08$ mg/ml et $5,2 \pm 0,05$ mg/ml, pour les poudres de dattes de variétés proches de celle étudiée dans cette étude (Kentichi and Mech-Degla, respectivement (Messadi et al., 2023).

Le son fin de blé tendre : Il a présenté une IC50 = 6,66 mg/ml, une activité plus élevée (4,0 mg/ml) a été trouvée dans une étude menée par Xiao-Lan Shang et al. (2021). Un autre travail antérieur a rapporté des valeurs allant de 15,98 to 62,82 mg TE/g dans l'extrait delipidé du son de blé (Sahu et al., 2021), malheureusement nous ne pouvons pas comparer ce résultat à celui obtenu dans la présente étude, car ils sont exprimés différemment.

Les céréales formulées et les céréales commerciales : Les céréales formulées ont montré une activité antioxydante plus importante (IC50 = 5,23 mg/ml), que celle des céréales commercialisées (IC50 = 7,78 mg/ml), ceci est probablement dû aux ingrédients qui rentrent dans la composition des céréales formulées (son de blé et poudre de farine de dattes). Ce résultat confirme celui trouvé par Kong et al. (2022) et Jolayemi et Alabi. (2023).

Conclusion et perspectives

Cette étude a apporté des connaissances précieuses sur les caractéristiques physico-chimiques et biochimiques de la poudre de datte de la variété < Degla-Beida > et du son fin de blé tendre et les résultats obtenus confirment le potentiel de valorisation de ces deux sous-produits agroalimentaires.

La poudre de dattes (farine de datte) et le son fin de blé tendre, peuvent être qualifié comme des aliments ou des ingrédients fonctionnels, vu leurs qualités nutritionnelles. Cette poudre de datte peut être qualifiée comme un produit prometteur qui offre plusieurs avantages par rapport à d'autres farines et qui généralement remplace le sucre. D'autre part le son fin de blé tendre quant à lui, il contribue à l'enrichissement de certains aliments et il peut être incorporé dans des produits alimentaires pour remplacer la farine dans le but d'améliorer leur qualité nutritionnelle.

À la lumière des résultats des analyses physico-chimiques et biochimiques, pour chacun des échantillons traité (dattes, céréales commerciales, céréales formulées, et le son fin de blé tendre) on peut conclure que la poudre de datte est riche en sucres et en polyphénols, ce qui lui permet d'être un substitut prometteur au sucre raffiné dans les produits céréaliers. De son côté, le son fin de blé tendre, riche en protéines, peut améliorer la valeur nutritive de divers produits alimentaires.

En conclusion, cette étude démontre la faisabilité technique et l'intérêt économique de valoriser la poudre de datte et le son fin de blé tendre dans l'industrie agroalimentaire. Ces résultats ouvrent la voie à de nouvelles perspectives de développement de produits innovants et durables, contribuant ainsi à la réduction des déchets et à la promotion d'une alimentation plus saine, elle a permis aussi de démontrer que l'incorporation du son fin de blé tendre et la farine de dattes dans un produit alimentaire fait augmenter sa valeur nutritionnelle et contribue ainsi à une valorisation des deux sous-produits qui est l'objectif principale de notre étude

Références bibliographiques

A

Afnor 2000. Association française de normalisation. ISO 9000 : Système de management de la qualité, principes essentiels et vocabulaire.

Agence pour une vie de qualité (AVIQ). 2016. Toxi infection alimentaire collective.

Amartya S. 1981. les capacités de production et les possibilités d'échange qu'ont les populations jouent un rôle important dans la détermination de leur situation alimentaire.

B

Balde J. (2002). Etude de la qualité microbiologique des repas servis à l'hôpital de Dakar (HPD). (Thèse de doctorat en médecine vétérinaire de Dakar).

Blanc D. 2009, ISO 22000, HACCP et sécurité des aliments. : Recommandations, outils, FAQ et retours de terrain, Ed AFNOR, La plaine Saint-Denis Cedex.

Balahoune M et Bouzid A. (2018). Thèse de doctorat : Contrôle et Inspection En Restauration Collective Projet Réalisé Au Niveau Du Restaurant De L'hôtel « ZACCAR » A Hammam Righa. Université de Blida 1.

Buisson Y ; Teyssou R. (2002). « Les toxi-infections alimentaires collectives », revue française des laboratoires.

C

Carl Lachat K., LievenHuybregts F., Dominique Roberfroid A., Van Camp J., Anne-Marie E Remaut-De Winter., Debruyne P. and Patrick KolsterenW, 2008 . Nutritional profile of foods offered and consumed in à Belgian university canteen. Submitted five Octobre2007: Accepted 2 February 2008: First published online 17 April 2008. Public Health Nutrition: 12(1), 122–128

Chamoret C, (2013). Application de la pertinence de plans d'autocontrôle microbiologique. Thèse doctorale : université Claude Bernard Lyon I, 25-26p.

Chebli.S et Fellak. N. (2016). Inspection des restaurants collectifs de l'université Blida 1 (Thèse de doctorat). Université de Blida 1.

Corpet D. 2005. Public Health Nutrition : 12(1), 122–128 doi : 10.1017/S1368980008002048. Maîtrise des dangers. Polycopié. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, Unité pédagogique de l'Hygiène et l'Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale., 12p.

D

Diallo M. (2010). Contribution à l'étude de la qualité bactériologique des repas servis par Dakar Catering selon les critères du groupe SERVVAIR .Thèse de doctorat en médecine vétérinaire N°07. Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

Dieter V .C. (2017). Thèse de doctorat. Estimation de la morbidité des infections d'origine alimentaire en France. Santé publique et épidémiologie. Université Paris Saclay (COMUE), 2016. Français. NNT : 2016SACLS148ff.

Djossou F., Martrenchar A., Malvy D., (2010). Infections et toxi-infections d'origine alimentaire et hydrique. Orientation diagnostique et conduite à tenir. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), maladies infectieuses, 8-003-A-82.

Diouf L. (2013). Appréciation du niveau d'hygiène et proposition d'un système de traçabilité en restaurant collective : cas de Kiki traiteur SARL (Thèse de doctorat en médecine vétérinaire N°24). Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

Duho K. S. D. (2012). Le nettoyage et désinfection en restauration collective à l'hôpital principal de Dakar (Sénégal) (Thèse de doctorat en médecine vétérinaire N°09). Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

F

Flaconnet.F et Bonbled. P : la certification des systèmes d'assurance qualité dans l'agro-alimentaire français, dans «La qualité des produits alimentaires : politique, incitations, gestion et contrôle» MULTON JL, TEC et DOC, Ed." LAVOISIER (2e édition), Paris (1994) : 529-552.

Fleming, A. (2014). Toxi-infections alimentaires (TIAC) en région Rohn-Alpes : bilan et analyses des causes. Gestion opérationnelle D'une suspicion de TIAC par une direction départementale de la cohésion social et de la protection de la population (DDCSPP) : exemple dans le département de la Loire (Thèse de doctorat N°106). Université Claude-Bernard. Lyon.

G

Guide de l'achat public. (2017). Etude, programmation et équipement des locaux de restauration collective.

H

Hamza R. 1998. Particularités des Toxi-infections alimentaires collectives en milieu hospitalier. Rev. Microb. Hyg. Ali. Vol 10. 25 – 27.

I

Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). (2007). Conception des cuisines de restauration collective, repère en hygiène et prévention des risques professionnelle. 1^{er} édition. Paris. ISBN978-2-7389-1456-9. 62p.

J

JORA. (2017). Journal Officiel de la République Algérienne N°24 : Décret exécutif n° 17-140 du 14 Rajab 1438 correspondant au 11 avril 2017 fixant les conditions hygiène et de salubrité.

L

Lezzar. A ; Kaouèche. O ; Achat A. Laouar H ; Benkhemissa M ; Bentchouala C ; et Benlabed K. (2019) .Les toxi-infections alimentaires collectives, Journal Algérien de Médecine, Service de Microbiologie, CHU Ibn Badis Constantine. Jam Vol XXVII, N°4 Octobre/Décembre 2019.

M

Maréchal G. (2008). Les circuits courts alimentaires : Bien manger sur les territoires. Editions

Educagri. 213p. Université Cheikh Anta Diop Dakar.

Marteau P ; Flourité B, (2001). Tolerance to low –digestible carbohydrates : symptomatologie and methodes. Br J Nutr 2001 ; 85, Suppl I : S17-21.

Mekhancha D.E ; Yagoubi-benatallah .L ; Karoune R, et al,2016 : évaluation de la qualité nutritionnelle de l'offre alimentaire d'un restaurant universitaire d'un restaurant universitaire en Algérie, organisé par le laboratoire de recherche Alimentation, - INATAA/Université Frères MENTOURI Constantine 3- Faculté de Médecine/ Université Salah BOUBNIDER Constantine - Faculté des Sciences Références bibliographiques Economiques, Commerce et des Sciences de la Gestion/Université Abdelhamid MEHRI Constantine 2, Sciences & Technologie C – N°45 Juin (2017), p.37.

Mfouapon N. L. (2006). Etude de la contamination des surfaces dans la restauration collective universitaires de Dakar (Thèse de doctorat vétérinaire d'état).

Michel C : TAYOU .F. Étude de l'hygiène dans la restauration collective commerciale moderne à Dakar. Thèse doctorale : Ecole inter-états des sciences et médecine vétérinaires, 10-11p, 33p.

Ministre de santé. 2016, Rapport de situation épidémiologique, évaluation des indications période 2000-2016.

Mouloudi F. (2013). La qualité hygiénique et microbiologique de la restauration collective : cas de restaurants universitaires d'Oran (Mémoire de magister). Université d'Oran ES-Senia

N

Ndour S. (2008). Contribution à l'étude de la qualité microbiologique des repas chauds (plats cuisinés à l'avance) servis par Dakar « Catering » de 2006 à 2007 (Mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales). Université Cheikh Anta Diop Dakar.

P

Pointet I. (2013). Maitrise des couts en restauration collectives. Editions Lavoisier. Paris, 8p.235p

Q

Quittet C. et Nelis H. (1999). HACCP pour PME et artisans : Secteur produits laitiers. Tome 1. Gembloux : Les presses agronomiques de Gembloux.

S

Sanipousse. (2018). Les plats témoins en restauration (ou échantillons témoins).

Seydi. Dansou. (2009). Etude de la qualité microbiologique des repas servis au niveau du centre des Tuvres universitaires de DAKAR (C.O.U.D). Mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales N°18. Université Cheikh Anta Diop.

Soumare B.1992. Etude de l'hygiène de la restauration collective dans l'armée. Thèse Med. Vét. : Dakar ; 58.

Soumya .Ch. Mohamed. K ,2017 : Etude descriptive et épidémiologique des intoxications alimentaires dans la Wilaya de Mostaganem- mémoire master en sciences agronomiques.

Sylla S. B. (2000). Contribution à l'étude comparée des conditions de réceptions de stockage et de préparations des denrées alimentaire d'origine animale dans la restauration collective.

T

Tine R. S, (2007). Qualité microbiologique des repas servis au niveau des cases des tout-petits de Dakar. Thèse doctorale : école inter-états des sciences et médecine vétérinaire, 5p.

Tuvre universitaire de Dakar(COUD). (Thèse de doctorat N°02). Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

W

Wade M. 1996. Étude de la qualité microbiologique des repas servis au niveau des restaurants des oeuvres universitaires de Dakar.

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces.....	
Liste de abréviations.....	
Liste des tableaux	
Liste des figures.....	
Introduction	1

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le palmier dattier

I.1. Généralités sur le palmier dattier	2
I.1.1. Historique	2
I.1.2 Description morphologique	2
I.1.3. Nom vernaculaire et synonyme	3
I.1.4. Répartition géographique	3
I.1.4.1. Dans le monde	3
I.1.4.2. En Algérie	3
I.1.4.3. Classification botanique	4
I.2. Fruit de la datte.....	4
I.2.1. Définition de la datte	4
I.2.2. Description de la date	4
I.2.3. Stade de maturation des dattes.....	5
I.2.4. Catégories des dattes.....	5
I.2.5. Composition des dattes	6
I.2.6. Valeur nutritionnelle de la datte.....	6
I.2.7. Valorisation et transformation des dattes.....	7
I.3. Farine ou poudre de datte	7
I.3.1. Processus de fabrication de la farine de datte	7

Chapitre II : Généralités sur le blé

II.1. Historique.....	9
2. Le blé dur	9
2.1. La classification botanique du blé dur	10
3. Le blé tendre	10
3.1. Définition.....	10

II.3.2. Classification botanique	11
II.3.3. Composition biochimique du grain de blé tendre.....	12
II.4. Le son de blé tendre.....	13
II.4.1. Composition chimique de son du blé	13
II.4.2. Diagramme d'extraction du son fin.....	14
II.4.3. Utilisation du son de blé	14

Chapitre III : Céréales de petit déjeuner

III.1. Généralités.....	15
III.2. Historique	15
III.3. Définition.....	15
III.4. Qualité nutritionnelle des céréales pour petit-déjeuner	16
III.5. Avantages et inconvénients des céréales industrielles	16
III.6. Préparation des céréales extrudées industriellement.....	17

Chapitre IV : Matériels et méthodes

IV.1. Echantillonnage des matières premières.....	19
IV.1.1. Dattes Degla-Beida	19
IV.1.2. Son fin de blé tendre.....	21
IV.2. Préparation des céréales	21
IV.2.1. Composition des céréales	21
IV.2.2. Procédé de fabrication des céréales.....	22
IV.2.3. Analyse sensorielle des céréales préparées	22
IV.2.3.1. Évaluation par un jury d'experts et un public naïf	23
IV.2.3.2. Préparation du questionnaire.....	23
IV.2.3.3. Préparation des échantillons	23
IV.3. Etude statistique	23
IV.3.1. Caractérisation du produit :	23
IV.3.2. Analyse en composantes principales (ACP) :	23
IV.3.3. Classification ascendante hiérarchique (CAH) :.....	24
IV.3.4. Carte de préférence (PRFMAP) :	24
IV.4. Analyses physico-chimiques des différents échantillons (NF V 03-706)	24
IV.4.1. Détermination de la teneur en eau	24
IV.4.2. Détermination du taux de cendres (taux de la matière minérale) (NF V 03-720)	
.....	25

IV.4.3. Détermination de l'acidité grasse (NF V03-712).....	25
IV .5. Analyses biochimiques des différents échantillons.....	26
IV.5.1 Préparation des extraits phénoliques	26
IV.5.2. Dosage des polyphénols totaux.....	26
IV.5.3. Sucres totaux.....	26
IV.5.4. Indice réfractométrie (° Brix).....	26
IV.5.5. Dosage des protéines	27
IV.5.6. Évaluation du statut antioxydant.....	27
Chapitre V	26
Résultats et discussion.....	26
V.1. Analyse sensorielle.....	29
V.1.1. Caractérisation de produit.....	29
V.1.2. Pouvoir discriminant par descripteur	29
V.1.3. Coefficients des modèles	30
V.1.4. Moyennes ajustées par produit	31
V.1.5. Cartographie externe de préférence (PREFMAP)	32
V.1.5.1. Analyse en composantes principales (ACP).....	32
V.1.5.2. Classification ascendante hiérarchique (CAH).....	33
V.2. Propriétés physico-chimiques.....	33
V.2.1. Teneur en eau	34
V.2.2. Teneur en cendres	35
V.2.3. Teneur en acidité grasse	36
V.3. Propriétés biochimiques	38
V.3.1. Dosage des polyphénols totaux	38
V.3.2. Sucres totaux	39
V.3.3. Indice réfractométrie (° Brix)	40
V.3.4. Dosage des Protéines.....	41
V.3.5. Activité de piégeage du radical libre DPPH•.....	42
Conclusion et perspectives	42
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Annexes

Annexe 1 : questionnaire d'analyse sensorielle des céréales

Bejaia le 28/04/2024

Sexe : Masculin éminin

QUESTIONNAIRE D'ANALYSE SENSORIELLE DES CÉRÉALES

Huit échantillons de céréales, identifiés par les codes A, B, C, D, E, F, G et H sont présentés. Pour chaque échantillon, il vous est demandé d'attribuer une note pour différentes caractéristiques, en utilisant l'échelle de notation suivante :

Texture (sensation tactile au touché) :

- 1. Très tendre;
- 2. Tendre ;
- 3. Ni tendre ni dure ;
- 4. Dure;
- 5. Très dur.

A	B	C	D	E	F	G	H

La texture en bouche (sensation tactile buccale) :

- 1. Très moelleuse;
- 2. Moelleuse;
- 3. Faiblement croustillante ;
- 4. Croustillante ;
- 5. Très croustillante.

A	B	C	D	E	F	G	H

La flaveur

- 1. Aucune ;
- 2. Très légère ;
- 3. Légère ;
- 4. Modéré ;
- 5. Extrême.

A	B	C	D	E	F	G	H

La sucrosité :

- 1. Absence de sucré ;
- 2. Sucré léger ;
- 3. Sucré modéré ;
- 4. Sucré prononcé ;
- 5. Sucré intense.

A	B	C	D	E	F	G	H

Appréciation globale :

Attribuez une note allant de 1 à 9 pour chaque échantillon, selon votre préférence sachant que : 1 correspond à l'échantillon le moins préféré 9 au plus préféré.

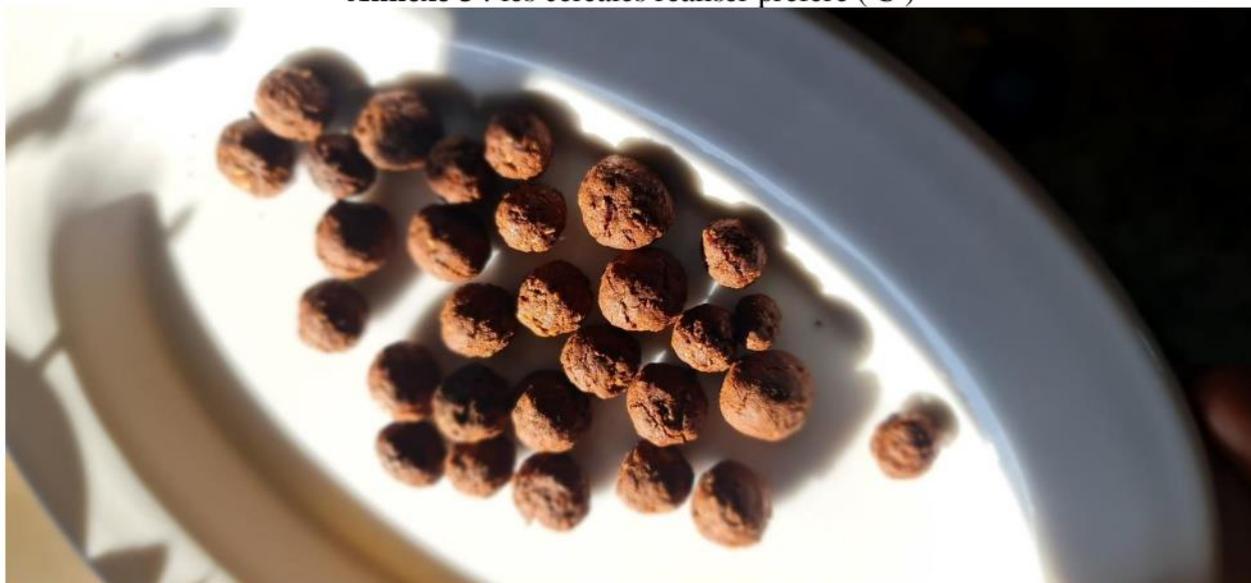
Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E	Echantillon F	Echantillon G	Echantillon H

Merci pour votre participation

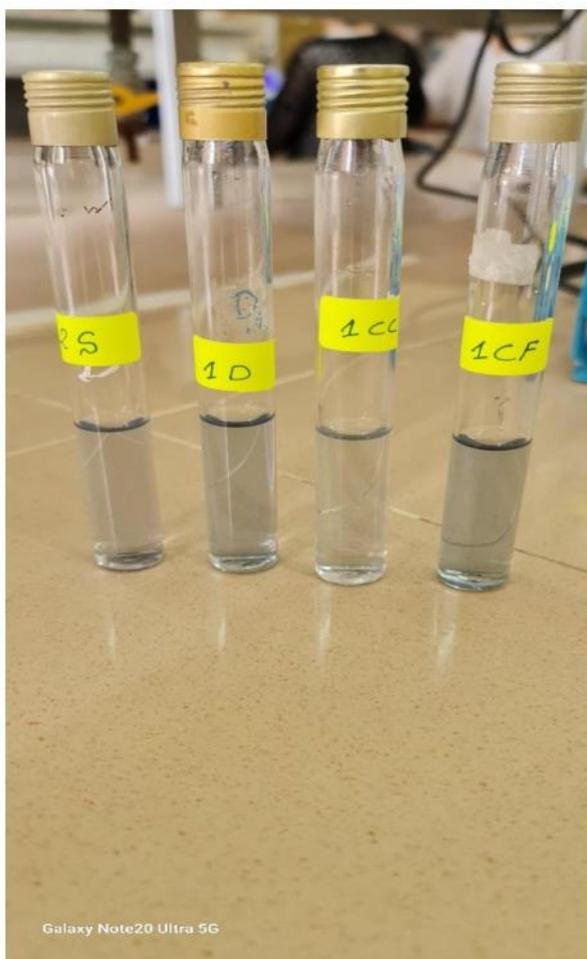
Annexe 2 : Préparation des échantillons



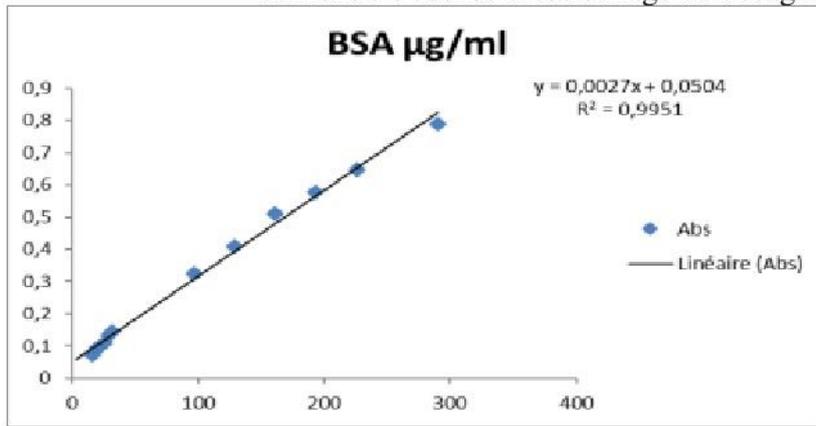
Annexe 3 : les céréales réaliser préféré (C)



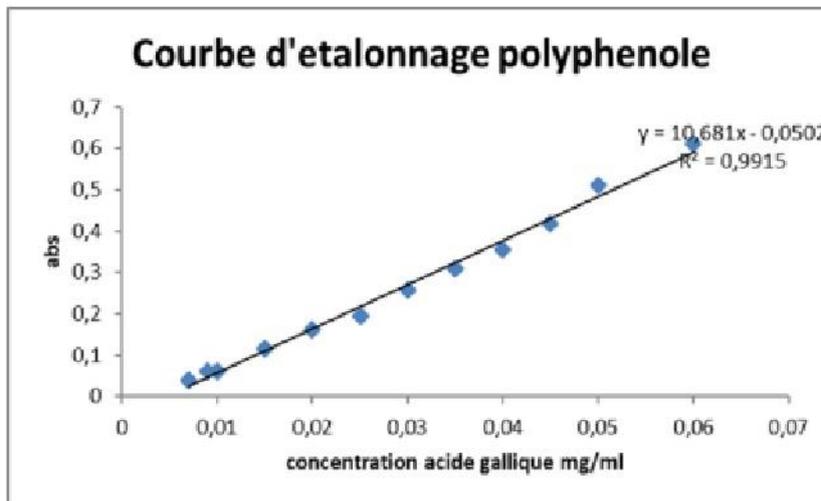
Annexe 4 : dosage des polyphénole



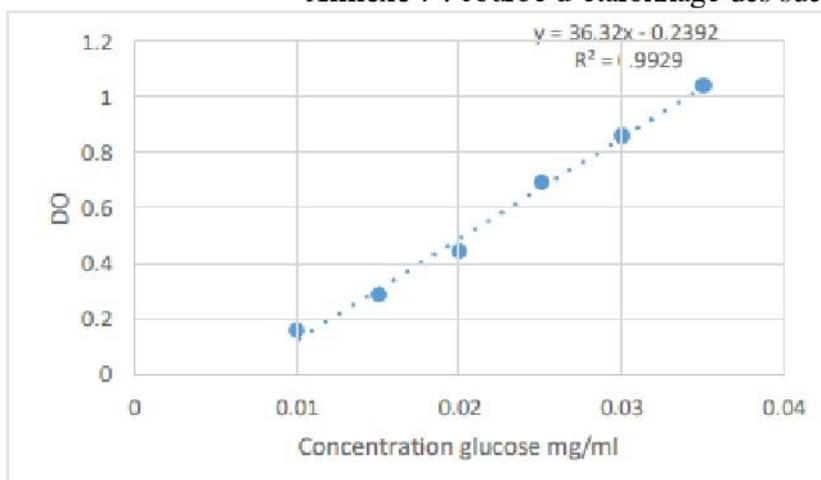
Annexe 5 : courbe d'étalonnage du dosage des protéines



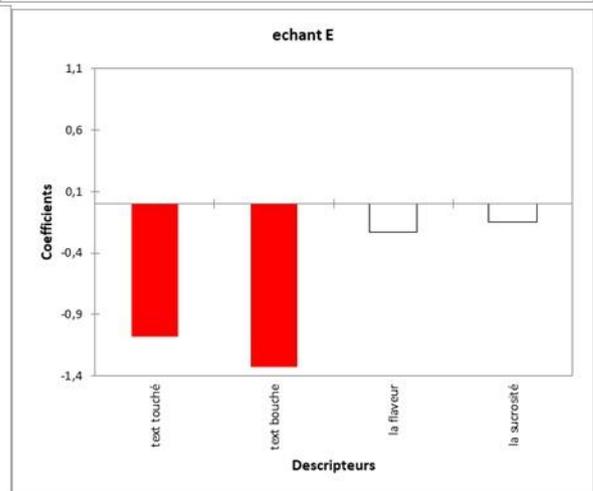
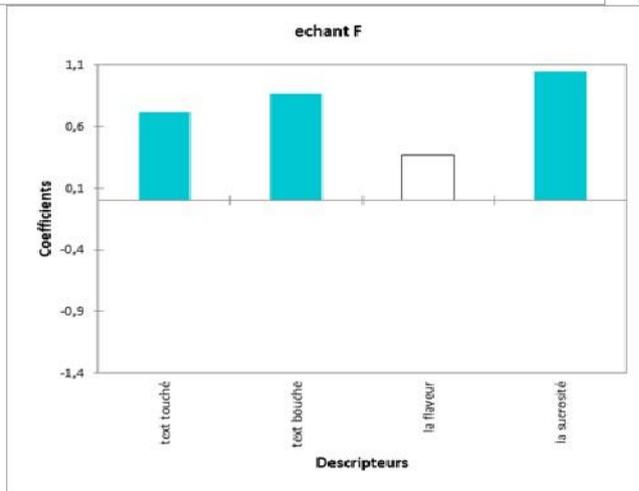
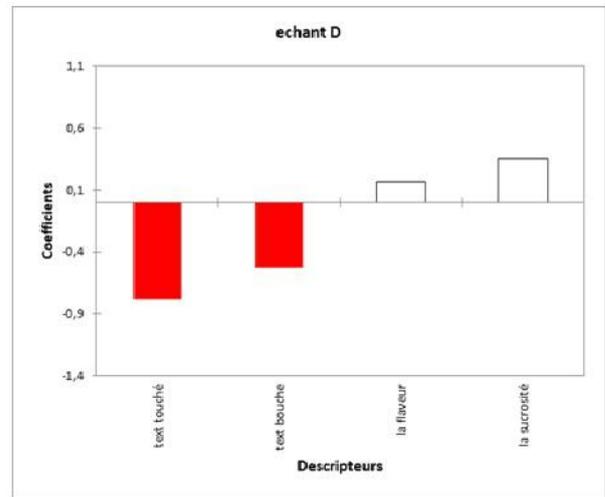
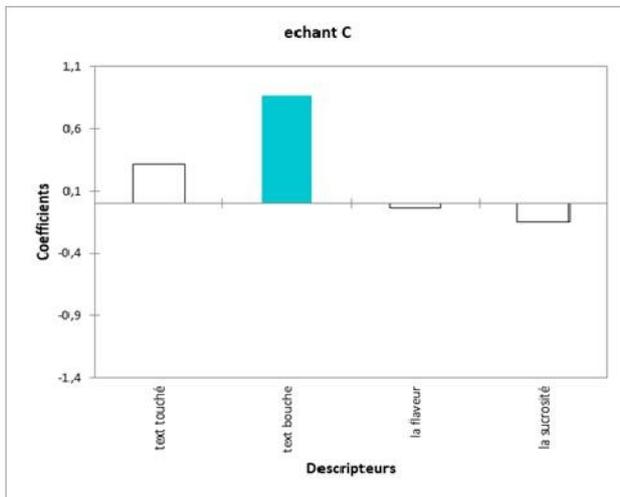
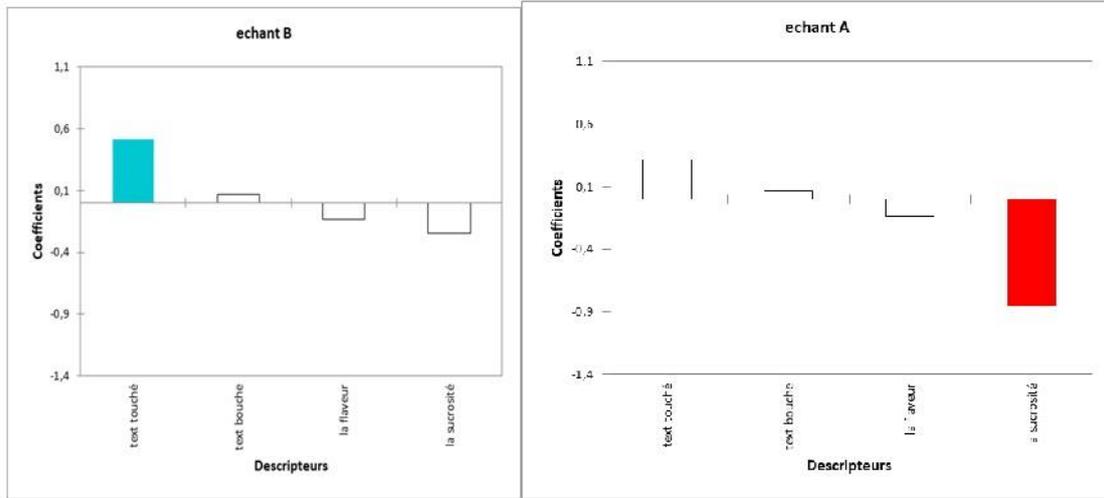
Annexe 6 : courbe d'étalonnage dosage des polyphénols



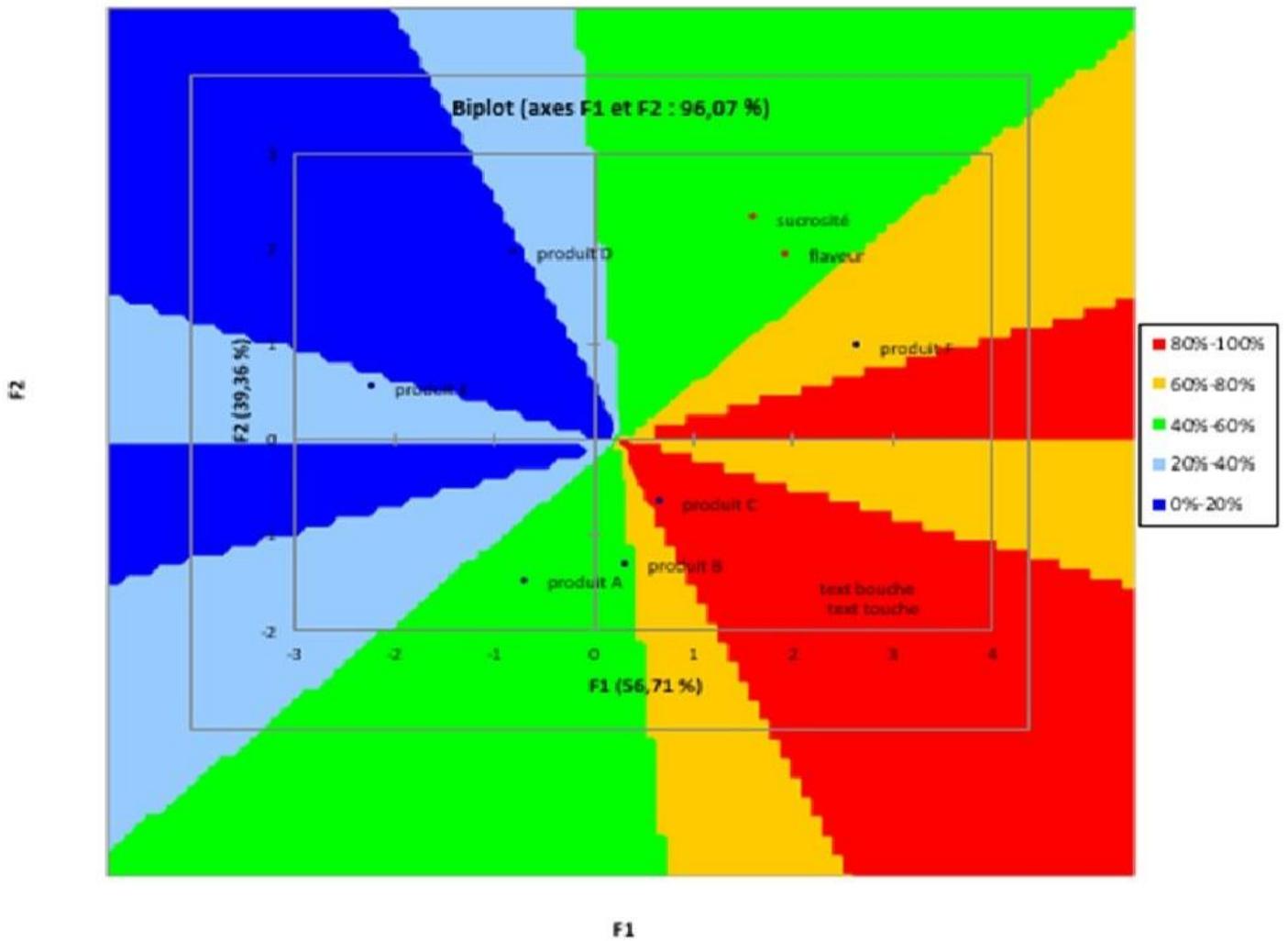
Annexe 7 : courbe d'étalonnage des sucres totaux



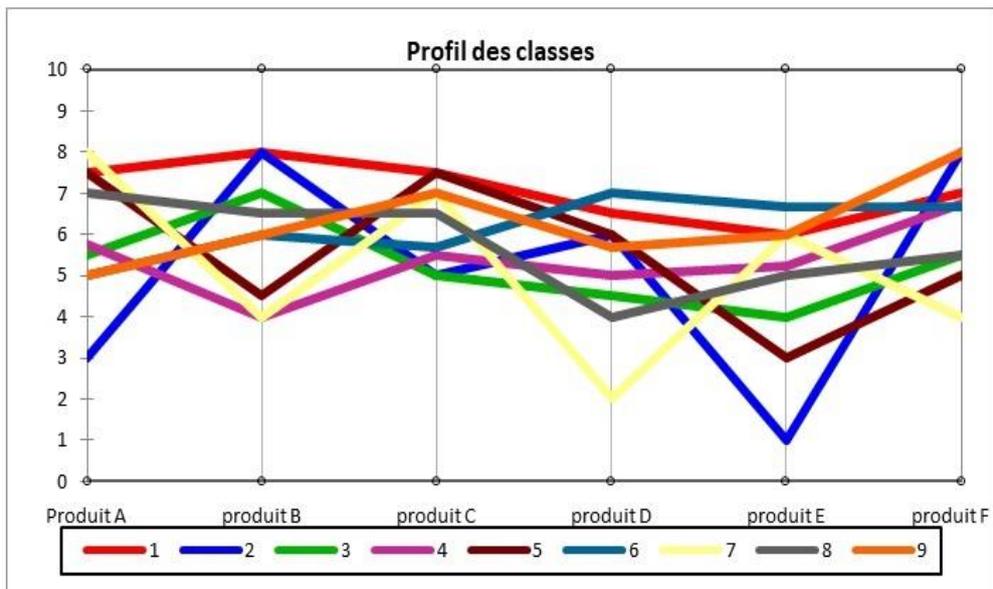
Annexe 8 : coefficients des modèles



Annexe 9 : cartographie externe de préférence (PREFMAP)



Annexe 10 : classification ascendante hiérarchique (CAH)



Résumé : Le son fin de blé tendre et la farine de dattes variétés (dégela -baida) sont deux sous-produits du territoire ayant une grande valeur nutritive et énergétique qui sont peu valorisées. Notre travail a pour objectif l'élaboration des céréales de petit déjeuner à base de son fin de blé tendre et la farine de dattes. Des analyses physico-chimiques et biochimiques ont été effectuées sur les deux matières premières et le produit fini (céréales réalisées C) ainsi que les céréales commerciales. Un test organoleptique a été appliqué aux différentes formulations des céréales petit déjeuner afin de sélectionner la formule la mieux appréciée par les experts. Les analyses physicochimiques et biochimiques effectuées montrent que les matières premières sont d'une grande valeur nutritionnelle. En effet le test organoleptique réalisé a montré que nos céréales sont bien appréciées par les dégustateurs surtout les céréales catégorie C. Ces résultats ouvrent la voie à de nouvelles perspectives de développement de produits innovants et durables, contribuant ainsi à la réduction des déchets et à la promotion d'une alimentation plus saine.

Mots clés : Céréales de petit déjeuner, poudre de dattes, son fin de blé tendre, Degla-Beida, valorisation

Abstract : Fine soft wheat bran and date flour (degela -baida) are two local by-products with high nutritional and energy value that are little exploited. The aim of our work was to develop breakfast cereals based on fine soft wheat bran and date flour. We carried out physico-chemical and biochemical analyses for the two raw materials and the finished product (C cereals) as well as for the commercial cereals, and an organoleptic test for the six breakfast cereal production trials. The physicochemical and biochemical analyses carried out show that the raw materials are of high nutritional value. In fact, the organoleptic test carried out showed that our cereals were well appreciated by tasters, especially the category C cereals. These preliminary results deserve to be followed up by further work on the valorization of date powder and fine soft wheat bran, opening the way to new prospects for the development of innovative and sustainable products, this contributing to the reduction of waste and the promotion of a healthier diet.

Keywords: Cereals, date powder, fine wheat bran, Degla-Beida, valorization

ملخص:

إن نخالة الناعمة للقمح الطري ودقيق التمر من صنف (ديجبال - البيضا) هما منتجان ثانويان من منتجات الإقليم لهما قيمة غذائية وطاقة كبيرة ال يتم تقييمهما إل قليلا. كان الهدف من عملنا هو تطوير حبوب إفطار تعتمد على نخالة القمح الطري (C الحبوب) الناعم ودقيق التمر. وقد أجرينا تحاليل فيزيائية كيميائية وكيميائية حيوية للمادتين الخام والمنتج النهائي وكذلك الحبوب التجارية، واختبارا حسيًا لتجارب إنتاج حبوب الإفطار الست. أظهرت التحاليل الفيزيائية والكيميائية الحيوية التي أجريت أن المواد الخام ذات قيمة غذائية عالية. وأظهر الاختبار الحسي أن الحبوب التي أجريناها قد نالت استحسان المتذوقين، خاصة حبوب الفئة "ج". وينبغي متابعة هذه النتائج الأولية من خلال مزيد من العمل على استخدام مسحوق التمر ونخالة القمح الطري الناعم، مما يفتح آفاقًا جديدة لتطوير منتجات مبتكرة ومستدامة تساعد على تقليل النفايات وتعزيز النظم الغذائية الصحية

الكلمات المفتاحية: الحبوب، مسحوق التمر، نخالة القمح الطري الناعم، دقة البيضا، التطوير، الاختبار الحسي

