

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université SAAD DAHLEB Blida 1



Faculté de Sciences de la Nature et de la Vie
Instituts des Sciences et Technique Appliquées



Mémoire de projet de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master en Technologie Alimentaire

Thème

**Essai de panification par l'incorporation de la farine de
noyaux de dattes dans la farine de blé**

Présenté par :

BOUZERIDA CHIFA

Devant les membres du jury :

Mr. BOUZAR

MCB /USDB1

Présidente

Mme. BOUSAID

MCB/USDB1

Examineur

Mm BOUSSENA

MAA/USDB1

Promotrice

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Dieu Tout-Puissant pour m'avoir donné la force, la patience et la volonté d'achever ce travail.

Je remercie chaleureusement mon encadreur universitaire, **Mme BOUSSENA**, pour sa disponibilité, ses conseils précieux, son accompagnement rigoureux et sa bienveillance tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Mes remerciements vont également à l'ensemble des enseignants du département de ISTA pour la qualité de l'enseignement qu'ils m'ont dispensé au cours de ces années universitaires.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance au personnel du laboratoire **Mme BELARBI, Mr AHMEDE** pour leur accueil, leur aide technique et leur soutien lors de la phase expérimentale de ce travail.

Je n'oublie pas d'adresser mes sincères remerciements à mes collègues et amis, pour leur encouragement constant et leur esprit de collaboration.

Enfin, mes pensées les plus profondes vont à ma famille, en particulier à mes parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien moral et matériel, et pour avoir toujours cru en moi.

À toutes et à tous, merci du fond du cœur.

Résumé

Les noyaux de dattes, souvent considérés comme des déchets, sont pourtant riches en composés nutritionnels tels que les protéines, les lipides et les minéraux. Leur valorisation constitue une alternative prometteuse sur les plans nutritionnel et environnemental.

Cette étude vise à valoriser les noyaux de dattes (*Phoenix dactylifera* L.), en particulier ceux de la variété Ghars, à travers leur transformation en farine et leur incorporation dans la fabrication du pain. Des pains ont été élaborés en substituant la farine de blé par de la farine de noyaux de dattes à trois taux d'incorporation (5 %, 10 %, 15 %), en les comparant à un pain témoin 100 % blé.

Des analyses physico-chimiques ont été réalisées sur la farine de noyaux de dattes, incluant la teneur en humidité, cendres, protéines et matières grasses. Des analyses microbiologiques ont été également menées pour évaluer la qualité sanitaire. Une analyse sensorielle a permis d'évaluer l'acceptabilité des pains enrichis.

Les résultats obtenus ont montré que la farine de noyaux de dattes présente une composition nutritionnelle intéressante. Les pains contenant 5 % et 10 % de cette farine ont été les mieux appréciés sur le plan sensoriel. D'un point de vue microbiologique, tous les échantillons analysés étaient conformes aux normes.

Cette recherche souligne le potentiel de la farine de noyaux de dattes comme ingrédient fonctionnel dans la panification, contribuant à la valorisation des sous-produits agricoles et à la promotion d'une alimentation plus durable.

Mots –clés : farine de noyaux de dattes- farine de blé - Panification- gluten

Abstract

Date seeds, often regarded as waste, are actually rich in nutritional compounds such as proteins, lipids, and minerals. Their valorization represents a promising alternative from both nutritional and environmental perspectives.

This study aims to valorize date seeds (*Phoenix dactylifera* L.), specifically the Ghars variety, by converting them into flour and incorporating it into breadmaking. Breads were prepared by substituting wheat flour with date seed flour at three incorporation levels (5%, 10%, 15%) and compared to a control made with 100% wheat flour.

Physicochemical analyses were carried out on the date seed flour, including moisture, ash, protein, and fat contents. Microbiological tests were also conducted to assess sanitary quality. A sensory analysis was performed to evaluate the acceptability of the enriched breads.

The results showed that date seed flour has an interesting nutritional profile. Breads containing 5% and 10% date seed flour received the highest sensory scores. From a microbiological standpoint, all samples complied with safety standards.

This research highlights the potential of date seed flour as a functional ingredient in bread making, while contributing to the valorization of agricultural by-products and the promotion of more sustainable food systems.

keywords : date pits flour - wheat flour - bread-making- gluten

الملخص

تُعد نوى التمر، التي غالباً ما تُعتبر نفايات زراعية، غنية بمركبات غذائية مهمة مثل البروتينات، والدهون، والمعادن. وتُمثل عملية تنميتها بديلاً واعدًا من الناحية التغذوية والبيئية.

تهدف هذه الدراسة إلى تنمين نوى التمر (*Phoenix dactylifera L.*)، وخاصة صنف "الغرس"، من خلال تحويلها إلى دقيق ودمجه في صناعة الخبز. تم تحضير أنواع من الخبز باستبدال جزئي لدقيق القمح بدقيق نوى التمر بنسب 5%، 10% و15%، ومقارنتها بخبز الشاهد المصنوع من دقيق القمح بنسبة 100%.

أُجريت تحاليل فيزيائية-كيميائية على دقيق نوى التمر، شملت نسبة الرطوبة، الرماد، البروتينات، والمواد الدهنية. كما أُنجزت تحاليل ميكروبيولوجية لتقييم السلامة الصحية، بالإضافة إلى تحليل حسي لتقدير مدى قبول المستهلك للخبز المُدعّم.

أظهرت النتائج أن دقيق نوى التمر يتمتع بتركيب غذائي مميز، وقد نال الخبز المحتوي على 5% و10% من هذا الدقيق أعلى درجات التقييم الحسي. ومن الناحية الميكروبيولوجية، كانت جميع العينات مطابقة للمعايير الصحية.

تبرز هذه الدراسة الإمكانيات الكبيرة لدقيق نوى التمر كمكوّن وظيفي في صناعة الخبز، مع المساهمة في تنمين المخلفات الزراعية وتعزيز نظم غذائية أكثر استدامة.

كلمات مفتاحية: دقيق نوى التمر – دقيق القمح – صناعة الخبز – الغلوتين.

Table des matières

Remerciements

Résumé

Abstract

المخلص

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

Erreur ! Signet non défini.

Bibliographie

Erreur ! Signet non défini.

Chapitre 1 : Blé tendre

Erreur ! Signet non défini.

1. 3

2. 3

3. 3

4. 4

5. 4

Chapitre 2 : Noyaux de datte

Erreur ! Signet non défini.

1. 6

1.1. 6

1.2. 6

1.3. 6

1.4. 6

1.5. 6

1.6. 7

1.6.1. 7

1.6.2. 7

1.6.3. 7

1.6.4. 7

1.7. 8

1.8. 8

- 1.9. 8
- 1.10. 9
- 1.11. 9

Chapitre 3 : Panification

Erreur ! Signet non défini.

- 1. 11
- 2. 11
- 2.1. 11
- 2.1.1. 12
- 2.1.2. 12
- 2.1.3. 12
- 2.1.4. 13
- 2.2. 13
- 2.2.1. 13
- 2.2.2. 15
- 2.2.3. 16
- 2.3. 17
- 2.3.1. 17
- 2.3.1.1. 17
- 2.3.1.2. 19
- 2.3.1.3. 19

Partie pratique

Erreur ! Signet non défini.

- 1. 22
- 1.1. 22
- 1.1.1. 22
- 1.1.2. 22
- 1.1.2.1. 22
- 1.1.2.2. 22
- 1.1.2.3. 23
- 1.1.2.4. 23
- 1.1.2.5. 24
- 1.1.2.6. 24
- 1.1.2.7. 24

1.1.3.	24	
1.1.3.1.	24	
1.1.3.2.	25	
1.1.3.3.	25	
1.1.4.	25	
1.1.4.1.	25	
1.1.4.2.	26	
1.1.5.	26	
2.	28	
2.1.	28	
2.2.	30	
2.3.	31	
2.4.	32	
2.5.	32	
2.5.1.	32	
2.5.2.	33	
2.5.3.	33	
2.5.4.	34	
Conclusion		Erreur ! Signet non défini.
Annexes		Erreur ! Signet non défini.
Références		Erreur ! Signet non défini.

Liste des figures

Figure 1 : Composition du pain AFNOR. (1999)	2
Figure 2 : Schéma représentatif de la formation du réseau du gluten durant le Pétrissage	2
Figure 3 : Mélange à 5%	Erreur ! Signet non défini.
Figure 5 : Mélange à 15%	Erreur ! Signet non défini.
Figure 4 : Mélange à 10%	Erreur ! Signet non défini.
Figure 7 : pâte de pain mélange 15%	Erreur ! Signet non défini.
Figure 8 : pâte de pain mélange 5%	Erreur ! Signet non défini.
Figure 6 : pâte à pain témoin	Erreur ! Signet non défini.
Figure 9 : pâte à pain mélange 10%	Erreur ! Signet non défini.
Figure 10 : Dégazage de la pâte à pain	Erreur ! Signet non défini.
Figure 11 : Façonnage en baguette	Erreur ! Signet non défini.
Figure 12 : Pain témoin ; Pain à 5% ; Pain à 10% ; Pain à 15%	2
Figure 13 : Le résultat de l'analyse de Flore aérobie mésophile (FAM)	2
Figure 14 : Le résultat de l'analyse des levures et des moisissures	2
Figure 15 : Le résultat de l'analyse de Coliformes totaux et fécaux	2

Liste des tableaux

Tableau 1 : Résultats physico-chimiques de la poudre de noyaux de dattes	2
Tableau 2 : Résultats de la caractérisation microbiologique de la poudre de noyaux de dattes	2
Tableau 3 : Résultats de la caractérisation technologique des mélanges	2
Tableau 4 : Résultats test de dégustation	2
Tableau 5 : Test de la texture	2
Tableau 6 : Test de goût et arôme	2
Tableau 7 : Test d'acceptabilité globale	2

Introduction

Introduction

Les produits de boulangerie sont avant tout des produits alimentaires fabriqués grâce à une série de processus technologiques utilisant trois matières premières principales : la farine de blé, le sucre et la graisse.

Les produits de boulangeries courants, tels que le pain, les biscuits et les gâteaux, font désormais partie intégrante de la vie quotidienne et sont très appréciés des consommateurs. Ils sont riches en hydrates de carbone, en graisses et en protéines et produisent une couleur et une saveur attrayantes grâce à la transformation à chaud (**Zening zhang et al 2004**).

La farine de blé raffinée n'est pas une bonne source de nutriments vitaux, de fibres alimentaires et de composés biochimiques précieux. Au cours du processus de raffinage, les grains de blé subissent un traitement intensif qui élimine les parties extérieures du grain (le son et le germe) dans le grain de blé, qui sont de riches sources de fibres alimentaires, de vitamines du complexe B, de polyphénols minéraux. Il en résulte une perte importante de nutriments vitaux et de composés bioactifs, qui ne laissent que l'endosperme riche en hydrates de carbone. Par conséquent, la farine de blé raffinée a une valeur nutritionnelle nettement inférieure à celle de la farine de blé complet (**Nirman N.S. et al., 2025**).

La promotion de la farine composite dans les produits de boulangerie est devenue une nouvelle tendance dans l'industrie alimentaire comme alternative à la farine de blé. Le marché de la farine composite se développe en raison de la forte demande des consommateurs pour des options alimentaires plus saines (**Nirman N.S. et al., 2025**).

Dans cette optique, l'incorporation de la farine de noyaux de dattes avec la farine de blé représente une alternative intéressante. Les graines de dattes (aussi appelés noyaux de dattes) contiennent plus de protéines et de matières grasses. Ils sont également riches en fibres alimentaires, en composés phénoliques et en antioxydants (**Mohamed Ali –Farsi & Chang Yong Lee., 2008**).

L'incorporation de cette farine dans des produits boulangers permettrait non seulement d'améliorer leur profil nutritionnel (enrichissement en fibres et en antioxydants), mais aussi de valoriser un sous-produit agricole souvent négligé.

L'objectif de notre travail est la détermination de la composition nutritionnelle de la farine de noyaux de dattes (variété Ghars) et mise en œuvre de pains composites à base de mélange de farine de noyaux de dattes et farine de blé à différents pourcentages (5%, 10% et 15%) avec caractérisation de quelques paramètres technologiques suivi d'une analyse sensorielle.

Bibliographie

Chapitre 1 :

Blé tendre

1. Définition et caractéristiques générales

Le blé tendre, ou froment, est une céréale largement cultivée à travers le monde, principalement destinée à la production de farine pour la panification. Il se distingue par un albumen friable, facilitant sa mouture en farine fine, contrairement au blé dur qui possède une amande vitreuse adaptée à la fabrication de pâtes alimentaires (**Dubois, 2015**).

Le blé tendre, ou froment (*Triticum aestivum* L.), est une céréale largement cultivée à travers le monde, principalement destinée à la production de farine pour la panification. Il se distingue par un albumen friable, facilitant sa mouture en farine fine, contrairement au blé dur qui possède une amande vitreuse adaptée à la fabrication de pâtes alimentaires (**Dubois, 2015**).

- Famille botanique : Poaceae (ou Graminées)
- Genre : *Triticum*
- Espèce : *Triticum aestivum* L.

2. Importance économique et agronomique

En France, le blé tendre représente la principale culture en termes de surface, avec environ 4,7 millions d'hectares cultivés en 2022, soit 26 % des terres arables. Cette céréale joue un rôle central dans l'assolement agricole du pays (**Agri-Mutuel, 2022**).

En Algérie, bien que la production nationale couvre une partie des besoins, le pays reste dépendant des importations pour satisfaire la demande en blé tendre destiné à la fabrication de farine, notamment en raison du nombre élevé de minoteries dépassant les 400 unités (**Algérie Eco, 2020**).

3. Variabilité génétique et amélioration variétale

Le catalogue officiel français recense plusieurs centaines de variétés de blé tendre, principalement des lignées pures, sélectionnées pour leurs performances agronomiques, leur résistance aux maladies et leurs qualités technologiques. Des efforts constants en amélioration génétique ont permis d'augmenter la résistance aux maladies telles que la septoriose et le piétin-verse, tout en améliorant la qualité du gluten et la force boulangère des variétés (**Perspectives Agricoles, 2021**).

4. Qualité technologique et aptitude à la panification

Le blé tendre est prisé pour ses propriétés boulangères. La récolte française de 2020, bien que marquée par une baisse de volume, a présenté une qualité remarquable : 81 % des blés collectés ont été classés dans les catégories « premium » et « supérieure ». Les teneurs en protéines ont atteint en moyenne 11,6 %, avec un gluten humide moyen de 23 % et un indice de gluten de 82, indiquant une bonne élasticité et une excellente aptitude à la panification (**Réussir La Dépêche, 2020**).

5. Normes et spécifications

La norme internationale ISO 7970 : 2021 établit les spécifications minimales pour les grains de blé tendre destinés à l'alimentation humaine et au commerce international. Elle définit des critères tels que la pureté, le taux d'humidité, le poids spécifique et la teneur en protéines, assurant ainsi la qualité et la sécurité des produits à base de blé tendre (**ISO, 2021**).

Chapitre 2 : Noyaux de datte

1. Palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L)

1.1. Origine

Le palmier dattier est originaire de la région mésopotamienne, notamment de l'Irak et de l'Iran actuels, avant de se diffuser vers l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient (**Zohary & Hopf, 2000**). Il est adapté aux climats arides et joue un rôle socio-économique important dans ces régions.

1.2. Classification botanique

- Règne : Plantae
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Liliopsida
- Ordre : Arecales
- Famille : Arecaceae
- Genre : Phoenix
- Espèce : *Phoenix dactylifera* L. (Johnson, 2011)

1.3. La datte

La datte est le fruit comestible du palmier dattier. Elle passe par plusieurs stades de maturité : kimri (vert), khalal (jaune/rouge), rutab (moelleux) et tamr (sec) (**Al-Shahib & Marshall, 2003**).

1.4. Classification botanique

1.5. Composition nutritionnelle des noyaux de dattes

Les noyaux de dattes, qui représentent environ 11 à 18 % du poids total du fruit, sont généralement considérés comme des sous-produits de l'industrie de transformation des dattes. Toutefois, ces résidus ont récemment suscité un intérêt **grandissant** (**retrouver un autre mot**) en raison de leur richesse en composés bioactifs et de leur potentiel en tant qu'ingrédient fonctionnel dans l'alimentation humaine (**Besbes et al., 2004**).

Sur le plan nutritionnel, les noyaux de dattes sont constitués majoritairement de fibres alimentaires, de lipides, de protéines, de minéraux (potassium, calcium, magnésium) ainsi que de composés phénoliques. Cette composition leur confère une capacité antioxydante remarquable, en particulier lorsqu'ils sont torréfiés et réduits en poudre. Ces propriétés leur

permettent de jouer un rôle important dans la prévention du stress oxydatif et des maladies associées à l'alimentation moderne (Bouhlali et al, 2017).

1.6. Composition chimique générale des noyaux de dattes

Les noyaux de dattes, sous-produits de l'industrie phoenicicole, représentent environ 11 à 18 % du poids total du fruit. Ils sont constitués principalement de glucides, de fibres alimentaires, de lipides, de protéines, ainsi que de minéraux et de composés bioactifs. Cette composition variée confère aux noyaux de dattes un potentiel nutritionnel et fonctionnel intéressant, notamment en tant qu'ingrédient dans les produits alimentaires enrichis en fibres et en antioxydants. (Habib, H.M., & Ibrahim, W.H. 2009)

1.6.1. Profil lipidique et acides gras

L'huile extraite des noyaux de dattes est riche en acides gras, notamment l'acide oléique, l'acide palmitique, l'acide linoléique, et l'acide stéarique. Cette composition en acides gras confère à l'huile de noyaux de dattes des propriétés bénéfiques pour la santé cardiovasculaire et la stabilité oxydative, la rendant intéressante pour des applications alimentaires et cosmétiques. (Besbes, S., Blecker, C., Deroanne, C., Drira, N.E., & Attia, H. 2004).

1.6.2. Teneur en fibres alimentaires

Les noyaux de dattes sont une source notable de fibres alimentaires, avec une teneur variante entre 6,4 et 13,6 %. Ces fibres, principalement insolubles, jouent un rôle crucial dans la régulation du transit intestinal, la modulation de la glycémie et la réduction du cholestérol sanguin. L'incorporation de farine de noyaux de dattes dans les produits de boulangerie peut ainsi améliorer leur profil nutritionnel en augmentant leur teneur en fibres. (Platat, C., Habib, H.M., Al Maqbali, F.D., Jaber, N.N., & Ibrahim, W.H. 2014).

1.6.3. Contenu en protéines et acides aminés

Bien que les noyaux de dattes contiennent une proportion modérée de protéines (1,83 à 5,3 %), ces dernières sont composées d'acides aminés essentiels et non essentiels. Cette composition protéique, bien que limitée, peut contribuer à l'apport en acides aminés dans l'alimentation, notamment lorsqu'ils sont utilisés en complément dans des formulations alimentaires. (Nehdi, I., Omri, S., Khalil, M.I., & Al-Resayes, S.I. 2010).

1.6.4. Présence de composés bioactifs et antioxydants

Les noyaux de dattes renferment des composés bioactifs tels que des stérols, de l'estrone et des polysaccharides solubles dans les alcalis. Ces substances possèdent des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et hypocholestérolémiantes, contribuant ainsi à la prévention de diverses maladies chroniques. L'utilisation de poudre de noyaux de dattes torréfiés peut donc enrichir les produits alimentaires en composés bénéfiques pour la santé. (Nehdi, I., Omri, S., Khalil, M.I., & Al-Resayes, S.I. (2010).

En outre, l'absence de gluten dans la farine issue des noyaux de dattes en fait un ingrédient prometteur pour les régimes sans gluten, notamment pour les personnes atteintes de la maladie cœliaque (Aksouh, 2022).

L'incorporation de cette farine dans des produits boulangers permettrait non seulement d'améliorer leur profil nutritionnel (enrichissement en fibres et en antioxydants), mais aussi de valoriser un sous-produit agricole souvent négligé (Ould El Hadj, 2023).

1.7. Les sous-produits de la datte

Dattes sèches : obtenues à l'état tamr, riches en sucres et utilisées dans la transformation agroalimentaire (Bouhlali et al., 2017).

Dattes déformées ou de second choix : fruits endommagés ou non conformes, souvent valorisés pour la fabrication d'alcool, de vinaigre, de mélasse ou comme alimentation animale (FAO, 2013).

Les noyaux de dattes : représentent 10 à 15 % du poids total du fruit. Riches en fibres, en antioxydants, en lipides (5–13 %) et en composés phénoliques. Utilisés pour la fabrication de farine, huile ou café alternatif (Besbes et al., 2004 ; Elleuch et al., 2008)

1.8. Objectif de l'incorporation des noyaux de dattes dans la panification

L'incorporation de la poudre de noyaux de dattes dans la farine de blé vise à enrichir les produits de boulangerie en fibres alimentaires et en composés bioactifs, tout en valorisant un sous-produit agro-industriel souvent négligé. Cette approche contribue à l'amélioration du profil nutritionnel du pain et à la réduction du gaspillage agroalimentaire (Ould El Hadj, 2023)

1.9. Valorisation des noyaux de dattes dans l'alimentation humaine

Les noyaux de dattes, longtemps considérés comme des sous-produits, suscitent un intérêt croissant pour leur utilisation dans l'alimentation humaine. Après torréfaction et broyage, ils peuvent être incorporés dans divers produits alimentaires, tels que les yaourts, les produits de boulangerie et les boissons, en raison de leur richesse en fibres, en antioxydants et en composés bioactifs. Cette valorisation contribue à améliorer le profil nutritionnel des aliments tout en réduisant le gaspillage agro-industriel (**Khénchelaoui, 2021**).

1.10. Utilisation des noyaux de dattes dans l'alimentation animale

Les noyaux de dattes sont également valorisés dans l'alimentation animale, notamment pour les ruminants tels que les ovins et les caprins. Riches en fibres et en énergie, ils peuvent être incorporés dans les rations alimentaires jusqu'à un certain pourcentage, améliorant ainsi la croissance et la santé des animaux. Des études ont montré que l'incorporation de noyaux de dattes broyés jusqu'à 75 % dans les rations peut être bénéfique, bien que des précautions soient nécessaires pour éviter des effets négatifs sur la digestibilité des protéines (**Boudechiche, 2015**).

1.11. Autres applications des noyaux de dattes

Au-delà de l'alimentation, les noyaux de dattes trouvent des applications dans d'autres domaines. Ils peuvent être utilisés pour la production de charbon actif, de biocarburants et de matériaux biosourcés. Ces valorisations alternatives contribuent à une économie circulaire en transformant un déchet agro-industriel en ressources utiles pour divers secteurs industriels (**Khénchelaoui, 2021**).

Chapitre 3 :

Panification

Chapitre 3

Panification

1. Historique de panification

L'histoire du pain remonte à plus de 5 000 ans. Les Égyptiens maîtrisaient déjà la cuisson du pain au levain. Des galettes cuites sous la cendre ont été retrouvées sur des sites archéologiques. Les Hébreux utilisaient la levure sauf lors des fêtes religieuses. Les Grecs ont innové en créant le premier four à pain et proposaient une grande variété de pains, souvent aromatisés. À Rome, la boulangerie devient une véritable profession, avec plus de 300 boulangeries recensées sous Auguste. Ce savoir-faire s'est diffusé en Europe grâce aux conquêtes romaines. En France, le pain reste longtemps domestique avant que le métier de « boulanger » n'apparaisse au XIIe siècle. Le pain évolue aussi en forme, notamment au XVIIIe siècle avec l'apparition du pain fantaisie (forme allongée). Aliment de base pendant des siècles, le pain a vu son image dégradée avec l'industrialisation, avant de retrouver récemment ses lettres de noblesse grâce à un retour à la boulangerie artisanale. Aujourd'hui, les consommateurs recherchent un pain authentique, savoureux et traditionnel. **(Dubois, C. (2006)).**

2. Technologie de la panification

2.1. Les ingrédients de panification et son rôle

Le pain se compose principalement de farine, d'eau, de levure et de sel. Sur une base 100 de farine la proportion d'eau est de 60, de levure 2,5, de sel de 2,2. **(Pierre Feillet -2000)**

Des améliorants sont rajoutés afin de faciliter la levée de la pâte et de compenser la brièveté des temps d'appoint et de **pointage**, devenus très courts dans les procédés de fabrication actuels.

Chapitre 3

Panification

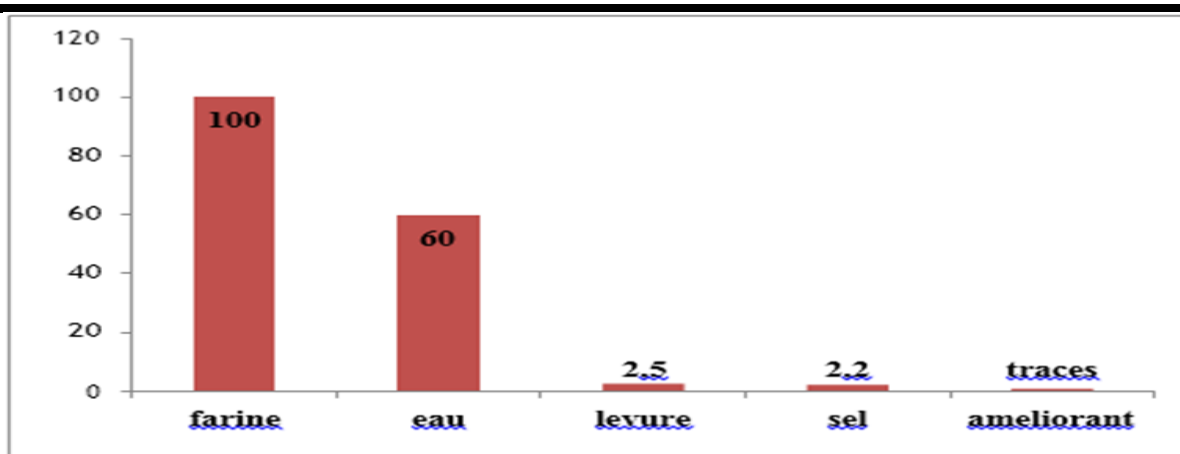


Figure 1 : Composition du pain AFNOR. (1999)

Le pain se compose principalement de farine, d'eau, de levure et de sel. Les ingrédients sont exprimés en fonction d'une base 100 de farine.

2.1.1. La farine

La farine est le constituant principal du pain. Elle se compose de 70 à 80% d'amidon, de 9 à 15% de protéines et de moins de 2% de matières grasses. (Fould et Bellamy 2020)

2.1.2. L'eau

L'eau est le deuxième constituant principal du pain. Elle a 3 rôles majeurs : elle sert tout d'abord d'activateur pour les amylases contenues dans la farine. En parallèle, elle provoque l'agglomération des protéines non hydrosolubles de la farine, qui forment alors le gluten.

Enfin, une partie de l'eau ne se lie ni au gluten ni à l'amidon mais agit comme lubrifiant lors du pétrissage.

L'eau doit être suffisamment dure car les minéraux (sels de calcium) participent au renforcement du gluten. Une eau trop douce donne des pâtes collantes qui relâchent.

De même, un excès d'eau rend la pâte anormalement humide et collante, celle-ci perdant alors de sa consistance (Fould et Bellamy 2020).

2.1.3. La levure

Chapitre 3

Panification

Les levures sont les micro-organismes à l'origine de la levée de la pâte. En effet, elles produisent la majorité du gaz carbonique nécessaire à la levée grâce à leur très grande rapidité à fermenter le glucose. Cette fermentation est dite principale, 50% des sucres de la farine est transformé en gaz carbonique et en éthanol. Elles contribuent également à l'arôme du pain par des phénomènes de fermentations secondaires, 5% des sucres sont hydrolysés en composés volatils. Cette contribution est cependant très faible comparée à celle des bactéries.

Les espèces les plus souvent rencontrées dans le levain naturel sont *Saccharomyces cerevisiae* et *Saccharomyces exiguus*. On retrouve également *Pichia satoui*, *Torulopsis holmi* et plus spécifiquement *Candida lusitana* dans les levains de seigle et *Saccharomyces exiguus* dans le levain de San Francisco. *Saccharomyces cerevisiae* est l'espèce majoritaire, 80% des levures présentes dans les levains naturels appartiennent à cette espèce (**Bourgeois 2005**).

2.1.4. Le sel

Le sel joue deux rôles : un rôle gustatif en apportant la saveur et un rôle technologique en améliorant les qualités mécaniques de la pâte ainsi que la coloration et la conservation du pain. Incorporé en début de pétrissage, il freine l'oxydation au cours du pétrissage et donc préserve mieux le goût du pain. (**Fould et Bellamy 2020**)

2.2. Les étapes de panification

Le processus de panification se compose essentiellement de trois étapes principales, le pétrissage, la fermentation et la cuisson.

2.2.1. Le pétrissage

Le pétrissage constitue la première étape dans le diagramme de fabrication des pâtes. Il se compose de deux phases effectuées à l'aide d'un pétrin :

- Le frasage : consiste à mélanger les ingrédients à vitesse lente.
- Le pétrissage : cette deuxième phase se déroule à vitesse rapide.

Ces deux phases visent à développer le réseau glutineux, à structurer la pâte et à emprisonner l'air dans la pâte (**Autio et Laurikainen, 1997**).

Chapitre 3

Panification

Les particules de gluten gonflent pour devenir collantes et s'attachent les unes aux autres pour former le réseau de gluten.

Lors du pétrissage différents phénomènes physico-chimiques ont lieu, ces phénomènes sont les suivants (**Bloksma, 1990**).

- La dispersion uniforme des ingrédients.
- La dissolution et d'hydratation des ingrédients, en particulier les protéines et les granules d'amidon endommagés de la farine.
- L'incorporation de bulles d'air dans la pâte qui sert de nucléi gazeux pour le dioxyde de carbone généré au cours de la fermentation par les levures.

Le nombre et la taille des bulles de gaz dans la pâte à la fin du pétrissage sont fortement influencés par le mécanisme de formation de la pâte et les paramètres du pétrissage (**Cauvain 2001**).

Les propriétés viscoélastiques des pâtes dépendent principalement d'une phase continue de protéines dans laquelle se trouvent de nombreux éléments dispersés : granules d'amidon, cellules de levure, globules lipidiques (**Bloksma, 1990**).

Le réseau protéique de la pâte se développe grâce aux liaisons chimiques lors du pétrissage, elles sont de types covalents et secondaires (figure 1). Les liaisons covalentes sont des ponts disulfures (S-S) inter ou intramoléculaires des chaînes protéiques (**Meredith, 1964**). Les liaisons secondaires sont de type hydrogène, hydrophile, des liaisons hydrophobes, ioniques et des interactions polaires entre les constituants (**Kulp et al, 1995**).

Les conditions de pétrissage sont à prendre en considération. En effet, le pétrissage doit être rapide, homogène et à température contrôlée, on obtient ainsi une pâte avec des cellules de gaz dont le diamètre est compris entre 1 et 10 mm Le nombre et la taille des bulles de gaz ont un effet significatif sur les caractéristiques finales du produit (**Giannou et al, 2003**).

Toutefois, un pétrissage long peut augmenter les effets d'oxydation des groupements thiol (S-H) des protéines dépolymérisés (**Demiralp et al, 2000**). Il en résulte habituellement une pâte collante en raison des forces mécaniques appliquées à la pâte qui

Chapitre 3

Panification

diminuent le poids moléculaire des protéines (Autio et Laurikainen, 1997). A la fin du pétrissage une élévation de la température est constatée qui induit le démarrage de la fermentation (Zounis et al, 2002).

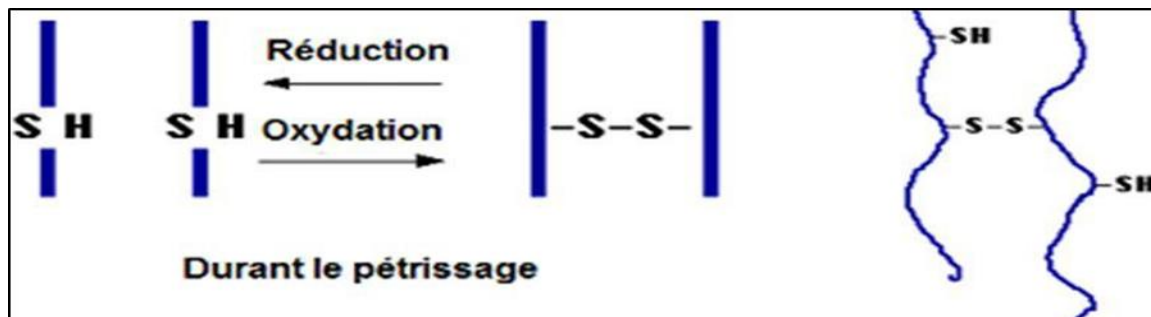


Figure 2 : Schéma représentatif de la formation du réseau du gluten durant le Pétrissage (Meredith, 1964).

2.2.2. Fermentation

La fermentation (pousse), de type alcoolique, est provoquée par l'action de la levure qui transforme les sucres présents dans la pâte en alcool (éthanol) et en gaz carbonique (CO₂) et est accompagnée d'un dégagement d'énergie.

En l'absence d'oxygène, la fermentation anaérobie se déroule selon l'équation suivante :

La fermentation s'effectue dans une enceinte contrôlée entre 28 et 30 °C avec une humidité relative entre 80 et 90 p. cent. Elle se fait en trois étapes :

- Le pointage
- L'apprêt
- Début de la cuisson

Le rôle de la fermentation est de produire du dioxyde de carbone dans la pâte qui sera par la suite retenu par le réseau glutineux. Le pouvoir fermentatif dépend de plusieurs facteurs : nombre de cellules de levure et la quantité de sucre (Autio et Sinda, 1992).

Dans un premier temps, le gaz carbonique s'accumule dans la phase aqueuse de la pâte provoquant une diminution du pH (Beuchat, 1987). Après saturation, il s'accumule sous forme gazeuse dans les alvéoles et exerce une pression interne sur le réseau de gluten ce qui provoque une expansion du volume de la Pâte (Giannou et al, 2003).

Chapitre 3

Panification

Au cours de la fermentation, la croissance des cellules de gaz dépend en partie de leur taille et leur stabilité ainsi que leur capacité à retenir le gaz. Elles sont d'un intérêt considérable car elles déterminent la structure de la mie et le volume final du produit.

2.2.3. Cuisson

La cuisson a pour but essentiel de gélatiniser l'amidon et de coaguler les protéines afin d'accroître leur digestibilité. Elle permet en plus d'assurer une durée de conservation convenable au produit par destruction des enzymes et des microorganismes (**Potus et Drapron, 1990**).

Faridi et Rubenthaler, (1984) font remarquer que des pains cuits durant une longue période à faible température sont secs et de mauvaise qualité comparés aux pains cuits rapidement et à haute température. De plus, la vitesse de rassissement est plus importante dans le cas des pains cuits à faible température pendant un temps plus long.

Au début de la cuisson, il existe un certain temps de quelques minutes, entre la destruction de l'amylase à 50 °C et la gélatinisation de l'amidon à 60 °C, dans lequel la production de maltose et de dextrine est maximale (**Bloksma, 1990**). Cela augmente le collant de la mie, la porosité de la pâte et donc diminue la rétention gazeuse et en définitive le volume de pain (**Potus et Drapron, 1990**).

Durant la cuisson la pâte s'étend encore et son volume relatif augmente de 4-5 à 5-7 fois (**Marston et Wannan, 1983**). L'augmentation du volume est due à la forte activité de la levure qui continue à produire du CO₂ jusqu'à son inactivation à 50°C, et à l'alcool produit qui s'évapore à 60 °C (**Bloksma, 1990**). Les propriétés viscoélastiques de la pâte diminuent et donnent une fluidité importante à 50-60 °C avant que le gonflement de l'amidon ne soit significatif.

Etudiant la cuisson du pain, **Marston et Wannan, (1983)** notent que la température de cuisson progresse de l'extérieur vers l'intérieur selon un gradient de température. A 60-70 °C l'activité de α -amylase est maximale ; cette enzyme est inactivée à 80-85 °C. La gélatinisation de amidon commence à 60 °C et continue jusqu'à 70 °C en passant de l'état semi-cristallin à l'état état amorphe où il devient plus hydrophile.

Chapitre 3

Panification

La coagulation du gluten commence à 70 °C. Vers 90 °C la pâte acquière une structure semi-rigide qui se fige à 95°C. Il y a formation de la croûte à 100°C concomitante de la vapeur d'eau dans la mie, et à partir de 110 °C, c'est la dextrinisation puis la caramélisation. Quand la température atteint 170°C - 230 °C, la réaction de Maillard entre groupements amines des protéines et groupements carbonyles des oses réducteurs intervient dans la coloration (**Alais et Linden, 1997**).

La durée de cuisson varie en fonction de la grosseur des pains, de 12 à 13 min pour les petits pains et 45 à 50 min pour les gros pains. L'appréciation de la cuisson se fait d'après le degré de résistance de la croûte et d'après la résonance du pain quand il est frappé du bout du doigt à sa partie inférieure (**Guinet, 1992**).

2.3. Les caractéristiques rhéologiques des pâtes

2.3.1. Définitions

La rhéologie est la science qui étudie les propriétés d'écoulement des corps soumis à des forces ou des contraintes extérieures, et des déformations. (**Autio, K., & Laurikainen, T. 1997**)

On distingue 3 types de comportements :

- La viscosité
- L'élasticité
- La viscoélasticité

La pâte à pain possède à la fois les propriétés des liquides (viscosité) et des solides (élasticité): elle est viscoélastique. (**Chopin Technologies. 2005**)

L'analyse des qualités rhéologiques de la pâte à pain consiste en des mesures (ou constat) de consistance, collant, relâchement, lissage, extensibilité, élasticité, tolérance et développement (Pousse) de la pâte. (**Chopin Technologies. 2005**)

2.3.1.1. La consistance : Etat de fermeté de la pâte

Elle s'apprécie par enfoncement progressif des doigts dans la pâte (pincement) : la pâte se déforme en s'écoulant, on en apprécie alors les caractéristiques visqueuses. (**Dubois, 2006**)

Chapitre 3

Panification

L'appréciation de ce niveau de consistance s'effectue pendant le frasage (réajustement de l'hydratation par bassinage ou contre-frasage si nécessaire) et en fin de pétrissage. **(Calvel, R. 1990).**

Les variations de consistance sont influencées par les éléments fixateurs d'eau dans la pâte : protéines, amidons endommagés, hémicelluloses...

Chapitre 3

Panification

2.3.1.2. Le collant : force d'adhérence de la pâte

Il s'apprécie par contacts successifs et réguliers entre le dos de la main (au niveau des doigts) et la pâte. La quantité de pâte restant collée aux doigts et la force d'adhérence détermine l'intensité du collant. (Chopin Technologies 2005)

En général, les phénomènes de collant ont pour origine : un excès d'hydratation, une mauvaise qualité des protéines (prise de force insuffisante de la pâte), une humidité relative ambiante excessive. (Chopin Technologies (2005)

Le relâchement : Ecoulement de la pâte sous son propre poids (ou tenue insuffisance de la pâte). (Chopin Technologies (2005)

Il s'apprécie (constat) en fin de pétrissage, en fin de pointage et à la mise au four (après la scarification des pâtons).

2.3.1.3. Le lissage : Aspect lisse de la pâte en fin de pétrissage

Le lissage est en relation avec la formation de la structure gluténique et surtout ses capacités d'extensibilité. La rapidité de lissage est un indicateur de la rapidité de formation de la structure gluténique. (Pyler, E. J., & Gorton, L. A. (2008).

L'extensibilité : Capacité d'allongement ou de déformation de la pâte.

Elle peut être appréciée par étirement (uniaxial ou biaxial), compression ou insufflation de gaz.

En panification, on apprécie couramment l'extensibilité :

- En observant l'aspect lisse en fin de pétrissage,
- En étirant la pâte (au pétrissage) jusqu'à sa rupture (mouvement vertical, rectiligne et uniforme). On considère que l'état normal (pour du pain français) est défini par une rupture intervenant après étirement de 20 à 30 cm,
- En estimant l'aptitude à l'allongement du pâton au façonnage (32cm \pm 1cm à l'essai de panification-façonnage mécanique standardisé),
- En observant les éventuels déchirements de surface au façonnage ou en fin d'apprêt (extensibilité insuffisante ou excès de force).

Chapitre 3

Panification

Il n'y a pas de relation systématique entre l'extensibilité mesurée en fin de pétrissage, au façonnage et au cours de la fermentation parce que les types de déformation sont différents et que les caractéristiques de la pâte évoluent au cours de la panification. (Pylar, E. J., & Gorton, L. A. (2008).

Exemple de la pâte préparée avec la farine du blé 'Thésée' : extensible en compression (diminution d'épaisseur avec déformation latérale du pâton) mais cassante en étirement.

L'élasticité : Capacité de la pâte à reprendre totalement ou partiellement sa forme après une déformation donnée (\pm intense) et l'arrêt de cette déformation. (Pylar, E. J., & Gorton, L. A. (2008).

L'élasticité s'apprécie :

- En fin de pétrissage sur la pâte en masse dans le pétrin après étirement et relâchement,
- En fin de façonnage, par de petits étirements du pâton,
- À la mise au four, par une légère pression sur la pâte en fermentation.

Le boulanger apprécie l'élasticité en fin d'apprêt et par la même occasion le niveau de résistance mécanique :

- Si ce niveau est fort (l'empreinte du doigt s'efface rapidement = reprise immédiate de la forme initiale après déformation), le pâton peut supporter un temps de fermentation supérieur sans risques de relâchement (on repousse l'enfournement),
- Si ce niveau est faible (l'empreinte du doigt reste), les risques d'affaissement des pâtons à la mise au four sont importants

La tolérance : Aptitude de la pâte à supporter des temps plus longs de fermentation tout en gardant une bonne tenue à la mise au four

Le développement (ou la pousse) : Cette caractéristique est appréciée dans le cadre de l'essai de panification par la méthode AFNOR. Il s'agit de mesurer le volume de pousse (développement) de la pâte en fermentation (volume initial + gain de volume après fermentation). Cette pousse est en relation avec l'activité fermentative mais intègre aussi l'aptitude de la pâte à la déformation et sa rétention gazeuse. (Della Valle, G. (2004)

Partie pratique

1. Matériels et Méthodes

1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal est constitué des graines de dattes (*Phoenix dactylifera* L.) appelés couramment noyaux de dattes. Ces noyaux de dattes ont été achetés au marché local de Blida.

1.1.1. Préparation de la poudre de noyaux de dattes

Les noyaux de dattes ont été séparés manuellement de la chair de datte. Ensuite, ils ont été nettoyés à l'eau saine afin d'éliminer les matières autres que les noyaux telles que la chair et débris. Après nettoyage, les noyaux ont été séchés à l'air pendant trois jours puis dans l'étuve réglé à 50°C pendant 30 minutes. Le broyage a été effectué à l'aide d'un puissant broyeur et la poudre obtenue est tamisée et conditionnée dans des sacs en polyéthylène scellés en vue des analyses ultérieures.

1.1.2. Caractérisation physicochimique de la poudre de noyaux de dattes

Les analyses physicochimiques ont été réalisées sur la poudre de noyaux de dattes afin d'évaluer sa valeur nutritionnelle.

1.1.2.1. Détermination du taux d'humidité

La teneur en eau a été évaluée par des techniques gravimétriques basées sur la méthode AOAC, (2000). La méthode consiste le séchage de la prise d'essai (5g de poudre de noyaux de dattes) à 105°C pendant 5 heures suivi d'un refroidissement et pesage. Le taux d'humidité a ensuite été calculé selon la formule standard.

Expression des résultats :

$$H (\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

Où :

- m_1 = Poids en gramme, d'échantillon avant séchage
- m_2 = Poids en gramme, d'échantillon après séchage

1.1.2.2. Détermination de la teneur totale en cendres

La teneur en cendres totales a été déterminée par gravimétrie conformément à la méthode AOAC, (2000). La méthode consiste l'incinération de la prise d'essai (2g de poudre de noyaux de dattes) dans un four à moufle à 550°C pendant 6 heures et suivi d'un

Partie pratique

refroidissement dans un dessiccateur pendant 30 minutes et pèses du résidu obtenu (matières minérales totales). Le poids des cendres a été calculés conformément à la formule standard.

Expression des résultats :

$$\text{Cendres brutes (\%)} = P_1 - P_0 / P_2 - P_0 \times 100$$

Où :

- P_0 = Poids du creuset vide
- P_1 = Poids du creuset + prise d'essai
- P_2 = Poids du creuset + résidu

1.1.2.3. Détermination de la teneur en matières grasses brutes

La teneur en matière grasses a été analysée selon la méthode d'extraction Soxhlet décrite par l'AOAC (2000). L'extraction de la matière grasse brute a été exécuté sur une prise d'essai (5g de la poudre de noyaux de dattes) par l'éther de pétrole dans l'appareil de Soxhlet durant 6heures suivi d'un séchage du résidu et peser.

Expression des résultats :

$$\text{MG (\%)} = \text{Poids de matières grasses} / \text{Poids d'échantillon} \times 100$$

Où :

- MG = matières grasses

1.1.2.4. Détermination de la teneur en protéines

La teneur en protéines a été analysée à l'aide de la méthode Kjeldahl, conformément aux spécifications de l'AOAC (2000). La méthode de Kjeldhal repose la digestion de la prise d'essai (1g de poudre de noyaux de dattes) avec l'acide sulfurique concentré pour convertir l'azote organique en azote ammonium. Cet azote est ensuite transformé en ammoniac par addition d'une base, distillé et titré pour déterminer sa quantité. Le taux de matières azotées (également appelées protéines brutes) est obtenu par convention en multipliant la teneur totale en azote par le coefficient 6,25.

Expression des résultats :

$$\text{Protéine (\%)} = (A - B) \times N \times 1,4007 \times 6,25 / M$$

Où :

- A= volume (mL) HCl 0,2 N utilisé pour la titration d'échantillon
- B= volume (mL) HCl 0,2 N utilisé pour la titration du blanc
- N : normalité de HCl
- M = la masse d'échantillon
- 14,007= la masse atomique d'azote
- 6,25 : le facteur de conversion protéine azote

1.1.2.5. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH)

Une prise d'essai (1g de la poudre de noyaux de dattes) est suspendue dans 10mL d'eau distillée. Le mélange est agité pendant 1heure à la température ambiante, centrifugé à 5000tr pendant 25minutes et le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre (Mokni G. A. Makloul I., Blecker C., et al., 2015).

1.1.2.6. Détermination de l'activité d'eau (Aw)

L'activité de l'eau a été mesurée à $25 \pm 1,0$ °C à l'aide d'un aw-mètre +69

1.1.2.7. Détermination des glucides

Le taux de glucides est déterminé selon la formule chimique suivante :

$$100 - [\text{Humidité (\%)} + (\text{Cendres (\%)} + (\text{Protéines (\%)} + \text{Huile (\%)}))] \text{ (Souhail Besbes et al, 2004).}$$

1.1.3. Caractérisation microbiologique de la poudre de noyaux de dattes

1.1.3.1. Dénombrement des germes aérobies mésophiles

Principe :

Une quantité déterminée de la suspension mère (une suspension de 10 g de farine dans 90 mL d'eau peptonée tamponnée.), est déposée dans une boîte de Pétri vide et mélangée à un milieu de culture gélosé fondu spécifié, constituant ainsi une boîte de géloseensemencée en profondeur. D'autres boîtes sont préparées dans les mêmes conditions, à partir de dilutions décimales de la suspension mère. Les boîtes sont incubées en conditions aérobies à 30°C pendant 72h. le nombre de micro-organismes par millilitre d'échantillon est calculé à partir du nombre de colonies obtenues sur les boîtes contenant moins de 300 colonies (**ISO 4833-1 :2013**).

Partie pratique

1.1.3.2. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Principe :

Préparation de deux boîtes de Pétri, en utilisant des dilutions décimales de la suspension mère. Incubation des boîtes à 37°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux pendant 24 heures.

Calcul du nombre de coliformes par millilitre à partir du nombre de colonies caractéristiques dénombrées par boîte de Pétri (**ISO 4832 :2006**).

1.1.3.3. Dénombrement des levures et moisissures

Principe :

Des boîtes de Pétri préparées en utilisant un milieu de culture sélectif défini sontensemencées ; en utilisant des dilutions décimales obtenues à partir de la suspension mère. Les boîtes sont ensuite mises à incuber en aérobiose à $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant cinq jours à sept jours.

Le nombre de levures et de moisissures par millilitre d'échantillon est calculé à partir du nombre de colonies /propagules/germes obtenus sur les boîtes choisies à des taux de dilution permettant d'obtenir des colonies pouvant être dénombrées (ISO 21527-2 :2008).

1.1.4. Caractérisation technologique

Les tests technologiques ont été menés sur un mélange composé de la farine de noyaux de dattes incorporé à la farine boulangère à trois taux d'incorporation 5%, 10% et 15% plus un témoin à 100% farine boulangère.

1.1.4.1. Détermination le taux de gluten humide

Principe :

Préparation d'une pâte au moyen d'un échantillon de farine et d'une solution de chlorure de sodium. Isolement du gluten humide par lavage de cette pate avec la solution de chlorure de sodium, puis essorage et pesé du produit obtenu (NA.735.1991. ISO 55 31).

Partie pratique

Expression des résultats :

Le gluten humide est exprimé en pourcentage en masse du produit tel quel, est égale à :

$$GH(MF) = M / 10 \times 100$$

Soit :

- GH : gluten humide
- M : la masse, en gramme de gluten humide

1.1.4.2. Détermination le taux du gluten sec

Principe :

Le gluten humide précédemment préparé est placé dans une étuve Chopin pendant 15 heures à 130°C (NA, 736.1991, ISO 6646).

Expression des résultats :

Le gluten sec exprimé en pourcentage en masse du produit tel quel, est égal à :

$$GS = M' / 10 \times 100$$

1.1.5. Essai de panification

Principe :

Obtention d'une pâte par pétrissage intensifié de farine, d'eau, de levure et de sel, suivi d'un pointage de 45 minutes, d'un façonnage manuel, puis d'un long apprêt sur couches. Incision des pâtons par plusieurs coups de lame, puis mise en four et cuisson à 260°C pendant 25 minutes (norme NF.V.03.716).

Mode opératoire :

Les trois mélange (farine de noyaux de dattes et à la farine boulangère) à taux d'incorporation 5%, 10% et 15 sont mélangés aux ingrédients nécessaires à la fabrication du pain sont donnés dans le tableau en annexe 1.

Partie pratique



Figure SEQ Figure *
ARABIC 3 : Mélange à 5%



Figure SEQ Figure *
ARABIC 5 : Mélange à 10%



Figure SEQ Figure *
ARABIC 4 : Mélange à 15%

Bien homogénéiser chaque mélange et tous les ingrédients à vitesse lente pendant 4-5 min comme il est indiqué dans les figures ci-dessus 1, 2 et 3.

Puis pétrir à vitesse rapide pendant 8-10 min. Le pétrissage doit permettre l'obtention d'une pâte lisse, homogène et élastique comme il est montré dans les figures ci-dessous 4,5, 6 et 7.



Figure SEQ
Figure *
ARABIC 8 : pâte



Figure SEQ
Figure *
ARABIC 6 : pâte



Figure SEQ
Figure *
ARABIC 9 : pâte à pain



Figure SEQ
Figure *
ARABIC 9 : pâte à pain

Laisser reposer la pâte à température ambiante (25–30 °C) pendant 1 heure et couvrir pour éviter le dessèchement. Dégazer la pâte à mi-temps si nécessaire (figure 8). Puis façonnage en baguette (figure 9). Puis cuire au four entre 220 et 240°C pendant 20 à 30 minutes. Injection de vapeur au début de la cuisson favorise le développement du pain.

Partie pratique



Figure 10 :
Dégazage de la pâte à pain



Figure 11 :
Façonnage en baguette

2. Résultats et discussions

2.1. Caractérisation physico-chimique de la poudre de noyaux de dattes

Tableau 1 : Résultats physico-chimiques de la poudre de noyaux de dattes (variété Ghars)

Paramètres physicochimiques	Valeurs exprimés en pourcentage en masse (%)
Matière sèche	$89,4 \pm 0,28$
Taux d'humidité	$10,55 \pm 0,28$
Taux de cendres	$2,55 \pm 0,28$
Taux de protéines	5,08
Taux de matière grasse	$6,90 \pm 0,38$
Glucides	74,92
pH	$5,36 \pm 0,06$
Aw	$0,46 \pm 0,002$

Interprétation des résultats :

Partie pratique

Les résultats obtenus montrent que la poudre de noyaux est riche en matière sèche avec une valeur moyenne de **89,4 %**. Les valeurs moyennes des **taux d'humidité** et **taux de cendres** sont respectivement de **10,55 %** et **2,55 %**. Toutefois, le **taux d'humidité relativement élevé** par rapport aux résultats rapportés par d'autres auteurs pourrait être attribué aux conditions de séchage utilisées ou au degré de maturité des dattes. Par exemple, **Nehdi et al. (2010)** ont rapporté un taux d'humidité de **6,61 %** pour les noyaux de dattes, tandis que **Habib et Ibrahim (2009)** ont trouvé des valeurs variantes entre **5 % et 7 %**, en fonction des variétés.

Cette différence peut également refléter une variabilité intervariétale ou une hygroscopicité résiduelle de la poudre après séchage

Concernant les **protéines** et la **matière grasse**, les valeurs moyennes obtenues dans notre étude s'étendent entre **5,08 %** et **6,90 %**. Ces résultats sont globalement en accord avec ceux rapportés par d'autres auteurs ayant étudié la composition des noyaux de dattes. Par exemple, **Habib et Ibrahim (2009)** ont trouvé une teneur en protéines variant entre **4,7 % et 6,3 %**, selon la variété de dattes analysée. De même, **Nehdi et al. (2010)** ont rapporté une teneur moyenne en protéines de **5,2 %**, ce qui confirme la présence non négligeable de protéines dans cette fraction du fruit.

En ce qui concerne les lipides, **Besbes et al. (2004)** ont trouvé que les noyaux de dattes contiennent entre **5,0 % et 12,7 %** de matière grasse, avec une prédominance d'acides gras insaturés tels que l'acide oléique.

Ainsi, nos résultats confirment que les noyaux de dattes représentent une source modérée mais intéressante de **protéines végétales** et de **matières grasses**, ce qui renforce leur potentiel d'utilisation comme ingrédient fonctionnel dans les formulations alimentaires. Le pH et l'Aw qui assurent la stabilité du produit vis-à-vis du développement des micro-organismes et les résultats montrent un pH légèrement acide avec une valeur moyenne de 5,36 et un activité d'eau basse avec une valeur moyenne de 0,46 donc on peut conclure que la poudre de noyaux de dattes est stable.

Partie pratique

Caractérisation microbiologique de la poudre de noyaux de dattes

Tableau 2 : Résultats de la caractérisation microbiologique de la poudre de noyaux de dattes (variété Ghars)

Paramètres microbiologiques	Valeurs exprimés UFC/g
Flore aérobie mésophile	$< 10^4$
Levures et moisissures	$< 10^3$
Coliformes totaux et fécaux	$< 10^2$

Interprétation des résultats :

Une charge modérée en flore mésophile est normale dans les farines, en raison de leur exposition à l'air ambiant et à l'environnement de transformation. Une valeur inférieure à 10^4 UFC/g est généralement considérée comme acceptable pour les farines destinées à la panification. Une valeur trop élevée peut indiquer de mauvaises conditions d'hygiène durant la récolte, le séchage ou le stockage.

Quant aux levures et moisissures, une présence modérée ($< 10^3$ UFC/g) est tolérable. Des charges élevées peuvent être causées par une humidité excessive, un mauvais stockage ou une matière première dégradée. Les moisissures peuvent produire des mycotoxines, ce qui représente un risque sanitaire potentiel.

Les coliformes sont des indicateurs de contamination d'origine fécale ou environnementale. Leur présence doit être minimale voire absente. Les coliformes totaux inférieurs à 10^2 UFC/g sont acceptables dans les produits céréaliers. Les coliformes fécaux doivent être absents ou < 10 UFC/g. Leur détection peut indiquer une mauvaise hygiène ou une contamination croisée durant le processus.

Partie pratique

2.2. Caractérisation Technologique des mélanges

Tableau 3 : Résultats de la caractérisation technologique des mélanges

Mélanges	Gluten humide	Gluten sec
Témoin	4,56%	4,66%
5%	3,15%	3,15%
10%	1,67%	0,76%
15%	1,09%	0,68%

Interprétation des résultats

L'analyse du gluten a été effectuée sur des échantillons de farine de blé incorporée à la farine de noyaux de dattes à différents taux d'incorporation (5 %, 10 %, 15 %). Le gluten humide et sec ont été exprimés en grammes, et ramenés à des pourcentages sur la base de 10 g de farine utilisée.

On observe une diminution significative de la teneur en gluten humide et sec avec l'augmentation du taux d'incorporation de la farine de noyaux de dattes. Cela est attendu, car la farine de noyaux de dattes ne contient pas de gluten.

Impact technologique :

La réduction du gluten affecte :

- L'élasticité et la cohésion de la pâte,
- La capacité de rétention gazeuse, donc le volume final du pain,
- La structure de la mie, qui devient plus dense à mesure que le gluten diminue.

Zone critique à partir de 10 % :

À 10 %, la teneur en gluten passe sous les 2 % (humide), ce qui peut altérer fortement la qualité boulangère. À 15 %, le gluten devient très faible, ce qui peut compromettre la levée du pain.

L'incorporation croissante de farine de noyaux de dattes réduit sensiblement la teneur en gluten, ce qui peut avoir des conséquences négatives sur les propriétés rhéologiques de la

pâte et la qualité du pain. Pour conserver une bonne aptitude à la panification, un taux d'incorporation **inférieur ou égal à 5 %** est conseillé, sauf si des améliorants ou des ajustements technologiques sont utilisés.

2.3. Résultats de la panification

Les résultats de la panification sont indiqués ci-dessous :



Figure 12 : Pain témoin ; Pain à 5% ; Pain à 10% ; Pain à 15%

Les résultats révèlent que le pain témoin est bien développé avec une croûte dorée et régulière par rapport aux pains à 5%, 10% et 15%. Alors que le pain à 5% est bien levé avec croûte pale. Le pain à 10% est plat à croûte claire et le pain à 15% est plat, déchiré à croûte claire.

2.4. Résultats de l'analyse sensorielle

L'analyse sensorielle a été réalisée sur quatre échantillons de pain formulés avec des proportions croissantes de farine de noyaux de dattes : **0 % (témoin), 5 %, 10 % et 15 %**. L'évaluation a été effectuée par un panel semi-entraîné composé de 15 dégustateurs, en utilisant une échelle hédonique de 9 points (1 = très mauvais, 9 = excellent), portant sur les critères suivants : apparence, couleur, texture, goût, odeur et acceptabilité globale.

2.4.1. Apparence et couleur de la mie

L'ajout de farine de noyaux de dattes a entraîné un changement progressif de la couleur de la mie, qui est passée d'un blanc crème (échantillon témoin) à un brun clair puis foncé, selon le taux d'incorporation. Cette couleur a été jugée attrayante jusqu'à 10 % d'incorporation, donnant au pain un aspect plus artisanal et naturel. Au-delà de 10 %, certains panélistes ont perçu la couleur comme trop sombre.

Partie pratique

Tableau 4 : Résultats test de dégustation

Echantillons	Note moyenne
Témoin	8,2
Pain à 5%	8,5
Pain à 10%	8,1
Pain à 15%	6,9

2.4.2. Texture (moelleux, mâche)

La texture de la mie est restée souple et agréable jusqu'à 10 % d'incorporation. À 15 %, une densité plus élevée et une légère granulosité ont été signalées, probablement dues à la teneur en farine de noyaux de dattes. Cela a légèrement diminué la perception de fraîcheur.

Tableau 5 : Test de la texture

Echantillons	Note moyenne
Témoin	8,3
Pain à 5%	8,4
Pain à 10%	7,9
Pain à 15%	6,8

2.4.3. Goût et arôme

Le goût du pain a été globalement apprécié dans les échantillons à 5 % et 10 %, qui présentaient une saveur légèrement sucrée et un goût fruitée agréable. À 15 %, une amertume légère a été perçue par certains panélistes, réduisant la note gustative.

Tableau 6 : Test de goût et arôme

Echantillons	Note moyenne
Témoin	7,9

Partie pratique

Pain à 5%	8,3
Pain à 10%	8,1
Pain à 15%	6,7

2.4.4. Acceptabilité globale

L'échantillon contenant 5 % de farine de noyaux de dattes a obtenu le meilleur score global, suivi de près par celui à 10 %. L'échantillon à 15 % a été le moins apprécié, principalement en raison de la texture plus dense et de la légère amertume détectée.

Tableau 7 : Test d'acceptabilité globale

Echantillons	Note moyenne
Témoin	8,1
Pain à 5%	8,6
Pain à 10%	8,0
Pain à 15%	6,5

L'incorporation de farine de noyaux de dattes jusqu'à **10 %** dans la farine de blé améliore ou maintient les qualités sensorielles du pain, tout en lui apportant une couleur attrayante et un arôme subtil. Toutefois, un taux d'incorporation plus élevé (15 %) peut altérer négativement la texture et le goût, réduisant ainsi l'acceptabilité globale. Ces résultats suggèrent que le taux optimal d'incorporation se situe entre **5 % et 10 %** pour obtenir un pain agréable sensoriellement et nutritif.

Conclusion

Conclusion

Ce projet d'étude s'inscrit dans une démarche de valorisation des sous-produits agroalimentaires, dans un contexte où la recherche de solutions nutritionnelles durables et économiques devient une priorité. La farine de noyaux de dattes contient une quantité importante de la matière sèche dont la valeur moyenne est de 89,4%. Celle-ci est composée principalement des glucides (74,92%), suivi de l'humidité (10,55%), taux de matière grasse (6,90%), de protéine (5,08%) et matières minérales (2,55%). Aussi, la poudre de noyaux de dattes est considérée comme microbiologiquement stable en fonction des résultats, l'activité d'eau faible (0,46) et un pH légèrement acide (5,56). En s'est concerné, la qualité technologique des mélanges préparés avec la farine de blé et farine de noyaux de dattes, le taux de gluten humide diminue avec l'augmentation du taux d'incorporation et les valeurs s'étendent entre 1,09% et 3,15% et même résultat pour le gluten sec dont les valeurs d'étendent entre 13,15% et 0,68%. Ces résultats confirment que la farine de noyaux de dattes est pauvre en gluten.

Sur le plan sensoriel, les pains contenant jusqu'à 10 % de farine de noyaux de dattes ont été bien acceptés par les panélistes, tant au niveau du goût que de la texture.

En conclusion, on peut dire que la farine de noyaux de dattes est riche en composants nutritifs et pauvre en gluten.

D'après les résultats obtenus, nous suggérons que la farine de noyaux de dattes pourrait être utilisée comme ingrédient naturel dans les préparations d'aliments destinés aux céliaques.

Références

Références

- Zening Zhang, Yang Chen, Peng Deng, Zhiyong He, Fang Qin, Qiuming Chen, Zhaojun Wang, Hongyang Pan, Jie Chen, Maomao Zeng (2024)** : Research progress on generation, detection and inhibition of multiple hazards - acrylamide, 5-hydroxymethylfurfural, advanced glycation end products, methylimidazole in baked goods. Food Chemistry. Volume 431, (15) 137152.
- N.S. Nirmani, C. Jayathilake, R. Liyanage, I. Wickamasinghe, B. Nallaperuma, M.A. Jayasinghe (2025)** : Exploring the potential of underutilized starch sources as nutritive alternatives to refined wheat flour : A review. Journal of Future Foods.
- Mohamed Ali Al-Farsi & Chang Yong Lee (2008)** : Nutritional and Functional Properties of Dates: A Review. Food science and nutrition. Volume 48. Issue 10.
- Dubois, D. (2015)**. Technologie des céréales. Éditions Lavoisier, Paris.
- Agri-Mutuel. (2022)**. Le blé tendre : production, consommation, enjeux. <https://www.agri-mutuel.com/actualites/le-ble-tendre>
- Algérie Eco. (2020, 21 novembre)**. Importation de blé tendre : le nombre élevé de minoteries pointé du doigt. <https://www.algerie-eco.com/2020/11/21/importation-de-ble-tendre-en-grandes-quantites-le-nombre-eleve-de-minoteries-pointe-du-doigt>
- Perspectives Agricoles. (2021)**. Variétés de blé tendre cultivées en France : cinquante ans de progrès génétique. <https://www.perspectives-agricoles.com/conduite-de-cultures/varietes-de-ble-tendre-cultivees-en-france-cinquante-ans-de-progres-genetique>
- Réussir La Dépêche. (2020)**. Récolte et collecte en baisse, mais belle qualité premium et supérieure pour le blé tendre français. <https://www.reussir.fr/ladepeche/recolte-et-collecte-en-baisse-mais-belle-qualite-premium-et-superieure-pour-le-ble-tendre-francais>
- ISO. (2021). ISO 7970:2021 - Blé tendre — Spécifications.**
<https://www.iso.org/fr/standard/75731.html>
- Zohary, D., & Hopf, M. (2000)**. Domestication of plants in the Old World. 3rd ed., Oxford University Press.
- Al-Farsi, M., & Lee, C. Y. (2008)**. Nutritional and functional properties of dates: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 48(10), 877–887.
<https://doi.org/10.1080/10408390701724264>

Références

- Besbes, S., Blecker, C., Deroanne, C., Drira, N. E., & Attia, H. (2004).** Date seeds: chemical composition and characteristic profiles of the lipid fraction. *Food Chemistry*, 84(4), 577–584.
- Bouhlali, E. D. T., et al. (2017).** Profil phénolique et activité antioxydante de la poudre de noyaux de dattes torréfiés [Mémoire, Université de Tlemcen]. <https://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/22776/1/Profil-phenolique-et-activite-antioxydante-de-la-poudre-de-noyaux-de-dattes-torrefies.pdf>
- Habib, H.M., & Ibrahim, W.H. (2009).** Nutritional quality evaluation of eighteen date pit varieties. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60(S7), 99–111. <https://doi.org/10.1080/09637480802558515>
- Besbes, S., Blecker, C., Deroanne, C., Drira, N. E., & Attia, H. (2004).** Date seeds: chemical composition and characteristic profiles of the lipid fraction. *Food Chemistry*, 84(4), 577–584
- Platat, C., Habib, H.M., Al Maqbali, F.D., Jaber, N.N., & Ibrahim, W.H. (2014).** Date seed fiber: Chemical composition and health benefits. *Food Chemistry*, 158, 527–531. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.02.159>
- Besbes, S., Blecker, C., Deroanne, C., Drira, N.E., & Attia, H. (2004).** Date seeds: Chemical composition and characteristic profiles of the lipid fraction. *Food Chemistry*, 84(4), 577–584. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00281-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00281-4)
- Nehdi, I., Omri, S., Khalil, M.I., & Al-Resayes, S.I. (2010).** Characteristics and chemical composition of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seeds and seed oil. *Industrial Crops and Products*, 32(3), 360–365. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.06.017>
- Aksouh, A. (2022).** Valorisation des noyaux de dattes dans la formulation de produits alimentaires riches en fibres [Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou]. <https://dspace.ummtto.dz/items/cae2f0d0-9b10-414e-a6bb-e2778f099709>
- Ould El Hadj, A. (2023).** Effet de l'incorporation de noyaux de dattes sur les caractéristiques technologiques et fonctionnelles de la farine de blé tendre [Mémoire de master, non spécifié]. (Source : ASJP - CERIST)
- Bouhlali, E. T., Bammou, M., Sellam, K., El Midaoui, A., & Ennassir, J. (2017).** Evaluation of antioxidant, anti-diabetic and anti-inflammatory activities of seeds and

Références

- pulp extracts of Moroccan date fruit (*Phoenix dactylifera* L.). *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 95, 522–529
- FAO (2013).** Statistical Yearbook. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ould El Hadj, A. (2023).** Effet de l'incorporation de noyaux de dattes sur les caractéristiques technologiques et fonctionnelles de la farine de blé tendre [Mémoire de master, non spécifié]. (Source : ASJP - CERIST)
- Khénchelaoui, S. (2021).** Valorisation des noyaux issus des différentes variétés de dattes [Mémoire de master, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene].
- Boudechiche, L. (2015).** Valorisation des rebuts de dattes dans des rations pour ovins [Mémoire de master, Université Badji Mokhtar - Annaba]. <https://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2015/02/Boudechiche-Lamia.pdf>
- Dubois, C. (2006).** Technologie boulangère - Tome 1 : Matières premières et pétrissage. Éditions Lagarde
- AFNOR (1999).** NF V03-716 - Essai de panification : méthode d'évaluation du pouvoir panifiant des farines de blé tendre
- Chopin Technologies (2005).** La rhéologie des pâtes boulangères : principes et méthodes de mesure. Villeneuve-la-Garenne, France
- Pyler, E. J., & Gorton, L. A. (2008).** Baking Science and Technology (Vol. 1 & 2). Sosland Publishing.
- AFNOR. (1999).** NF V03-716 — Essai de panification : méthode d'évaluation du pouvoir panifiant des farines de blé tendre.
- Algérie Eco. (2020, 21 novembre).** Importation de blé tendre : le nombre élevé de minoteries pointé du doigt. <https://www.algerie-eco.com/2020/11/21/importation-de-ble-tendre-en-grandes-quantites-le-nombre-eleve-de-minoteries-pointe-du-doigt>
- Autio, K., & Laurikainen, T. (1997).** Relationships between flour/dough microstructure and dough handling and baking properties. *Trends in Food Science & Technology*, 8(6), 181–185.
- Boukid, F., Folloni, S., Sforza, S., Vittadini, E., & Prandi, B. (2018).** Current trends in ancient grains-based food: Nutritional aspects and technological approach. *Journal of*

Références

- the Science of Food and Agriculture, 98(13), 5061–5069.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.9073>
- Boussena, Z., & Khali, M. (2017).** Extraction et composition chimique d'huile de noyaux de dattes. *Revue des Bio Ressources*, 7(1), 1–8.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011).** Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124(2), 411–421. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.077>
- Johnson, D. V. (2011).** Date palm genetics and breeding. In: *Breeding plantation tree crops: tropical species*. Springer.
<https://repository.enp.edu.dz/jspui/bitstream/123456789/9875/1/KHENCHELAOUI.Sabrina.pdf>
- Réussir La Dépêche. (2020).** Récolte et collecte en baisse, mais belle qualité premium et supérieure pour le blé tendre français. <https://www.reussir.fr/ladepeche/recolte-et-collecte-en-baisse-mais-belle-qualite-premium-et-superieure-pour-le-ble-tendre-francais>
- Tioua, N., & Bouchendouka, H. (2020).** Élaboration d'une recette de mayonnaise en utilisant le plan de mélange [Mémoire de master, Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira]. Thèses Algérie.

Annexe1

Méthode opératoires

1. Analyses Physicochimiques

1.1. Préparation de l'échantillon

Échantillonnage : Prélever un échantillon représentatif de la farine de noyaux de dattes.

Broyage : Réduire les noyaux en poudre fine à l'aide d'un broyeur adapté.

Homogénéisation : Mélanger soigneusement pour assurer l'uniformité de l'échantillon.

1.2. Détermination de la teneur en humidité

Méthode : Séchage à l'étuve.

Procédure :

- Peser environ 5 g de l'échantillon.
- Placer dans une étuve à 105 °C pendant 24 heures.
- Refroidir dans un dessiccateur et peser.

Calcul :

$$[(\text{Poids initial} - \text{Poids après séchage}) / \text{Poids initial}] \times 100$$

1.3. Détermination du pH

Méthode : Potentiométrie.

Procédure :

- Préparer une suspension de 10 g de farine dans 100 mL d'eau distillée.
- Agiter pendant 1 heure.
- Mesurer le pH à l'aide d'un pH-mètre calibré.

1.4. Dosage des lipides

Méthode : Extraction par Soxhlet.

Procédure :

- Peser environ 5 g de farine.

Références

- Extraire avec un solvant (éther de pétrole) pendant 6 heures.
- Évaporer le solvant et peser le résidu lipidique.

Calcul :

(Poids des lipides / Poids de l'échantillon) × 100

1.5. Dosage des protéines

Méthode : Méthode de Kjeldahl.

Procédure :

- Digérer l'échantillon avec de l'acide sulfurique.
- Neutraliser et distiller l'ammoniac libéré.
- Titrer avec de l'acide standard.

Calcul :

- Utiliser le facteur de conversion approprié pour obtenir la teneur en protéines.

1.6. Dosage des cendres (minéraux totaux)

Méthode : Incandescence.

Procédure :

- Peser environ 5 g de farine.
- Incinérer dans un four à moufle à 550 °C jusqu'à obtention de cendres blanches.
- Refroidir et peser.

Calcul :

(Poids des cendres / Poids de l'échantillon) × 100

1.7. Détermination les glucides (%MS)

On applique cette formule :

100- [Humidité (%MS) + (Cendres (%MS) + (Protéines (%MS) + Huile (% MS))]

1.8. Détermination le taux de gluten

Préparation de la pâte :

- Peser 10g de la farine (farine de blé + farine de noyaux de dattes) à l'aide d'une balance de précision ;
- Les 10 g pesé précédemment sont introduit dans un mortier ;

Références

- Verser 5,5mL de la solution de chlorure de sodium (NaCl) ;

Extraction manuelle :

- Le lavage se fait au-dessus d'un tamis recouvert de gaze destiné à retenir les fragments ;
- Le pâton est malaxé en le plaçant dans la pomme de la main tout en versant dessus goutte à goutte la solution de chlorure de sodium ;
- Le lavage est poursuivi jusqu'à ce que l'eau du lavage ne soit plus trouble.

Essorage mécanique :

- Le pâton obtenu est essoré à l'aide d'uneessoreuse par centrifugation.

Expression des résultats :

Le gluten humide est exprimé en % en masse du produit tel quel, est égale à :

$$\text{Gluten humide (\%)} = \frac{M}{10} \times 100$$

Avec :

- M : la masse, en gramme, de gluten humide

Gluten humide exprimé en % en masse du produit (farine de blé + farine de noyaux) rapportée à la matière sèche :

Gluten humide est égale :

$$\frac{GH \times 100}{100 - H}$$

Avec :

- GH est le gluten humide et H est l'humidité

Détermination du gluten sec :

● Mode opératoire

Le gluten humide précédemment obtenu est placé dans une étuve à 130°C pendant 15 heures.

Expression des résultats :

Le gluten sec est exprimé en % en masse du produit (farine de blé + farine de noyaux de datte) est égale à :

Références

$$\frac{M' \times 100}{100 - H}$$

Avec :

- M' : la masse , en gramme du gluten sec

Le gluten sec rapportée à la matière sèche est égal :

$$\frac{GS \times 100}{100 - H}$$

Avec :

- GS : gluten sec
- H : humidité

2. Analyses Microbiologiques

2.1. Préparation de l'échantillon

Dilution : Préparer une suspension de 10 g de farine dans 90 mL d'eau peptonée tamponnée.

Homogénéisation : Agiter vigoureusement pour obtenir une suspension homogène.

Dilutions successives : Réaliser des dilutions décimales pour les analyses.

2.1. Dénombrement des germes aérobies mésophiles

Milieu : PCA (Plate Count Agar).

Procédure :

- Ensemencer les boîtes avec les dilutions appropriées.
- Incuber à 30 °C pendant 72 heures.
- Compter les colonies formées.

2.2. Dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Milieu : VRBL (Violet Red Bile Lactose Agar).

Procédure :

- Ensemencer les boîtes avec les dilutions appropriées.
- Incuber à 37 °C pour les coliformes totaux et à 44 °C pour les coliformes fécaux pendant 24 heures.
- Compter les colonies caractéristiques.

2.3. Dénombrement des levures et moisissures

Milieu : OGYE (Oxytetracycline Glucose Yeast Extract Agar).

Procédure :

- Ensemencer les boîtes avec les dilutions appropriées.
- Incuber à 25 °C pendant 5 jours.
- Compter les colonies de levures et de moisissures.

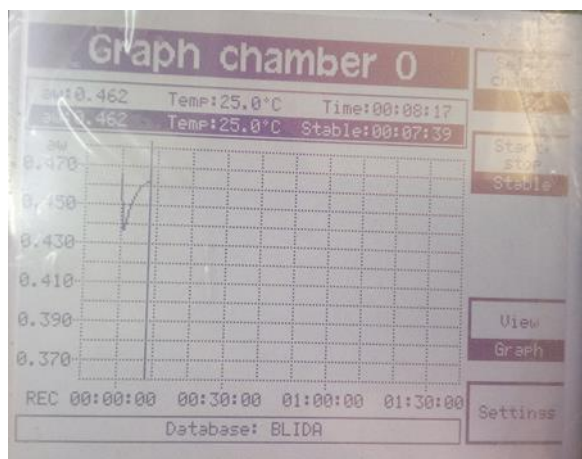
Références

Annexes 2

Photos

2.4. Activité de l'eau

Le résultat de 1ère échantillon



Le résultat de 2ème échantillon

Références

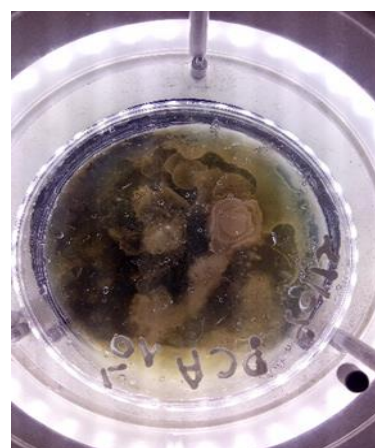
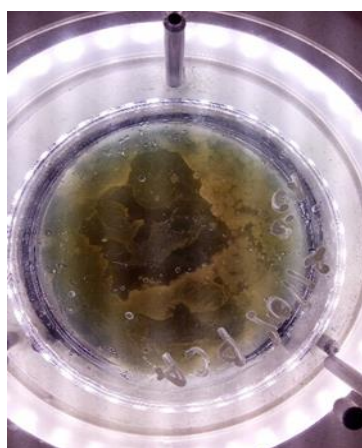
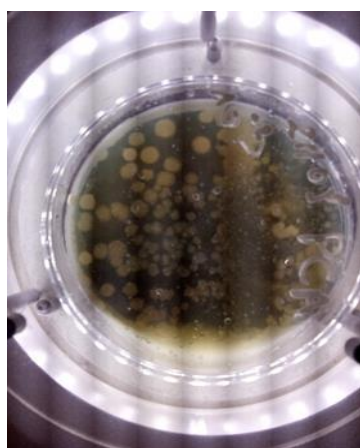
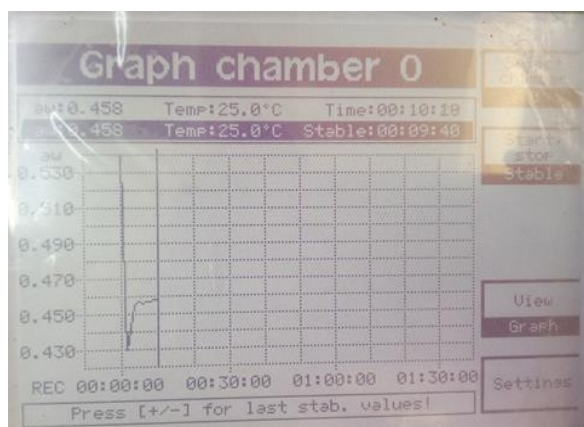


Figure 13 : Le résultat de l'analyse de Flore aérobie mésophile (FAM)

Références

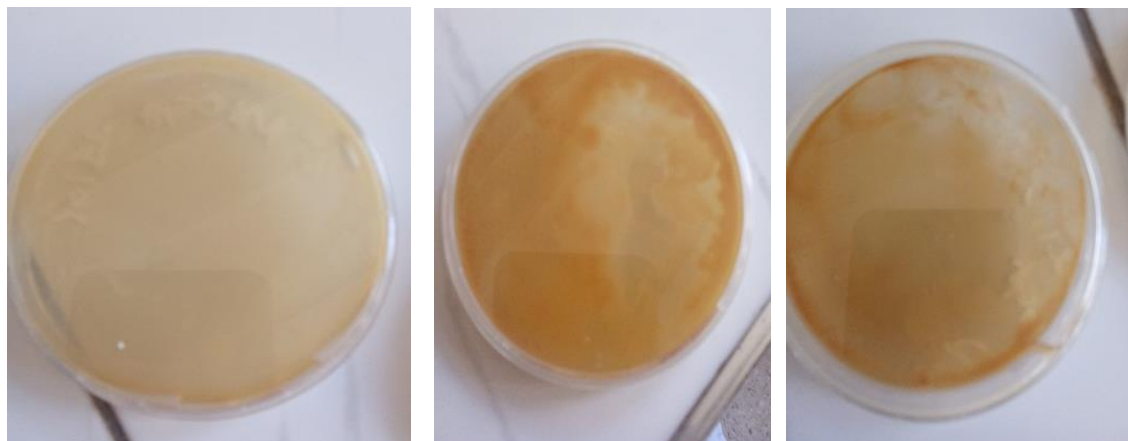


Figure 14 : Le résultat de l'analyse des levures et des moisissures

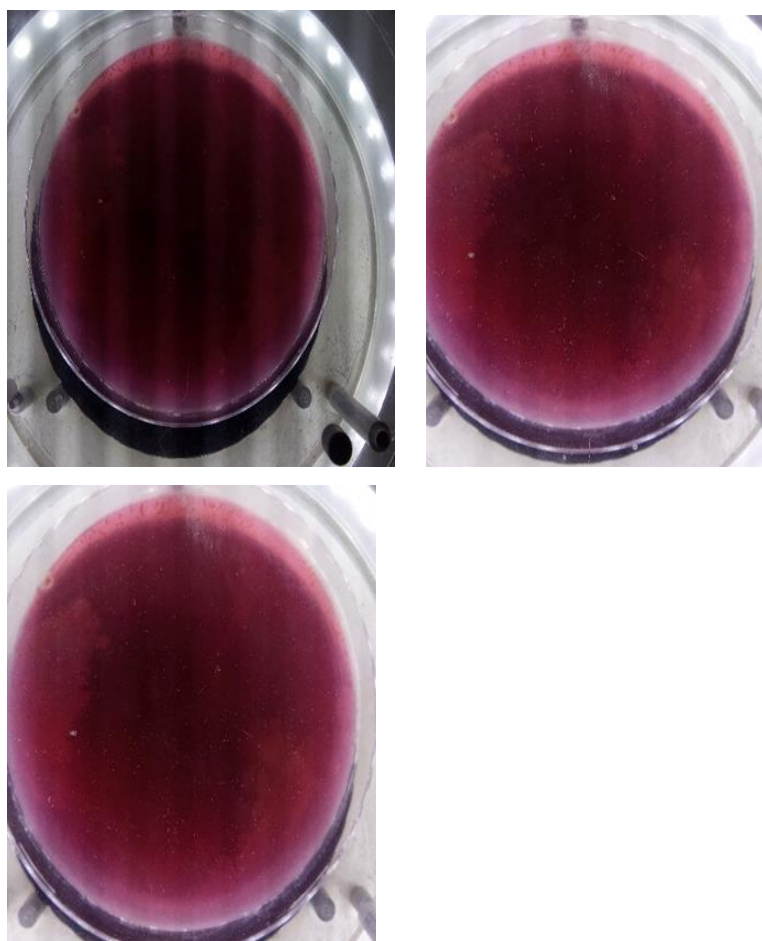


Figure 15 : Le résultat de l'analyse de Coliformes totaux et fécaux

Références

Annexe 3

Tableau : Formulation du pain français traditionnel (Pierre Feillet -2000)

Ingrédients	Quantités (en grammes)
Farine de blé tendre	100
Eau	60
Sel	2
Levure	2

