

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
كلية علوم الطبيعة والحياة



Département des sciences Alimentaires

Mémoire de fin d'études

Présenté par

Melle **ABBOU Houria**

Melle **BRAHIM Naima**

Pour l'obtention du diplôme de

Master en science alimentaire

Spécialité : Contrôle qualité et Agroalimentaire

Projet soutenu dans le cadre de l'arrêté 1275

Thème

***Formulation des pâtes alimentaires
enrichies avec germe de blé cas
de Tlitli***

Soutenue publiquement le 15/07/ 2023

Devant le Jury

Président	Dr BENABDELMOUMENE Djilali	Maître de conférences A	Université de Mostaganem
Examinatrice	Dr DERAMCHIA Nawel	Maître de conférences A	Université de Mostaganem
Encadreur	Dr DAHOU Abdelkader El Amine	Maître de conférences A	Université de Mostaganem
Représentante incubateur	Dr BOUGUEROUA Meriem	Maître de conférences A	Université de Mostaganem
Représentante du partenaire économique	Mme BOUHALLA Asma Warda	Responsable Qualité	Groupe Metidji Mostaganem

Travail réalisé au niveau de :

Eurl Sosémie Blida, du Laboratoire de technologie alimentaire et nutrition, du Laboratoire de physiologie animale appliquée et du laboratoire des sciences et techniques de production animale à Mostaganem

Dédicace

À mes parents, pour leur amour inconditionnel et leur soutien constant,

À mes frères et sœurs, pour leur encouragement et leur fierté,

À mes amis, pour leurs encouragements et leur présence précieuse,

À tous ceux qui m'ont inspiré et encouragé à poursuivre mes rêves,

Enfin, cette dédicace est également pour moi-même. À travers les hauts et les bas,

les moments de doute et les moments de réussite, j'ai développé une force

intérieure et une persévérance qui me suivront tout au long de ma vie. Cette

mémoire de fin d'études est le fruit de mon travail acharné, de ma passion et de

ma détermination à atteindre mes objectifs.

Que cette dédicace soit un témoignage de ma gratitude envers ceux qui m'ont

soutenu et une célébration de mon parcours universitaire.

À tous ceux qui ont été présents dans ma vie pendant mes études, je vous

remercie du fond du cœur.

ABBOU Houria

Dédicace

Je dédie cet humble et modeste travail, s' sincérité et fierté :

A mes chers parents, Mohammed et ABED Nacira, source de tendresse, de noblesse et d' affectation, puisse cette étape constituée pour vous un motif de satisfaction.

A mes frères et mes sœurs, en témoignage de la fraternité, avec mes bonheurs, de santé et de succès.

A tous membres de ma famille.

A ma cher amie et sœur ABBOU Houria.

A tous les étudiants de ma promotion de l' agroalimentaire et contrôle de qualité.

Et a toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

BRAHIM Naima

Remerciements

Il apparaît opportun de commencer ce mémoire par remercier ceux qui nous ont beaucoup appris au cours de ce projet de fin d'études, et ceux qui ont eu la gentillesse d'en faire un moment très profitable.

Tout d'abord, nous remercions toute l'équipe pédagogique de master contrôle de qualité et agroalimentaire.

Nous tenons à exprimer, nos vifs respects et nos forts remerciements à notre encadreur, **Dr DAHOU Abdelkader El Amine** maître de conférences au département des Sciences Alimentaires, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Abdelhamid IBN BADIS Mostaganem, pour son accompagnement tout au long de la réalisation du projet, son accueil au laboratoire de recherche des sciences et techniques de production animale, son assistance et son professionnalisme, son vrai sens de former et d'informer.

Nous adressons nos sincères remerciements, au Directeur Général de l'entreprise Sosémie qui nous a ouvert les portes de sa société pour effectuer ce projet de fin d'études.

Nous tenons à remercier pour sa patience et sa gentillesse, **Mr EL GHOUL Amjed**, Directeur de Production des pâtes alimentaires et Couscous au niveau d'EURLSOSEMIE, Blida pour son précieux apport, son aide sur le terrain et ses valeureuses orientations durant la réalisation de notre projet.

Nous formulons aussi nos remerciements pour les laborantins du laboratoire de la société SOSEMIE pour leurs aides et précieux conseils tout au long de la réalisation du projet.

Nos vifs remerciements à **Dr AIT SAADA Djamel** chef du parcours, Directeur du laboratoire de recherche en Technologie Alimentaire et Nutrition, Université de Mostaganem. Pour nous avoir accompagné par les moyens disponibles au laboratoire pour réaliser des analyses physicochimiques.

Nos sincères remerciements à **Mr Benabdelmoumene Djilali**, Professeur de biochimie alimentaire, Université de Mostaganem. D'avoir d'accepter de faire les analyses physicochimiques au niveau de son laboratoire de recherche de physiologie animale appliquée.

Toutes les personnes citées en remerciements ont volontairement participé à notre formation comme de futurs cadres du secteur agroalimentaire, qu'elles trouvent ici

l'expression de nos reconnaissances les plus vifs et de notre profonde gratitude ainsi que toute autre ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Résumé

L'objectif de cette étude est la formulation d'une pâte alimentaire améliorée avec du germe de blé. Cette formulation sera évaluée à plusieurs niveaux, sur l'aptitude et la faisabilité technologique, sur les améliorations apportées sur le plan culinaire, sur les caractéristiques sensorielles et sur le niveau d'acceptabilité du produit par les consommateurs. En incorporant 3% de germe de blé dans la formule, nous constatons que la composition du produit fini se rapproche davantage des normes requises pour une qualité commerciale accessible aux consommateurs algériens. L'enrichissement de notre formule avec 3% de germe de blé entraîne une augmentation de 1,5 fois de la teneur en protéines, une diminution de 1,78 fois de la teneur en lipides et une diminution de 1,04 fois de la teneur en glucides. Lors du test d'appréciation de la qualité organoleptique, les résultats, ont montré que la pâte alimentaire de type Tlitli enrichie avec du germe de blé se caractérise par une bonne couleur, un aspect lisse, une bonne fermeté, un goût caractéristique agréable, et un temps de cuisson plus court que celui du Tlitli commercial. L'analyse des coûts de production et de revient de nos essais donne une maximisation du profit à la production, à la commercialisation et au consommateur. Ces résultats démontrent que notre produit sera très concurrentiel sur le marché. D'après les données recueillies lors d'un questionnaire en ligne, il apparaît que les consommateurs algériens manifestent de l'intérêt envers l'arrivée sur le marché d'une gamme de pâtes alimentaires enrichies avec un produit bio, un sous-produit de la transformation céréalière, de qualité marchande et à un prix raisonnable.

Les mots clés : Pâtes alimentaires, germe de blé, enrichissement, valeur nutritionnelle, protéine, qualité culinaire, valorisation.

Abstract

The aim of this study is to formulate an improved food dough with wheat germ. This formulation will be evaluated on several levels, technological suitability and feasibility, culinary improvements, sensory characteristics and consumer acceptability. By incorporating 3% wheat germ into the formula, we have found that the composition of the finished product is closer to the standards required for a commercial quality accessible to Algerian consumers. Enriching our formula with 3% wheat germ results in a 1.5-fold increase in protein content, a 1.78-fold decrease in lipid content and a 1.04-fold reduction in carbohydrate content. The results of the organoleptic quality test showed that Tlitli dough enriched with wheat germ had good color, a smooth appearance, good firmness, a pleasant characteristic taste, and a shorter cooking time than commercial Tlitli. Analysis of the production and cost costs of our trials shows maximized profit for production, marketing and the consumer. These results show that our product will be highly competitive on the market. Based on data collected through an online questionnaire, it appears that Algerian consumers are showing interest in the arrival on the market of a range of pasta products enriched with an organic product, a by-product of cereal processing, of marketable quality and at a reasonable price.

Key words: Pasta, wheat germ, enrichment, nutritional value, protein, culinary quality, value-added.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تكوين عجين غذائي محسن بجنين القمح. تم تقييم هذه الصيغة على عدة مستويات: الملائمة والجدوى التكنولوجية ، تحسينات الطهي ، الخصائص الحسية و قبولها من طرف المستهلك. من خلال دمج 3 % من جنين القمح في الصيغة ، وجدنا أن تركيبة المنتج النهائي أقرب إلى المعايير المطلوبة لجودة تجارية في متناول المستهلكين الجزائريين. يؤدي إثراء تركيبتنا بجنين القمح بنسبة 3% إلى زيادة محتوى البروتين بمقدار 1.5 مرة ، وانخفاض محتوى الدهون بمقدار 1.78 ضعفاً ، وانخفاض محتوى الكربوهيدرات بمقدار 1.04 ضعفاً. أظهرت نتائج اختبار الجودة الحسية أن عجين التليتي المخصب بجنين القمح كان له لون جيد ، ومظهر ناعم ، وصلابة جيدة ، ومذاق مميز ، ووقت طهي أقصر من التليتي التجاري. يُظهر تحليل تكاليف الإنتاج والتكلفة لتجارينا رباً مضاعفاً للإنتاج والتسويق وللمستهلك. تظهر هذه النتائج أن منتجنا سيكون ذا قدرة تنافسية عالية في السوق. بناءً على البيانات التي تم جمعها من خلال استبيان عبر الإنترنت ، يبدو أن المستهلكين الجزائريين يبدون اهتماماً بوصول مجموعة من منتجات العجائن المخصصة بمنتج عضوي ، منتج ثانوي لمعالجة الحبوب ، ذو جودة قابلة للتسويق وبسعر معقول.

الكلمات المفتاحية: العجائن ، جنين القمح ، الإثراء ، القيمة الغذائية ، البروتين ، جودة الطهي ، القيمة المضافة.

Liste des abréviations

AFNOR : Association française de la normalisation.

Cl : Teneur en chlore.

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

H: Humidité.

HDL: high-density lipoprotein

HPLC: High performance liquid chromatography.

ISO: International Standardisation Organisation.

JORA : Journal officiel de la république Algérienne.

LDL: low-density lipoprotein

LSTPA : Laboratoire de Sciences et techniques de production animale.

MG : taux de la matière grasse.

MGT : Matière Grasse Totale.

SIFPAF : Syndicat des industriels fabricants de pâtes alimentaires de France.

SSSE : Semoule Sassée Super Extra.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC: Titre Alcalimétrique Complet.

TC : Taux de cendres.

TOC : Temps optimal de cuisson.

Liste des figures

Figure n°01 : Blé dur canadien (figure originale)	03
Figure n°02 : Anatomie schématique du grain de blé et proportion relative des principaux tissus du grain (SURGET and BARRON, 2005)	04
Figure n°03 : Le diagramme d'extraction de germe de blé	06
Figure n°04 : Germe de blé (figure originale)	07
Figure n°05 : Les pâtes alimentaires extrudées de forme Tlitli	13
Figure n°06 : Les pâtes alimentaires laminées	14
Figure n°07 : Zone d'hydratation de la pâte	17
Figure n°08 : Le malaxage	17
Figure n°09 : Coupe d'un extrudeur monovis à noyau de vis croissant (dessin A. Sire, INRA, Nantes).....	18
Figure n°10 : La filière d'extrudeur	18
Figure n°11 : Le laminage des pâtes alimentaires	19
Figure n°12 : Les pâtes du séchage	19
Figure n°13 : Le conditionnement	20
Figure n°14 : Diagramme du processus de fabrication des pâtes alimentaires	21
Figure n°15 : Schéma du processus de fabrication des pâtes alimentaires	22
Figure n°16 : Structure de la pâte à la phase d'hydratation.....	23
Figure n°17 : Structure de la pâte à la mélangeuse sous vide	24
Figure n°18 : Amidon non gélatinisé	25
Figure n°19 : Amidon gélatinisé	25
Figure n°20 : Protéines non gélatinisés	25
Figure n°21 : Protéines gélatinisés	25
Figure n°22 : Pâtes alimentaires complètes format du Tlitli (figure originale)	32
Figure n°23 : La semoule complète (figure originale)	32

Figure n°24 : Le pesage du germe de blé	39
Figure n°25 : L'opération d'ajout du germe de blé	39
Figure n°26 : Le malaxage de la semoule complète additionnée du germe de blé et d'eau.....	40
Figure n°27 : Le moule qui est utilisé durant l'essai	40
Figure n°28 : Tlitli à la sortie du TRABATO	41
Figure n°29 : Tlitli à la sortie de sécheur	41
Figure n°30 : Tlitli à la sortie de refroidissement	41
Figure n°31 : Le diagramme de fabrication les trois types de Tlitli	42
Figure n°32 : Schéma du processus de fabrication les trois types de Tlitli	43
Figure n°33 : Bulletin du test de classement	46
Figure n°34 : Bulletin pour le test hédonique des pâtes sèches et cuites avec un barème de notation allant de 1 à 10.....	47
Figure n°35 : Les images de produits fini	61
Figure n°36 : Les Wilayas qui a répondu.....	67
Figure n°37 : Le sexe.....	68
Figure n°38 : Avis des consommateurs des pâtes.....	68
Figure n°39 : Fréquence de consommation et d'appréciation de la pâte	68
Figure n°40 : Critères pour l'achat de pâtes.....	68
Figure n°41 : Pourcentage de connaissance	69
Figure n°42 : La proportion de consommation	69
Figure n°43 : Comparaison des pâtes alimentaires traditionnelles et des pâtes alimentaires enrichies	69
Figure n°44 : Raisons du choix des pâtes enrichies.....	69
Figure n°45 : Acceptation d'ajout des pâtes alimentaires enrichies sur le marché	69

Liste des tableaux

Tableau n°01 : Composition chimique de grain de blé (en g pour 100g)(Boudreau and Ménard, 1992).....	04
Tableau n°02 : Composition biochimique du germe de blé (en g pour 100 g de matière digestible) (Kumar et al., 2011).....	07
Tableau n°03 : Composition en acides gras du germe brut (g pour 100 g de matière sèche) (Megahed, 2011).....	08
Tableau n°04 : Proportion des vitamines en mg pour 100 g du germe de blé brut(Souci S.W., 1995).....	08
Tableau n°05 : Les types des pâtes alimentaires et les critères de différenciation(Ugrinovits et al., 2004).....	14
Tableau n°06 : La composition des pâtes alimentaires crues et cuites.....	28
Tableau n°07 : Les analyses physico-chimiques des matières premières et leur norme.....	29
Tableau n°08 : Les analyses physico-chimiques de produit fini et leur norme	29
Tableau n°09 : Les analyses microbiologiques du produit fini et leur norme	29
Tableau n°10 : Les caractéristiques de la semoule complète de blé dur.....	33
Tableau n°11 : Les caractéristiques des pâtes de semoule de blé complet	33
Tableau n°12 : Variable choisie et codée correspondant aux niveaux attribués	39
Tableau n°13 : Les résultats d'analyse de la teneur en eau de semoule complète et germe de blé	49
Tableau n°14 : Les résultats d'analyse du taux de cendre de semoule complète et germe de blé.....	49
Tableau n°15 : Les résultats d'analyse du taux de protéine de semoule complète et germe de blé	50
Tableau n°16 : Les résultats d'analyse du taux des lipides de semoule complète et germe de blé	50
Tableau n°17 : Les résultats d'analyse de taux en glucides de semoule complète et germe de blé	51
Tableau n°18 : Les résultats d'analyse d'indice de couleur semoule complète et germe de blé.....	51

Tableau n°19 : Les résultats d'analyse du granulométrique de semoule complète	52
Tableau n°20 : Les résultats des analyses microbiologiques des matières premières.....	53
Tableau n°21 : Les résultats d'analyse du teneur en eau de Tlitli	54
Tableau n°22 : Les résultats d'analyse du taux de cendre de Tlitli	55
Tableau n°23 : Les résultats d'analyse de taux de protéine de Tlitli	55
Tableau n°24 : Les résultats d'analyse du teneur en lipides de Tlitli	56
Tableau n°25 : Les résultats d'analyse du teneur en glucides de Tlitli	57
Tableau n°26 : Les résultats d'analyse d'indice de couleur de Tlitli	57
Tableau n°27 : Les résultats des analyses microbiologiques de Tlitli	58
Tableau n°28 : Les résultats de test de cuisson de Tlitli	59
Tableau n°29 : Les résultats du test de dégustation de Tlitli cuite sur le site de production.....	62
Tableau n°30 : Les résultats du test de dégustation de Tlitli sèches sur le site de production.....	62
Tableau n°31 : Les résultats du test de classement de dégustation de Tlitli cuite sur le site de production	63
Tableau n°32 : Les résultats du test de classement de dégustation de Tliti sèche sur le site de production	63
Tableau n°33 : Les résultats du test hédonique de dégustation de Tlitli cuite sur le site de production	64
Tableau n°34 : Les résultats du test hédonique de dégustation de Tlitli sèches sur le site de production	64
Tableau n°35 : Fiche de coût et de prix de vente de la pâte alimentaire de Type Tlitli complet.....	65
Tableau n°36 : La valeur énergétique de Tlitli.....	65
Tableau n°37 : Fiche de coût et de prix de vente de la pâte alimentaire de Type Tlitlienrichi avec 3% de germe de blé.....	66
Tableau n°38 : Fiche de coût et de prix de vente de la pâte alimentaire de Type Tlitli enrichi avec 10% de germe de blé.....	66

Table des matières

Dédicace	i
Remerciements.....	iii
Résumé	iv
Abstract.....	v
ملخص.....	vi
Liste des abréviations	vii
Liste des figures	viii
Liste des tableaux	x

Introduction

Introduction.....	1
-------------------	---

Bibliographie du projet

1. Généralités sur le grain de blé.....	3
1.1-Définition.....	3
1.2-Composition histologique	3
1.3-Composition chimique et valeur nutritionnelle du grain de blé	4
1.4-La mouture du gain de blé	5
1.4.1-Le broyage.....	5
1.4.2-Le Blutage.....	5
1.4.3-Le sassage.....	5
1.4.4-Le claquage.....	6
1.5-Raisons d'élimination du germe de blé lors de la mouture	6
2. Le germe de blé	7
2.1-Description	7
2.2-Composition chimique et valeur nutritionnelle.....	7
2.2.1-Protéines	8
2.2.2-Lipides.....	8
2.2.3-Vitamines.....	8
2.2.4-Enzymes.....	9
2.2.5-Les minéraux	9
2.3-Extraction et récupération du germe de blé au cours de la mouture	9
2.4-Les bienfaits du germe de blé	9
2.4.1-Dans le domaine thérapeutique.....	10
2.4.2-Dans le domaine alimentaire	10
2.5-Différentes formes d'utilisation du germe de blé.....	10

2.5.1-Utilisation du germe de blé entier.....	10
2.5.2-Utilisation des protéines du germe de blé	11
2.5.3-Utilisation de l'huile du germe de blé	11
3.Les pâtes alimentaires.....	12
3.1-Définition.....	12
3.2-Classification	13
3.2.1-Les pâtes extrudées	13
3.2.2-Les pâtes laminées	14
3.3-Types des pâtes	14
3.4-Constituants de la pâte.....	14
3.4.1-Semoule	15
4.1.1-Rôle des constituants de la semoule en pastification.....	15
3.4.2-L'eau	16
3.5-Le processus de fabrication des pâtes alimentaires	16
3.5.1-L'hydratation/ malaxage de la semoule	17
3.5.2-Formage ou façonnage.....	17
3.5.3-Séchage.....	19
3.5.4-Emballage	20
3.6-Structuration des constituants des pâtes au cours de procédé de fabrication.....	23
3.6.1-Phase d'hydratation et de malaxage	23
3.6.2-La phase sous vide.....	24
3.6.3-Phase de façonnage.....	24
3.6.4-Phase de séchage.....	26
3.7-Qualités des pâtes alimentaires	26
3.7.1-Qualité organoleptique.....	27
3.7.2-Qualité culinaire	27
3.7.3-Qualité hygiénique.....	27
3.7.4-Qualité nutritionnelle.....	28
3.8-Contrôle de la conformité des pâtes alimentaires au cours de la transformation.....	28
3.8.1-Les analyses physico-chimiques	29
3.8.2-Les analyses microbiologiques.....	29
3.9-Cuisson des pâtes alimentaires	30
3.10-Pâtes enrichies	31
4.Pâtes alimentaires complètes	32
4.1-La semoule complète	32

4.2-Fabrication des pâtes alimentaires de semoule complète de blé dur	33
---	----

Méthodologie du projet

1. Matériel et méthodes	34
1.1-Cadre du projet	34
1.2-Lieu et durée du projet	34
1.3-Matières premières	34
1.3.1-La semoule complète de blé dur.....	34
1.3.2-Le germe de blé	34
1.3.3-L'eau.....	35
1.4-Caractérisation physico-chimiques des matières premières.....	35
1.4.1-Détermination de la composition globale des matières premières.....	35
1.4.2-Mesure de la granulation	37
1.4.3-Mesure de la couleur.....	37
1.4.4-Les analyses de l'eau	37
1.5-Caractéristique microbiologique des matières premières	38
1.6-Formulation des essais	38
1.7-Plan d'expérience	38
1.8-Fabrication des pâtes alimentaires.....	39
1.9-Appréciation de la qualité des pâtes.....	44
1.9.1-Qualité nutritionnelle, technologique et hygiénique.....	44
1.9.2-Qualité culinaire.....	44
1.9.3-Analyse sensorielle	45
1.10-Détermination et calcul de la valeur énergétique des pâtes.....	47
1.11-Analyse des coûts des essais de production.....	47
1.11.1- Les coûts de production.....	47
1.11.2- Composition pour le calcul du coût de production.....	48
1.12-Le questionnaire des préférences des consommateurs établi en ligne	48

Résultats et Discussions du projet

1. Caractéristiques physico-chimiques des matières premières	49
1.1-Détermination de la composition globale des matières premières	49
1.1.1-La teneur en eau	49
1.1.2-Taux de cendres	49
1.1.3-Teneur en protéines	50
1.1.4-Teneur en lipides	50
1.1.5-Teneur en glucides	51

1.2-Indice de couleur	51
1.3-Répartition granulométrique.....	52
2.Caractéristiques microbiologiques des matières premières	52
3.Essai industriel de pastification.....	53
3.1-Détermination du taux optimum d'hydratation	53
3.2-Description du comportement des pâtes alimentaires	53
4.Caractéristiques physico-chimiques des produits finis	54
4.1-Détermination de la composition globale des produits finis.....	54
4.1.1-Teneur en eau (Humidité)	54
4.1.2-Taux de cendres	55
4.1.3-Teneur en protéines	55
4.1.4-Teneur en lipides	56
4.1.5-Teneur en glucides	57
4.2-Indice de couleur	57
4.3-Les analyses l'eau	58
5.Caractéristiques microbiologiques des produits finis	58
6.Qualité culinaire des pâtes.....	59
6.1-Le temps de cuisson	59
6.2-Indice de gonflement	60
7.Imagerie de la transformation et du comportement des pâtes.....	61
8.Analyse sensorielle	61
8.1-Sur le site de production	61
8.2-Sur le site universitaire	62
9.Détermination et calcul de la valeur énergétique des pâtes	64
10.Les calculs des coûts de production	65
11.Traitement des résultats du questionnaire préférence du consommateur	67

Conclusion

Conclusion.....	71
-----------------	----

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Introduction

La consommation de blé dans le monde et surtout dans l'Algérie est très élevée en raison de sa large gamme d'utilisation dans l'alimentation humaine (boulangerie, les pâtes alimentaire, les céréales pour petit déjeuner, tout produits à base de blé transformé)(Zettal, 2017).

Les pâtes alimentaires sont l'un des aliments de base les plus populaires et largement consommés dans le monde entier. Elles sont appréciées pour leur facilité de préparation, leur goût délicieux et leur polyvalence en termes de combinaisons d'ingrédients et de sauces. Cependant, malgré leur popularité, les pâtes traditionnelles sont principalement constituées de semoule de blé dur, ce qui peut entraîner une perte de certains nutriments essentiels présents dans le blé entier (Abecassis, 2023).

La recherche en nutrition a démontré les nombreux bienfaits du blé entier, qui contient non seulement des glucides complexes pour l'énergie, mais aussi des fibres, des protéines, des vitamines et des minéraux. L'un des composants les plus bénéfiques du blé entier est le germe de blé, qui est la partie la plus riche en nutriments de la graine de blé(Canon, 2021).

Le germe de blé est une source concentrée des vitamines B, des vitamines E, des protéines (acide amine essentiel), des acides gras essentiels, des minéraux tels que le zinc et le magnésium, ainsi que d'antioxydants et de composés phytochimiques bénéfiques pour la santé(Godineau, 2014). Cependant, la plupart des pâtes alimentaires disponibles sur le marché sont fabriquées à partir de semoule de blé dur, qui est dépourvue de ces nutriments essentiels.

Dans ce contexte, l'enrichissement des pâtes alimentaires avec du germe de blé peut constituer une solution prometteuse pour améliorer la valeur nutritionnelle de ce produit alimentaire de base. En incorporant du germe de blé dans la formulation des pâtes, il est possible d'offrir aux consommateurs une alternative plus saine et nutritive aux pâtes traditionnelles.

Dans le cadre de ce projet, nous mènerons des études sur les différentes techniques de formulation, les propriétés physicochimiques et microbiologiques des pâtes enrichies en germe de blé, ainsi que les effets sur la qualité nutritionnelle et sensorielle et la demande des consommateurs par un questionnaire en ligne.

L'objectif ultime de ce projet est de développer des pâtes alimentaires enrichies avec du germe de blé qui répondent aux attentes des consommateurs en termes de valeur nutritionnelle, de goût et de texture, tout en offrant un produit compétitif sur le marché alimentaire. Les résultats de ce projet pourraient être utilisés par l'industrie alimentaire pour la formulation de produits de pâtes alimentaires.

BIBLIOGRAPHIE

DU PROJET

1. Généralités sur le grain de blé

1.1- Définition

Le blé, faisant partie de la famille des Graminées et du genre *Triticum*, est une plante monocotylédone. Les variétés les plus couramment cultivées comprennent le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*) (Feillet, 2000).



Figure n°01 : Blé dur canadien (Photo originale prise chez EURL SOSEMIE)

1.2- Composition histologique

Les grains de blé ont une forme ovale, plus ou moins allongée, avec un poids compris entre 20 et 50 mg, une longueur de 5 à 8 mm, une largeur de 2 à 4 mm et une épaisseur de 2,5 à 3,5 mm (Jacquemin, 2012).

La structure du grain de blé se compose de trois parties principales (Tiwari and Pojić, 2020):

- Les enveloppes de la graine, appelées péricarpe, sont constituées de six tissus différents, à savoir l'épiderme du nucelle, le tégument séminal ou testa, les cellules tubulaires, les cellules croisées, le mésocarpe et l'épicarpe, qui représentent environ 13 à 17 % du grain.
- L'albumen, qui constitue environ 81 à 83 % du grain, se compose d'une couche d'aleurone et d'un albumen amylicé. À l'intérieur de cette partie, on trouve des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au sein d'une matrice protéique, avec des parois

cellulosiques peu visibles.

- Le germe représente environ 3 % du grain et se compose du scutellum ainsi que d'un embryon comprenant la coléoptile, la gemmule, la radicule, le coléorhize et la coiffe.

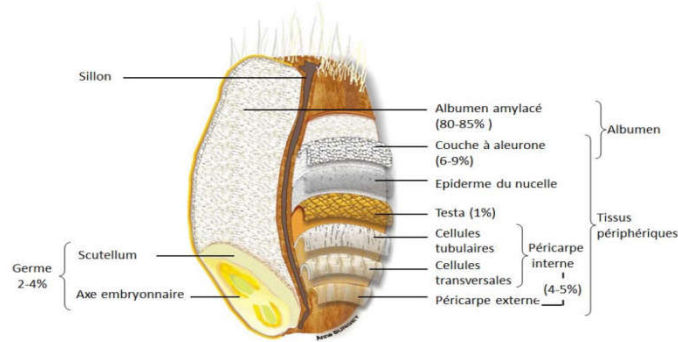


Figure n°02 : Anatomie schématique du grain de blé et proportion relative des principaux tissus du grain (SURGET and BARRON, 2005)

1.3- Composition chimique et valeur nutritionnelle du grain de blé

Les grains de céréales sont des organes végétaux hautement déshydratés (Cretois, 1985). Ils se composent principalement d'amidon, des protéines, des lipides et des fibres, avec des pourcentages variables comme indiqué dans le tableau ci-dessous:

Tableau n°01:Composition chimique du grain de blé (en g pour 100g)(Boudreau and Ménard, 1992)

	Glucides	protéine	lipides	Fibre	Fer	Autre
Enveloppes	63	16	3	43	59	Vitamine B
Albumen	79	7	0	4	7	_____
Germe	52	23	10	14	35	Vitamine B/ Oméga 3 et 6

La composition des grains de céréales joue un rôle crucial dans la qualité des produits qui en découlent. Cette composition est influencée par plusieurs facteurs tels que le climat, la variété, la nature du sol et les techniques de culture (Amir et al., 2004; Boudreau and Ménard, 1992).

Certains composés présents dans le grain de blé, tels que les protéines, l'amidon, les lipides, les vitamines, ont une valeur nutritionnelle et jouent un rôle important sur le plan nutritionnel (Shewry, 2009)et technologique. L'interaction entre ces différents constituants du

grain permet la production d'une variété de produits tels que le pain, les pâtes alimentaires, les biscuits, etc.

Le germe et le son de blé, par exemple, sont une bonne source de fibres alimentaires qui contribuent à la prévention et au traitement de certains problèmes digestifs (**Haripriya. and Premakumari., 2010; Simmond., 1989**).

Selon **Hemery et al., 2007**, il existe des procédés de fractionnement et de séparation permettant d'éliminer les éléments indésirables et de récupérer les composants cibles de valeur nutritionnelle et technologique, ce qui peut contribuer à l'amélioration de la qualité des différents produits alimentaires.

1.4- La mouture du grain de blé

L'objectif du processus de mouture consiste à séparer le son et le germe de l'albumen afin de produire de la farine ou de la semoule (**Boukid et al., 2018**).

Après le nettoyage du blé, qui vise à éliminer les impuretés (**Feillet, 2000**), et le conditionnement, qui vise à augmenter la teneur en eau du grain pour faciliter le fractionnement lors du processus de broyage (**Boukid et al., 2018**), le blé passe directement par quatre étapes principales lors de la mouture :

1.4.1-Le broyage

Est une opération qui permet d'ouvrir mécaniquement le grain de blé, par cisaillement et de détacher plus ou moins complètement l'amande qui se brise alors que les enveloppes, plus élastiques, résistent(**Feillet, 2000**).

Il est réalisé entre des cylindres cannelés tournant en sens inverse et à des vitesses différentes(**Feillet, 2000**).

1.4.2-Le Blutage

Après chaque broyage, des tamis perfectionnés ou plansichters, séparent les produits et les classent selon leur taille(**Boukarboua and Boulkroun, 2016**).

1.4.3-Le sassage

En semoulerie les tamis de sasseur que livre les marchandises au client, le but de sa fonction est de calibrer et purifier les semoules selon leur densité grâce à l'effet combiné des

tamis en mouvement oscillant longitudinal et au courant l'air ascendant traversant les couches de tamis.

1.4.4-Le claquage

Il s'agit d'une réduction des semoules opérée par des cylindres lisses pour broyer les particules encore plus finement(Boukarboua and Boulkroun, 2016).

En fonction du diagramme de mouture, le germe se trouve dans le refus des tamis du plansichter qui est alimenté par le claqueur qui reçoivent le produit de broyeur.

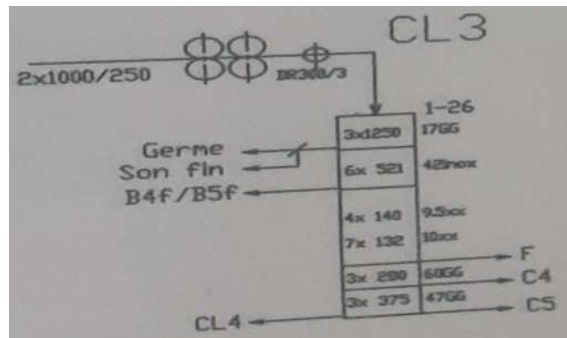


Figure n°03 : Le diagramme d'extraction du germe de blé (Photo originale prise chez EURL SOSEMIE)

Ces quatre stations principales du processus de mouture permettent de transformer le blé en farine ou en semoule de différentes qualités et granulométries, qui sont ensuite utilisées dans la fabrication de nombreux produits alimentaires.

1.5- Raisons d'élimination du germe de blé lors de la mouture

L'utilisation généralisée de germe de blé est limitée par le développement rapide du rancissement après isolement de l'amande(Li et al., 2016).

la présence des graisses insaturées ainsi que les enzymes hydrolytique et oxydatives favorisent la dégradation rapides du germe de blé (Xu et al., 2013).Les enzymes, lipoxygénase et lipase, détériorent les molécules lipidiques générant de l'acidité et des composés volatils (Capitani et al., 2011; Sjövall et al., 2000).

Par conséquent, une fois séparé, le germe de blé a une durée de conservation considérablement réduite, se limitant à quelques jours seulement. Cela constitue la principale limitation de l'utilisation du germe de blé dans les applications industrielles (Sjövall et al., 2000; Srivastava et al., 2007).

2. Le germe de blé

2.1- Description

Le germe est la composante principale de grain de blé. La plupart des nutriments à l'exception de l'amidon sont concentrés dans le germe(Hassan et al., 2010).

Le germe de blé peut être considéré comme l'un des sous-produits les plus importants de l'industrie meunière, qui représente 2 à 3 % du grain de blé entier (Khosroshahi and Razavi, 2022).

Le germe de blé se trouve à la base du grain, du côté opposé à l'extrémité pointue. Il se compose de deux parties principales : l'embryon ou plantule, qui est responsable de la formation d'une nouvelle plante, et le scutellum, une coquille elliptique qui entoure la plantule et la sépare de l'endosperme farineux(Ahmed et al., 2010).



Figure n°04 :Germe de blé (Photo originale prise chez EURL SOSEMIE)

2.2- Composition chimique et valeur nutritionnelle

Le germe de blé constitue la composante principale du grain de blé. Il contient la plupart des nutriments, à l'exception de l'amidon, qui sont concentrés dans cette partie du grain (Hassan et al., 2010).

Tableau n°02 : Composition biochimique du germe de blé (en g pour 100 g de matière digestible) (Kumar et al., 2011)

Paramètres	Humidité (%)	Protéine totaux (%)	Lipides totaux (%)	Taux de cendre	Fibres (%)		Vitamine E mg/100g	Carbohydate (%)
					Soluble	Insoluble		
Germe de blé	11,4 ±0,2	25,11-31,4±0,5	7,3-9±0,2	4,2±0,1	2,8±0,1	15,6±0,2	15,80-22,0	51,99±1,0

2.2.1-Protéines

Les protéines présentes dans le germe de blé contiennent des taux élevés d'acides aminés essentiels, tels que la lysine, la méthionine et la thréonine, qui ont une valeur biologique excellente et qui sont absents dans de nombreuses autres céréales (**Abarghoei et al., 2023**).

Le germe de blé contient 25,11-31,4% (ms) des protéines, principalement sous forme des globulines (18,9%) et d'albumines (30,2%). Les protéines du germe de blé ont une teneur en acide glutamique et proline plus faible que les protéines du gluten, mais leur teneur en lysine est beaucoup plus élevée. En revanche, les gliadines et les gluténines présentes dans le germe de blé ont une faible teneur en acides basiques (Tableau 01) (**Kumar et al., 2011**).

2.2.2-Lipides

La teneur en lipides du germe se trouve comprise dans l'intervalle 7,3 - 9%, Les lipides du germe comportent des acides gras dont les proportions sont indiquées dans le tableau 03.

**Tableau n°03 : Composition en acides gras du germe brut (g pour 100 g de matière sèche)
(Megahed, 2011)**

Acides gras	Acide palmitique	Acide stéarique	Acide palmitoleique	Acide oleique (W9)	Acide linoléique (W6)	Acide linoléique (W3)
Teneurs (%)	18,5	0,40	0,70	17,3	57,0	5,20

2.2.3-Vitamines

Les vitamines liposolubles sont majoritaires dans le germe de blé en raison de sa teneur élevée en lipides(**Eisenmenger, 2008**).

Le germe de blé est connu comme la source végétale la plus riche en vitamine E, il est une excellente source de tocophérols et vitamines du groupe B (**Boukid et al., 2018**).

Le tableau suivant comporte les données relatives aux vitamines que renferme le germe de blé.

Tableau n°04 :Proportion des vitamines en mg pour 100 g du germe de blé brut(Souci S.W., 1995)

B1	B2	B6	E	Niacine	B5	Caroténoïdes
2.01	0.720	0,492	31.06	4.52	1.00	0.062

2.2.4-Enzymes

Parmi les enzymes disponibles au niveau du germe on a surtout les lipoxygénases et les lipases (Srivastava et al., 2007).

La lipase hydrolyse les liaisons esters des triglycérides en libérant des monoglycérides, des diglycérides et des acides gras libres (F.A.O, 1980).

lipoxygénase provoque l'oxydation des acides gras surtout insaturés à l'état libre (F.A.O, 1980).

2.2.5-Les minéraux

Les minéraux sont présents dans le germe de blé à environ 4,4 g/100 g, ce qui est presque quatre fois plus concentré que dans le grain de blé entier (Boukid et al., 2018).

Il contient des minéraux tels que le zinc, le cuivre, le fer et le magnésium, et peut être facilement consommée par les patients (Hasanloei et al., 2021).

2.3- Extraction et récupération du germe de blé au cours de la mouture

Le germe de blé est progressivement séparé sous forme des flocons, à travers les passages successifs tout au long du processus de broyage (Boukid et al., 2018).

Les grains conditionnés ont été décortiqués par enlever les couches externes de son. Par conséquent, l'albumen contient moins son avant mouture, et la séparation du germe après la première unité de rupture est facilitée, par conséquent, une telle étape préliminaire pourrait améliorer la récupération de germe de blé en termes de qualité et de quantité, mais cela pourrait endommager la structure des germes, si les réglages des machines de broyages (c'est-à-dire distance entre les cylindres et leur vitesse de rotation) ne sont pas optimisés et certains germe peuvent être entièrement éliminés pendant la phase de débranchage (Boukid et al., 2018).

2.4- Les bienfaits du germe de blé

Le germe de blé est un sous-produit de meunerie, sa valorisation présente un double intérêt : sur le plan économique ainsi que nutritionnel et qualitatif (Ahmed Messaoud, 2013)

Il peut l'utilisé dans plusieurs domaines :

2.4.1-Dans le domaine thérapeutique

On peut avoir la tentation de considéré celui-ci une panacée capable de guérir certaines maladies.

En effet, il est considéré comme un antioxydant, anti-inflammatoire et un soutien immunitaire grâce à sa richesse en vitamine E, zinc et sélénium(**Jeong et al., 2016**).

Certaines études ont suggéré que la consommation régulière de germe de blé pourrait aider à réduire les niveaux de cholestérol LDL (mauvais cholestérol) et à augmenter les niveaux de cholestérol HDL (bon cholestérol) (**Mohammadi-Sartang et al., 2018**).

Le germe de blé est une source riche en fibres alimentaires ce qui peut favoriser une digestion saine en améliorant le transit intestinal et en prévenant la constipation(**Ryan and Khoo, 2019**).

Il est un soutien cardiovasculaire, il contient les acides gras essentiels tels que l'acide linoléique, ont été associés à une réduction du risque des maladies cardiovasculaires (**Lukas et al., 2014**).

2.4.2-Dans le domaine alimentaire

Dans la santé mondiale d'aujourd'hui la nutrition aide à vendre de nouveaux produits alimentaires préparés à partir des nouvelles sources protéiques. Le germe de blé est l'un des suppléments protéiques potentiel pour la diète humaine(**Ahmed Messaoud, 2013**).

Du point de vue des hautes valeurs nutritives et son gout, le germe de blé offre une excellente source de protéines et vitamines pour la fortification des produits alimentaires (**Ahmed Messaoud, 2013**).

2.5- Différentes formes d'utilisation du germe de blé

Jusqu'à présent, l'utilisation rationnelle et efficace du germe de blé, considéré comme une ressource précieuse, reste largement inexploitée. Sa valeur exceptionnelle sur le plan nutritionnel et thérapeutique en fait un sous-produit idéal ainsi qu'un supplément alimentaire important pour enrichir divers produits.(**Piras et al., 2009**).

2.5.1-Utilisation du germe de blé entier

Le germe de blé est disponible sur le marché sous différentes formes, telles que la farine en paillettes ou incorporée dans des produits spécifiques, permettant ainsi d'enrichir divers

produits tels que les farines composées, les potages, le pain, les biscuits et les galettes au germe de blé (**Megahed, 2011**).

2.5.2-Utilisation des protéines du germe de blé

L'utilisation des protéines dérivées du germe de blé nécessite une technologie appropriée qui répond à certaines caractéristiques clés. Tout d'abord, le matériau utilisé doit être produit en grande quantité. De plus, il doit présenter une teneur élevée en protéines et un équilibre adéquat en acides aminés, ainsi qu'une valeur biologique élevée. Le germe de blé remplit ces critères et trouve donc une justification dans son utilisation en tant que supplément alimentaire (**Staron, 1983**).

Les propriétés fonctionnelles des protéines du germe de blé, telles qu'une solubilité élevée, de bonnes propriétés émulsifiantes, une capacité moussante et hydrophobe, un pouvoir moussant, une texture légère et une saveur distincte, favorisent la production d'isolats protéiques à partir du germe de blé. Ces isolats sont utilisés comme ingrédient dans de nombreux produits alimentaires, notamment les viandes transformées, les céréales, les produits de boulangerie et les boissons(**Ahmed et al., 2010**).

De plus, les isolats de protéine de germe de blé peuvent être bénéfiques dans les formulations alimentaires destinées aux personnes allergiques au gluten. Ainsi, ces isolats de protéines suscitent un intérêt particulier parmi les transformateurs et les consommateurs en raison de leur faible teneur en matières grasses et de leur utilisation en tant que substitut des protéines d'œufs et des produits laitiers(**Hassan et al., 2010**).

2.5.3-Utilisation de l'huile du germe de blé

L'huile de germe de blé est largement utilisée dans divers domaines tels que l'alimentation en tant qu'ingrédient de préparation, l'agriculture biologique comme agent de contrôle des insectes, l'industrie pharmaceutique et le secteur de la cosmétique (**Piras et al., 2009**).

Le germe de blé est reconnu pour sa teneur élevée en huile, et étant donné l'intérêt croissant des antioxydants naturels tels que les tocophérols dans notre alimentation, il est utilisé dans la fabrication de biscuits améliorés sur le plan nutritionnel, remplaçant ainsi les antioxydants synthétiques. Des études ont montré que la qualité sensorielle des biscuits contenant jusqu'à 50 % de germe de blé était comparable à celle des échantillons de contrôle.

Au-delà de cette proportion, les caractéristiques sensorielles des biscuits ont été affectées de manière négative (**Arshad et al., 2008**).

3. Les pâtes alimentaires

3.1- Définition

En étymologie, le mot pâte vient du latin *pasta*, issu lui-même de la latinisation du terme grec « bouillie d'orge ». Le terme générique macaroni a longtemps été utilisé avant d'adopter le terme spécifique pâte (**De Vita, 2009**).

Les pâtes alimentaires sont des aliments fabriqués généralement à partir d'un mélange pétri de farine de blé, d'eau et éventuellement d'œuf et de sel. D'autres types de céréales comme la semoule de blé dur, l'épeautre, le blé noir, le riz, le maïs, etc., peuvent également être utilisées. « Les pâtes » peuvent également désigner les plats dont les pâtes sont l'ingrédient principal, servies avec de la sauce ou des assaisonnements (**Serventi and Sabban, 2002**).

Les pâtes ont différentes variétés, la plupart dérivant du classicisme européen de la tradition des pâtes italiennes sèches et fraîches (par exemple, les pâtes émiliennes, les pâtes de Campanie, les pâtes liguriennes, etc.), selon la variété des formes comme les nouilles, spaghetti, coquillettes, ou macaronis.

En Asie, on fabrique également les pâtes avec de la farine de blé tendre, de riz, de riz glutineux, de haricot mungo (soja vert), de patate douce, etc (**De Vita, 2009**).

Au-delà des simples condiments, ajoutés à la préparation de base, mélange pâteux initial, des traditions culinaires anciennes européennes mélangent aussi des adjuvants variés : herbes fraîches, pomme de terre (gnocchi), etc. Des recherches récentes ont validé l'adjonction de légumineuses en quantités proche du tiers.

Selon le **Codex alimentarius, 1996**, on entend par "pâte alimentaire", le produit obtenu par dessiccation d'une pâte non fermentée, préparée au moyen de semoule, de farine, ou d'un de ces produits et d'eau. Dans les produits susvisés il ne peut être incorporé d'autres matières que du sel de cuisine, de la lécithine, des œufs ou d'autres éléments constitutifs de ceux-ci, ainsi que d'autres denrées alimentaires.

Industriellement, les pâtes alimentaires sont créées à partir des semoules blés nommée durum. Ce blé permet de confectionner une pâte alimentaire qui résiste à la cuisson(Légifrance, 1997).

Les pâtes sont un aliment de base consommé quotidiennement ou hebdomadairement et constituent une partie dominante du régime alimentaire dans de nombreux pays (Oyeyinka et al., 2021). De plus, les pâtes sèches, en tant que produit abordable et à longue durée de conservation, constituent une excellente matrice d'enrichissement avec différentes matières premières qui enrichiront sa composition nutritionnelle en fibres alimentaires, protéines, minéraux et autres composés bénéfiques pour la santé (Sykut-Domańska et al., 2020). Compte tenu de tout ce qui précède, la pousse de brocoli pourrait être un excellent vecteur d'innovations pour les pâtes (Bokić et al., 2022).

Elles jouent un rôle important dans la nutrition humaine, et peuvent être facilement préparées, manipulées, cuites et stockées (Agama-Acevedo et al., 2009).

3.2- Classification

Selon (TREMOLIERES et al., 1984)et (Boudreau and Ménard, 1992), les pâtes alimentaires sont classées en deux groupes selon les machines utilisées pour leur fabrication :

3.2.1-Les pâtes extrudées

C'est une pâte comprimée par une presse à travers une filière qui sert de moule dont on obtient les formes traditionnelles telles que le spaghetti, macaroni, coquillettes ou coupées à volonté de manière à obtenir des pâtes longues ou courtes.



Figure n°05 : Les pâtes alimentaires extrudées de forme Tliti¹

¹ <https://i.quotev.com/ccxlu3fx6p4q.jpg>

3.2.2- Les pâtes laminées

Ce type de produit est abaissé par laminage entre deux cylindres et est réduit en feuilles larges et minces. Celles-ci sont soit divisées en rubans, soit amenées sur des machines munies d'emporte-pièces ce qui donne la forme désirée.



Figure n°06 : Les pâtes alimentaires laminées²

3.3- Types des pâtes

Les pâtes alimentaires offertes à la consommation sont multiples, comme on peut le voir dans le tableau n°05.

Tableau n°05 : Les types des pâtes alimentaire et les critères de différenciation(Ugrinovits et al., 2004)

Critère	Exemple
Teneur en eau	Pâtes alimentaire sèche ($aw < 0,65$)/ fraîche ($aw > 0,65$)
Composition des produits de la meunerie	Pâtes alimentaire de blé dur, de blé tendre et blé dur, de blé complet
Genre des ingrédients Incorporés à la pâte Externe des pâtes	Pâtes aux œufs, pâtes aux légumes Pâtes farcer, etc
Forme	Spagetti, vermicelle, torsade, tiliti, lange d'oiseaux, plombs....
Procédé de fabrication	Pâtes extrudé, pâtes laminée

3.4- Constituants de la pâte

Les pâtes alimentaires sont probablement le produit alimentaire le plus naturel et ceci est dû à ses ingrédients et ses méthodes de production. Les ingrédients de base sont la semoule de blé dur ou la farine de blé tendre et de l'eau.

² <https://2u.pw/xzqdykQ>

3.4.1-Semoule

La semoule de blé dur est largement reconnue comme l'ingrédient de référence par rapport aux autres matières premières. Elle est considérée comme le substrat principal pour la production de pâtes alimentaires en raison de sa teneur en gluten, qui confère aux pâtes des propriétés technologiques et rhéologiques spécifiques. Sa dureté, sa couleur distinctive, sa saveur et sa qualité de cuisson en font un choix privilégié (**Petitot et al., 2009**).

La qualité technologique de la semoule utilisée dans la fabrication des pâtes alimentaires repose sur sa capacité à produire des produits finis répondant aux attentes des consommateurs en termes d'apparence et de qualité culinaire. Ces deux caractéristiques sont influencées par la composition biochimique et l'état physique (granulométrie) de la semoule, qui sont à leur tour liés à l'origine histologique des produits (**Godon and Willm, 1991**).

La semoule de qualité supérieure, connue sous le nom de semoule sassée super extra (SSSE), est utilisée pour la préparation du couscous et des pâtes. Elle présente une taille variant de 190 à 550 micromètres (**Menasria and Seraiche, 2022**).

4.1.1-Rôle des constituants de la semoule en pastification

❖ Rôle des protéines

Pendant la cuisson, les protéines se lient pour former un réseau insoluble qui emprisonne et retient les autres composants, en particulier les granules d'amidon qui gonflent et se gélifient (**Bahchachi, 2002**). Les gliadines et les gluténines sont responsables de la formation du réseau de gluten, dont le comportement a un impact significatif sur les propriétés rhéologiques des pâtes (**Bloksma, 1990**).

La teneur en protéines et la force du gluten jouent un rôle essentiel dans la qualité des pâtes, en particulier dans leur qualité culinaire. Les propriétés fonctionnelles du gluten lui permettent de former un réseau tridimensionnel imperméable pendant le processus de pétrissage. La quantité de gluten et la qualité de ses protéines sont des facteurs déterminants pour la valeur pastière de la semoule (**Feillet et al., 2000**).

❖ Rôle des lipides

Même si leur proportion dans les semoules ne dépasse pas 2 à 3 %, les lipides jouent un rôle crucial dans le processus de pétrissage, en particulier ceux qui ne sont pas liés à l'amidon.

Les lipides sont responsables de la couleur de la pâte, qui se développe lors de la fabrication des pâtes en raison de l'oxydation des pigments jaunes sous l'effet principalement des lipoxygénases, tout au long des étapes d'hydratation, de malaxage, d'extrusion et de séchage (Sissons, 2008).

❖ **Rôle des glucides et polysides**

L'amidon et ses composants jouent un rôle essentiel lors de la fabrication des pâtes alimentaires. Environ 45 % de l'eau ajoutée à la semoule est absorbée par l'amidon. Grâce à sa capacité à retenir l'eau et à former des liaisons non covalentes avec les protéines, l'amidon contribue activement à la formation de la pâte (Feillet et al., 2000).

Les glucides solubles, tels que l'amylose, ont une influence sur les propriétés d'élasticité et d'extensibilité de la pâte, qui se traduisent par des modifications de comportement lors de la cuisson. Une augmentation du taux d'amylose entraîne une réduction de l'extensibilité et de l'élasticité de la pâte (Van Hung et al., 2005).

3.4.2-L'eau

Selon S.I.F.P.A.F, 2012 l'eau utilisée pour permettre le malaxage de la semoule se trouve alors, complètement évaporée et qu'après dessiccation, le taux résiduel et réglementaire d'humidité des pâtes, soit 12,5% s'avère légèrement inférieur à celui de la semoule mise en œuvre (14 à 15%).

D'après de nombreuses observations effectuées par les professionnels de l'industrie, il a été constaté que la qualité de l'eau utilisée lors du mélange initial peut avoir un impact significatif sur l'apparence et le comportement des produits finis lors de la cuisson. Il est généralement recommandé d'utiliser des eaux ayant une faible dureté hydrotimétrique (Feillet et al., 2000).

3.5- Le processus de fabrication des pâtes alimentaires

Le processus de pastification englobe plusieurs étapes consécutives, telles que l'hydratation/malaxage de la semoule, le formage ou façonnage (par extrusion ou laminage) et le séchage des pâtes.

3.5.1-L'hydratation/ malaxage de la semoule

Dans la première étape, environ 25 à 34 kg d'eau sont pulvérisés sur 100 kg de semoule, de manière à obtenir une teneur en eau finale d'environ 44 à 49 % de la matière sèche. Cette quantité d'eau est ajustée en fonction de l'humidité initiale de la semoule, qui est généralement d'environ 14 % (**Abbou et al., 1994**).

Le mélange des composants des pâtes est réalisé dans un malaxeur tournant à une vitesse de 120 tours par minute pendant une durée de 20 minutes (**Petitot et al., 2010**).

Il est important de noter que le malaxage ne permet pas de développer la pâte et ne modifie que partiellement les propriétés physico-chimiques des protéines (**Feillet, 1986**).



Figure n°07 : Zone d'hydratation de la pâte³ **Figure n°08** : Le malaxage (Photo originale prise chez EURL SOSEMIE)

3.5.2-Formage ou façonnage

Le façonnage de la pâte peut être réalisé soit par laminage, soit par extrusion, qui est la méthode la plus couramment utilisée.

- **Le tréfilage (pâtes extrudées)**

La pâte est forcée à travers une matrice sous vide à haute pression (80-120 Kg/cm) pour donner aux pâtes la forme désirée par développement de la pâte. Le sous vide aide à minimiser l'oxydation des pigments, réduit les réactions de décomposition enzymatiques et oxydatives, et diminue l'apparition de bulles dans la pâte(**Belitz et al., 2009**).

³ <https://2u.pw/ub9epDv>

Les forces mécaniques exercées lors du façonnage peuvent entraîner un endommagement modéré des granules d'amidon. De plus, une élévation locale de la température (supérieure à 60°C), due aux forces mécaniques, peut provoquer la gélatinisation de l'amidon (**Petitot et al., 2009**).

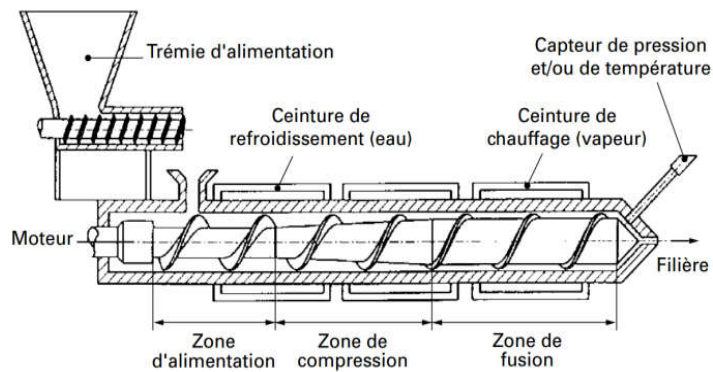


Figure n°09 : Coupe d'un extrudeur monovis à noyau de vis croissant (dessin A. Sire, INRA, Nantes)



Figure n°10 : La filière d'extrudeur⁴

▪ **Laminage (pâtes laminées)**

Dans le processus de laminage, la pâte est pétrie et laminée en feuille entre deux cylindres rotatifs, trois à cinq paires de rouleaux sont utilisés jusqu'à ce que la feuille atteigne

⁴ <https://www.italpast.it/images/machine-lignes-production-pâtes/presse-pâtes-fraiches-seches-mac300.jpg>

l'épaisseur désirée. La feuille est ensuite coupée en brins de largeur et de longueur souhaitée(Petitot et al., 2009).



Figure n°11 : Le laminage des pâtes alimentaires⁵

3.5.3-Séchage

Le séchage est une opération qui permet d'éliminer l'eau du produit jusqu'à une humidité finale ne dépassant pas 12.5%.

L'opération de séchage comporte les étapes suivants :

- ✓ Le pré sachage : au cours de cette opération l'eau superficielle du produit est enlevée.
- ✓ Le séchage proprement dit : il permet d'amener la pâte à une humidité de 12.5% tout en conservant cette dernière sous sa forme individualisée.

Le séchage permet d'améliorer la qualité organoleptique et de réduire les contaminations bactériennes mais d'autre part il réduit la valeur nutritionnelle des pâtes qui se traduit par un déficit en lysine(HUI, 2008).

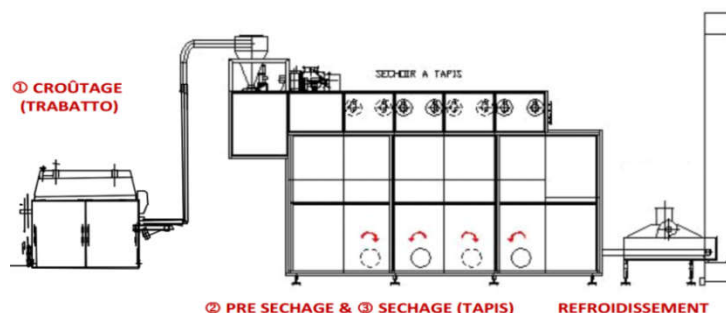


Figure n°12 : La phase du séchage (Abdelhamid, 2013)

⁵ <https://2u.pw/R5kTipi>

3.5.4-Emballage

Une fois refroidies à une température de 25° C et après un contrôle de qualité, les pâtes sèches passent par des cellules de stockage(**Boudreau and Ménard, 1992**).

L'emballage a pour but de protéger produit fini contre toute atteinte microbienne ou réactions enzymatique et oxydative ainsi que les dommages pouvant subvenir lors de la livraison ou stockage(**KAREL et al., 2008**).

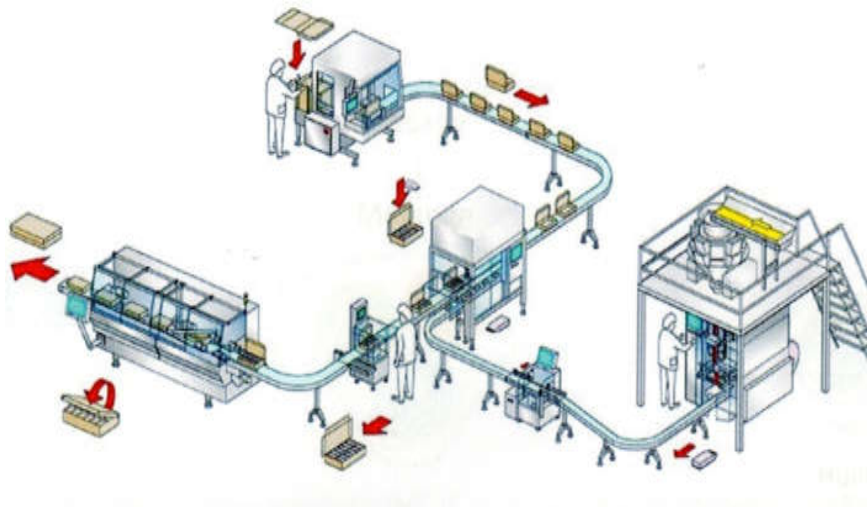


Figure n°13 : Le conditionnement (Documentation interne de la société SOSEMIE)

Le diagramme ci-dessous est résumé tous les étapes de processus de fabrication des pâtes alimentaires.

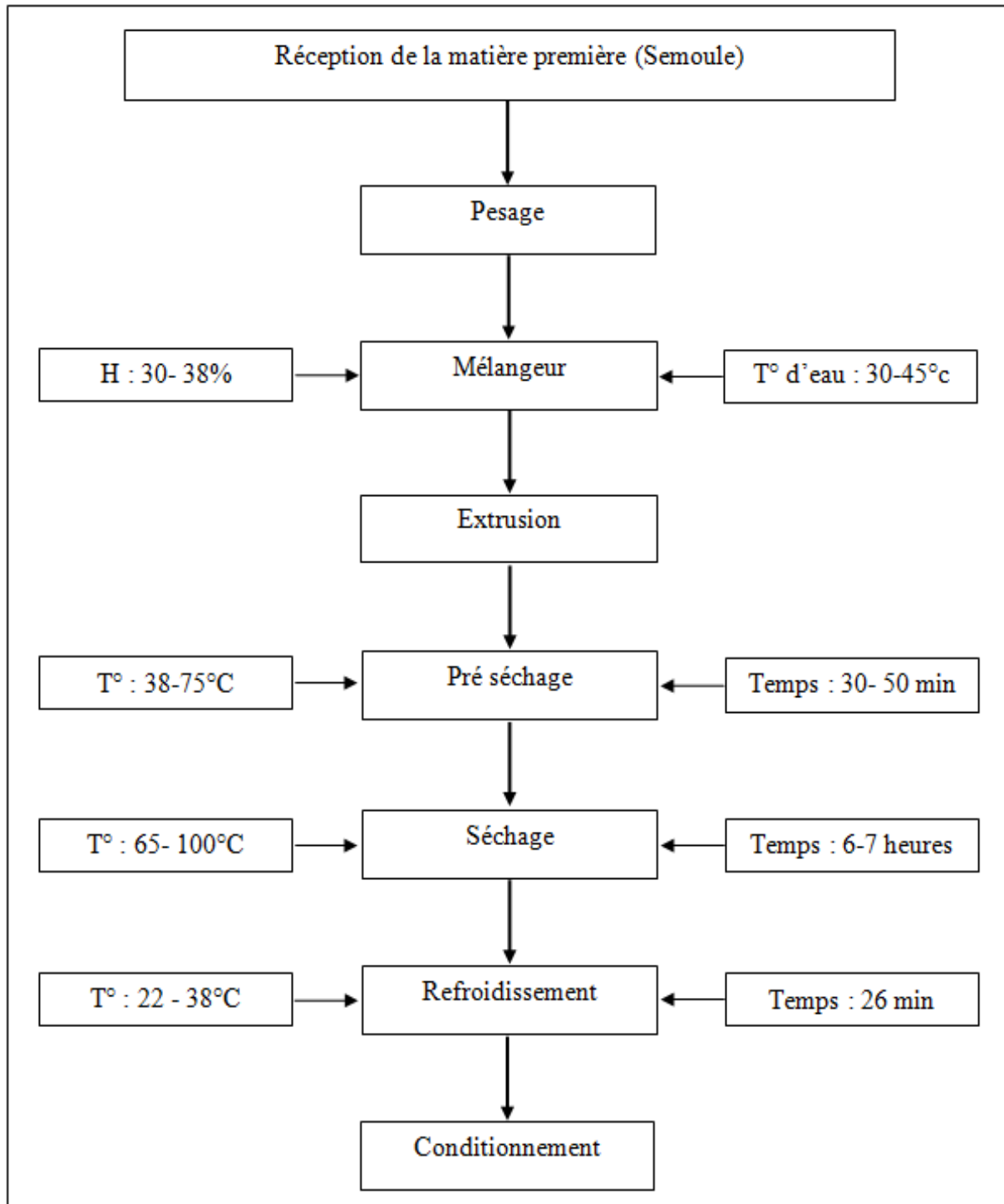


Figure n°14 :Diagramme du processus de fabrication des pâtes alimentaires

Le schéma ci-dessous est expliqué la phase d'hydratation et façonnage des pâtes alimentaires.

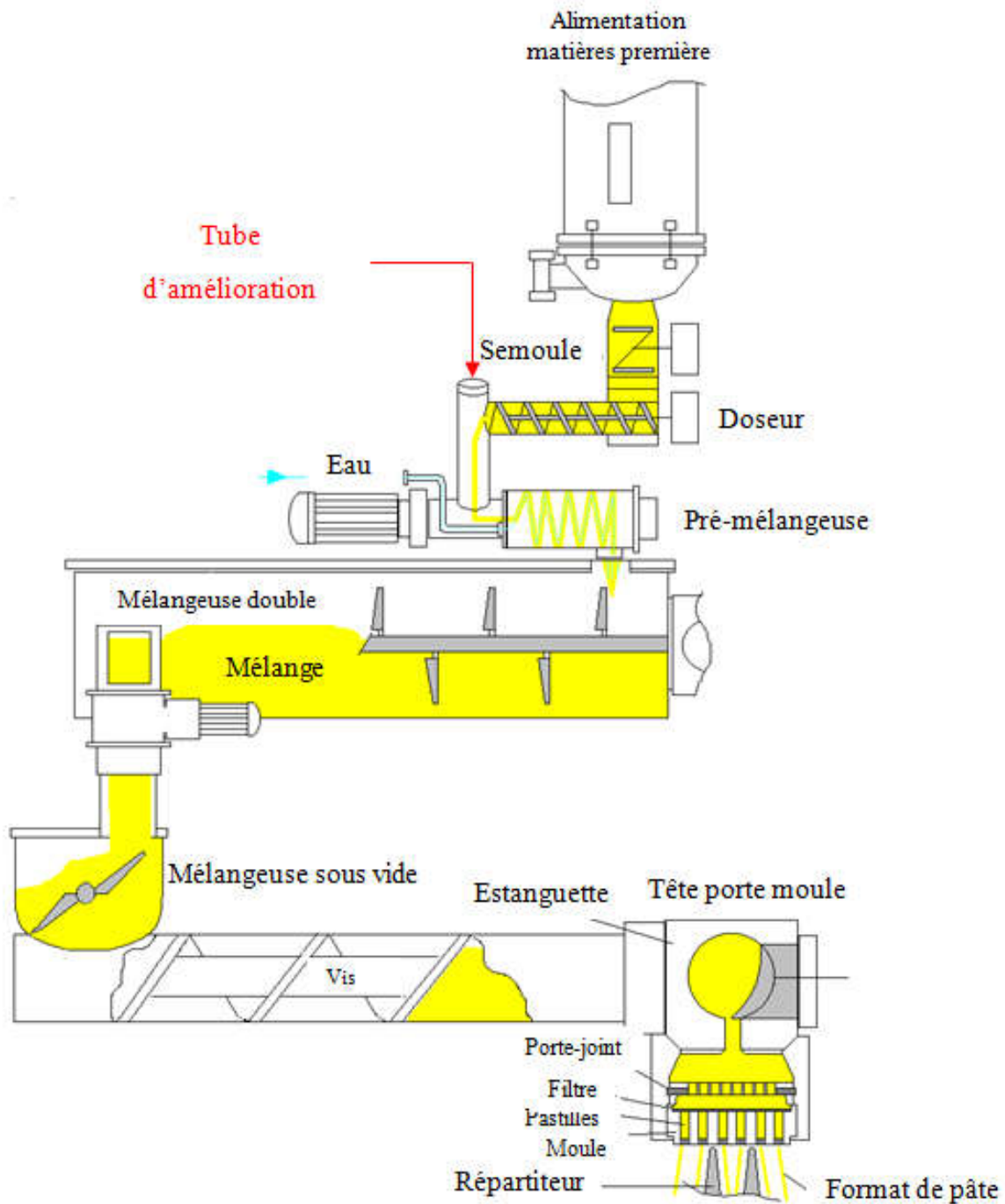


Figure n°15 : Schéma du processus de fabrication des pâtes alimentaires (Photo originale prise chez EURL SOSEMIE)

3.6- Structuration des constituants des pâtes au cours de procédé de fabrication

3.6.1-Phase d'hydratation et de malaxage

L'hydratation de la matière première est le point de départ de l'élaboration d'une bonne pâte.

La matière première, qui peut avoir des granulométries variables, doit être uniformément hydratée : est représentée par le fait que chaque grain de semoule doit recevoir à sa surface un voile d'eau qui le recouvre.

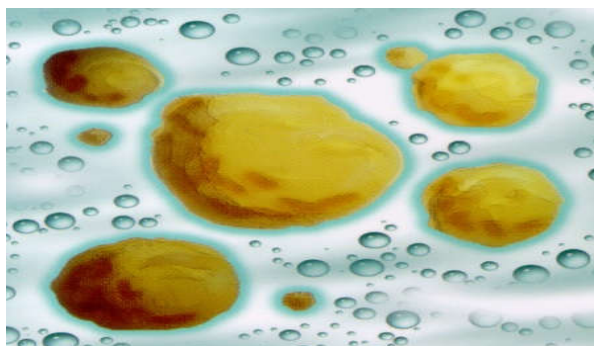


Figure n°16 : Structure de la pâte à la phase d'hydratation (Documentation interne de la société SOSEMIE)

Environ 60-65% est présent dans la matière première, les principaux composants étant : 25% d'amylose et 75% d'amylopectine, dans le cas d'amidon endommagé mécaniquement au stade de la mouture.

L'amidon est insoluble dans l'eau froide. Lorsqu'il est placé dans de l'eau chaude à des températures supérieures à 50-60°C, selon le type de matière première, il subit d'importantes modifications, tant au niveau de ses caractéristiques chimiques, enzymatiques (Transformation de l'amidon en sucres simples) que physiques (gonflement et solubilisation).

Pendant le processus de malaxage, des grumeaux hydratés hétérogènes peuvent se former, et certaines particules peuvent ne pas être complètement hydratées, ce qui entraîne une certaine inhomogénéité dans le mélange (**Aalami et al., 2007**).

Il a été observé que l'hydratation limitée de la semoule et une faible énergie apportée pendant le malaxage peuvent empêcher le développement d'un réseau protéique (**Icard-Vernière, 1999**).

3.6.2-La phase sous vide

Très importante cette phase, l'élimination de l'air à l'intérieur du produit fini présente de nombreux avantages :

- Amélioration de l'aspect général du produit
- Amélioration de la couleur
- Amélioration de la qualité à la cuisson

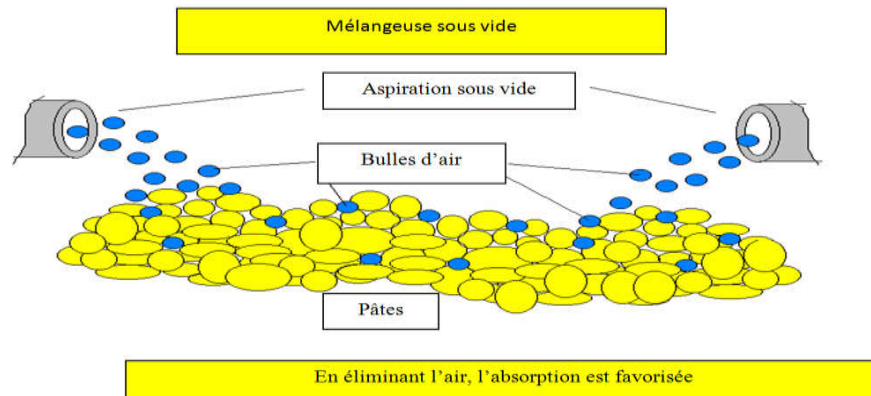


Figure n°17 : Structure de la pâte à la mélangeuse sous vide (Documentation interne de la société SOSEMIE)

3.6.3-Phase de façonnage

L'étape d'extrusion joue un rôle crucial dans le développement de la structure de la pâte en permettant la mise en place du réseau protéique et la mise en forme de la pâte à travers une filière (CASSAN, 2015).

Pendant cette étape, la pâte est soumise à des forces de pression et de cisaillement qui entraînent la formation d'une structure compacte, où les granules d'amidon sont concentrés en profondeur dans une matrice protéique et alignés le long de la direction d'écoulement (DEXTER and MASTUO, 1978).

Les phénomènes liés à cette phase :

- **Ce qui se passe à l'intérieur de la vis**

La pâte préalablement formée dans les cuves de pétrissage est chargée à travers une buse dans la vis d'extrusion, la première partie a une fonction de transport du produit, dans la partie intermédiaire il y a une compression avec un travail mécanique conséquent sur la pâte, dans la troisième phase il y a l'extrusion.

• **Modifications de l'amidon**

Lors du passage dans la vis d'extrusion, la partie amylacée de la semoule, en particulier les granules d'amidon, subit une transformation structurelle en présence d'eau et de la température augmentée par le travail mécanique, si la température dépasse 50°C, il y a un début de gélatinisation de l'amidon, ce qui a des conséquences négatives sur la qualité du produit fini, en particulier sur la couleur et la fermeté à la cuisson.

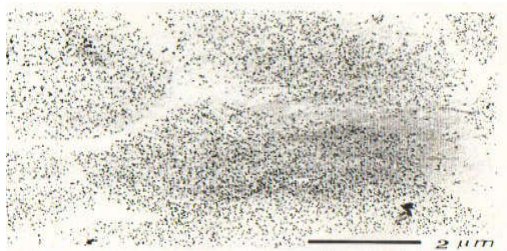


Figure n°18 : Amidon non gélatinisé⁶

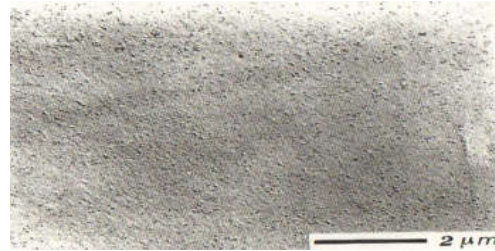


Figure n°19 : Amidon gélatinisé⁶

• **Modifications des protéines**

Au niveau des protéines (gluten), un travail mécanique excessif. Une élévation de la température au-delà de 50°C, entraîne dans le premier cas une rupture du réseau protéique et dans le second cas une coagulation des protéines, d'où une diminution de la qualité du produit final.

Selon **Dexter and Matsuo, 1977**, l'extrusion a conduit à une perte de solubilité de la fraction globuline sans affecter l'albumine, fraction gliadine et gluténine.

Cette perte de solubilité ne pouvait pas être expliquée par polymérisation, car aucun changement n'induit dans les ponts disulfures et aucun changement dans la distribution moléculaire des protéines ont été détecté.

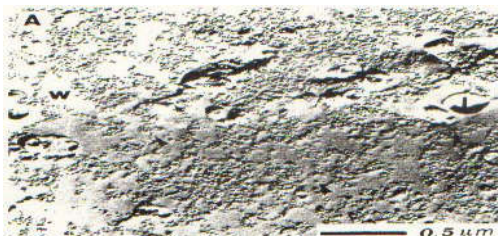


Figure n°20 : Protéines non gélatinisés⁶



Figure n°21 : Protéines gélatinisés⁶

⁶ (Documentation interne de la société SOSEMIE)

3.6.4-Phase de séchage

L'étape du séchage joue un rôle essentiel dans le renforcement de la structure et la stabilisation de la pâte (**CASSAN, 2015**).

Dans les industries de fabrication de pâtes alimentaires, le séchage à haute température est souvent utilisé pour réduire le temps nécessaire à cette étape du processus. Cette méthode présente également l'avantage d'améliorer les propriétés rhéologiques et culinaires des pâtes à base de blé dur (**Karima et al., 2021**).

En effet, des études ont démontré que des températures de séchage élevées appliquées à la pâte de blé dur favorisent l'agrégation des protéines par la formation d'interactions hydrophobes et covalentes entre elles (**Karima et al., 2021**).

Des analyses des protéines des pâtes sèches réalisées par HPLC ont révélé une diminution progressive des petites et grandes protéines monomériques, accompagnée d'une augmentation de la taille moléculaire des protéines polymériques, avec l'augmentation de la température de séchage de 60 à 90 °C. Les ponts disulfures constituent les principales liaisons formées lors du séchage des pâtes (**Lamacchia et al., 2007**).

Selon **Favier et al., 1996**, les gluténines sont très sensibles à la chaleur, à 80°C, ils forment des ponts disulfures intermoléculaires et deviennent insolubles. Egalement, les gliadines sont impliqués et forment des ponts disulfures avec le complexe gluténine(**Singh and MacRitchie, 2004**).

L'examen des granules d'amidon sous un microscope en lumière polarisée révèle différents niveaux de croix de biréfringence. Dans les pâtes séchées à basse température, la plupart des granules d'amidon conservent leur biréfringence(**Altan and Maskan, 2005**).

En revanche, environ 20 % des granules d'amidon des pâtes séchées à des températures élevées et très élevées perdent partiellement ou complètement leur biréfringence (**Güler et al., 2002**).

3.7- Qualités des pâtes alimentaires

Les propriétés qui déterminent la qualité des pâtes alimentaires sont leur aspect à l'état cru et leur comportement durant et après la cuisson, leur valeur nutritionnelle et leur état hygiénique(**Feillet et al., 2000**).

3.7.1-Qualité organoleptique

Il est déterminé principalement par quatre groupes de facteurs(Feillet et al., 2000).

- **La couleur** : elle doit être uniforme «jaune».
- **Des piqûres**: elles peuvent être blanches, brunes ou noires.
- **Les gerçures** : ce sont des fêlures de la pâte sèche dues à un mauvais réglage du séchoir.
- **Aspect de surface** : qui dépend de la nature des moules utilisés.

3.7.2-Qualité culinaire

C'est l'aptitude d'une pâte alimentaire à gonfler et absorber de l'eau tout en restant ferme et sans se désintégrer, même après une légère surcuisson, est souvent appelée « propriétés de rétention d'eau ».

Selon **Feillet et al., 2000**, Dans son acception la plus large, la qualité culinaire des pâtes alimentaires intègre l'ensemble des caractéristiques suivantes :

- Les temps minimal, optimal et maximal de cuisson, qui correspondent respectivement au temps à partir duquel l'amidon est gélatinisé, au temps nécessaire pour donner à la pâte la texture recherchée et au temps au-delà duquel les produits se désintègrent dans l'eau de cuisson.
- L'absorption d'eau (ou le gonflement) pendant la cuisson, caractéristique aisément mesurée en déterminant le poids des pâtes avant et après cuisson. D'une manière générale, 100 grammes de pâte sèche fixent 160 à 180 grammes d'eau.
- La texture des produits cuits, qui rend compte de la fermeté et de la masticabilité des pâtes après cuisson, et que l'on peut déterminer par des mesures à caractère rhéologique (fermeté, viscoélasticité).

3.7.3-Qualité hygiénique

Elle est considérée comme excellente, ne pose pas de problème particulier, bien que les micro-organismes trouvent un milieu favorable à leur développement au cours du séchage (maintien de produits réhydratés à 40-50°C pendant plusieurs heures). Généralement, seules des bactéries saprophytes, dont la présence ne constitue aucun danger (**Feillet et al., 2000**).

3.7.4-Qualité nutritionnelle

Les pâtes alimentaires contribuent de manière significative à l'apport protéique, avec une teneur moyenne de 10 à 12 g de protéines pour 100 g de pâtes. Dans le cas des pâtes aux œufs, cette teneur peut augmenter jusqu'à 12 à 14 g. Cependant, il convient de noter que ces protéines sont déficientes en acides aminés indispensables, en particulier la lysine (**Feillet et al., 2000**).

La lysine est un acide aminé essentiel que notre corps ne peut pas produire et qui doit être obtenu à partir de notre alimentation. Malheureusement, les pâtes ne sont pas une source riche en lysine, et le processus de séchage à haute température peut réduire davantage la disponibilité de la lysine, ce qui entraîne une légère altération de la valeur nutritionnelle des produits obtenus (**Feillet et al., 2000**).

Le tableau suivant représente les compositions des pâtes alimentaires crues et cuites (**Fredot, 2006**).

Tableau n°06 : La composition des pâtes alimentaires crues et cuites.

Nutriment 100g /ms	pâtes qualites superieures	
	Crues	cuites
Eau (%)	12,5	69
Energie (Kcal)	360	125
Protéines (g)	11,5	4
Glucides (g)	74	26
Lipides (g)	1,5	0,5
Calicium (mg)	20	7
fer (mg)	1,5	0,5
Vitamine A	0	0

3.8- Contrôle de la conformité des pâtes alimentaires au cours de la transformation

Afin d'assurer la production de produits conformes et de haute qualité, il est essentiel de réaliser des analyses physico-chimiques et microbiologiques à différentes étapes de la production, tant sur les matières premières que sur le produit fini.

3.8.1-Les analyses physico-chimiques

3.8.1.1- Matières premières

Analyses physique-chimiques : Ces analyses sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau n°07 : Les analyses physico-chimiques des matières premières et leur norme d'EURL Sosémie.

Matière première	Analyse	Norme d'EURL Sosémie
Semoule 3SE	Indice de couleur	L* > 75 a* > -0.05 b* > 30
	Humidité	14,5%
	Granulométrie	150 et 335 µm
	Taux de cendre	0,9%
	Taux des protéines	10,9%
	Taux des lipides	1,3%
L'eau	Ph	6.5 -8.5
	TA	<01
	TAC	<10
	TH	00
	Cl-	<30
	Conductivité	<20

3.8.1.2- Produit fini

Analyses physique-chimiques des pâtes alimentaires qui est broyées, ces analyses sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau n°08 : Les analyses physico-chimiques de produit fini et leur norme d'EURL Sosémie.

Les analyses	L'indice de couleur	L'humidité	Taux de cendre	Taux de protéine	Taux de lipides	Teste de cuisson
La norme d'EURL Sosémie	L* =55-60 a* = 5-7 b* = 30-40	12,5 % maximum	inférieur à 1,10 %	12% maximum	2% maximum	10 min cas de Tlitli

3.8.2-Les analyses microbiologiques

Dans le cas céréales, les microorganismes recherchés sont surtout les moisissures et *clostridium sulfito-réducteur*, ces analyses sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau n°09 : Les analyses microbiologiques du produit fini et leur norme d'EURL Sosémie

Les analyses	La norme d'EURL Sosémie
La recherche du <i>clostridium</i>	Satisfaire <100 ; Acceptable <150 Non conforme <300
Moisissure	<100

3.9- Cuisson des pâtes alimentaires

Pendant la cuisson des pâtes, deux réactions principales se produisent dans leur structure : la gélatinisation de l'amidon et la coagulation des protéines.

Lorsque la pâte est chauffée, l'amidon absorbe l'eau présent dans la pâte subit un processus appelé gélatinisation (le gonflement, perte de structure granulaire, et de cristallinité et solubilisation), formant une matrice gélatineuse, les liaisons chimiques entre les molécules d'amidon se rompent, entraînant une dispersion de ces granules dans l'eau chaude et une augmentation de la viscosité(Gray, 2003).

La coagulation des protéines est un processus dans lequel les liaisons faibles entre les chaînes de structure se rompent sous l'effet de la chaleur et se reforment de nouvelles liaisons solides(Dubois, 2011).

Ces changements rendent les protéines plus solubles dans l'eau et les rendent plus susceptibles de se lier à l'amidon, lorsque l'amidon et les protéines se lient, elles forment un réseau protéique renforce la structure de l'aliment cuit (Saulnier and Micard, 2012).

Après la cuisson des pâtes à leur temps optimal, la structure interne peut être divisée en trois régions concentriques : une région externe, une région intermédiaire et une région centrale(Ovando-Martínez et al., 2010; Teixeira et al., 2017) :

- La région externe des pâtes cuites est généralement appelée « zone d'amollissement », elle se forme en raison de la pénétration de l'eau chaude dans les pâtes lors de cuisson, ce qui entraîne une hydratation et une gélatinisation de l'amidon à la surface de la pâte.
- La région intermédiaire est souvent appelée « zone de transition », dans cette zone, les pâtes sont moins hydratées et leur structure est moins gélatinisée que dans la région externe.
- La région centrale est souvent appelée « zone non gélatinisée », cette région conserve une structure dense et moins hydraté.

3.10- Pâtes enrichies

Les pâtes alimentaires sont un aliment de base dans de nombreux pays. Elles sont une source d'énergie en raison de sa forte teneur en glucides. Cependant, les pâtes sont une mauvaise source de protéines (à moins qu'elles ne soient complétées), en raison de sa faible teneur en acide aminé essentiel (**Borneo and Aguirre, 2008**).

Certaines études qui ont été établies pour l'enrichissement des préparations alimentaires pour améliorer la qualité nutritionnelle sans altérer la qualité organoleptique :

La fabrication des pâtes à faible indice glycémique pour les diabétiques et les maladies cardio-vasculaires, des pâtes sans gluten aux personnes allergiques au gluten ou souffrant de la maladie coeliaque et celles à faible teneur en protéines pour les personnes atteintes de maladies rénales connaissent une grande importance(**Dib and Zidoune, 2013**).

De même, l'enrichissement en protéines d'origine végétale ou animale pour améliorer simultanément la teneur en protéines (jusqu'à 25-30 %) et la qualité de celles-ci (teneur en acides aminés indispensables). Diverses sources de protéines ont été proposées pour être incorporées aux pâtes, telles que les farines de légumineuses, les concentrés de lactosérum jusqu'à 20%, la poudre d'albumine, incorporation de germe de blé délipidé, de protéines de poisson(**Dib and Zidoune, 2013; Milde et al., 2021; Zemmouchi and SAOUD 2016**).

Comme une étude a été conduite sur l'enrichissement des pâtes en légumineuse (notamment de fève) entre 50 et 100% (**Laleg et al., 2019**).

L'incorporation de germes de blé, qu'ils soient bruts ou stabilisé a entraîné une diminution des propriétés rhéologiques de la pâte, mesurées au farinographe et à l'extensographe (**Srivastava et al., 2007**). Les concentrations de germe de blé les plus couramment utilisées en pastification vont de 0 à 20%(**Srivastava et al., 2007**). Des différents taux de substitution du germe de blé (0, 5, 10, 15 et 20%) ont été utilisés dans la production de pâtes en Turquie (**Demir et al., 2021**).

4. Pâtes alimentaires complètes

Les pâtes alimentaires complètes sont un produit obtenu par tréfilage/laminage de pâtes préparées exclusivement avec de la semoule de blé dur complète et de l'eau et séchage ultérieur (humidité max. du produit fini: 12,50 %)(Sicile, 2020).



Figure n°22:Pâtes alimentaires complètes format du Tlitli (Photo originale prise chez EURL SOSEMIE)

4.1- La semoule complète

La semoule de blé dur complet est un produit granulaire à arêtes vives obtenu par mouture du grain, débarrassé des substances étrangères et des impuretés(Sicile, 2020).

Par rapport à la semoule de blé dur, elle contient une partie du tégument externe du caryopse et a une teneur en cendres plus élevée.



Figure n°23 : La semoule complète (Photo originale prise chez EURL SOSEMIE)

La semoule de blé dur complète pour la fabrication de pâtes alimentaires, doit présenter les caractéristiques suivantes(Sicile, 2020):

Tableau n°10 : Les caractéristiques de la semoule de blé dur complète selon Sicile, 2020

Les caractéristiques	Humidité	Cendres	Protéine
Semoule complète	14,50 %	1,40 - 1,80 %	12,50 %

4.2- Fabrication des pâtes alimentaires de semoule complète de blé dur

Les pâtes sèches de semoule de blé dur complète sont un produit obtenu à partir de semoule de blé dur complète (*Triticum turgidumspdurum*) et d'eau selon un procédé de mélange, d'extrusion, de laminage (dans le cas des pâtes moulées) et de séchage ultérieur de la pâte(Sicile, 2020).

Les pâtes de semoule complète doivent présenter les caractéristiques physico-chimiques suivantes(Sicile, 2020):

Tableau n°11 : Les caractéristiques des pâtes de semoule de blé complet selon Sicile, 2020

caractéristiques	Humidité	Cendres	Protéines
Les pâtes de semoule complète	12,50 %	1,40 -1,80 %	12,50 %

METHODOLOGIE

DU PROJET

1. Matériel et méthodes

1.1- Cadre du projet

L'objectif de ce projet est de formuler des pâtes alimentaires en y ajoutant du germe de blé afin d'améliorer à la fois leur profil nutritionnel et leurs qualités culinaires. Un autre objectif est de valoriser le germe de blé issu de la première transformation des céréales. Ce projet sera réalisé en suivant différentes étapes de fabrication, notamment le malaxage, le formage et le séchage avec des analyses physiques, chimiques et microbiologiques sont réalisées afin d'évaluer la valeur nutritionnelle, l'hygiène et la qualité culinaire du produit final. Une étude de marché sera menée à l'aide d'un questionnaire en ligne afin d'évaluer la demande potentielle de pâtes enrichies en germe de blé. Cette étude permettra d'analyser les tendances du marché, les préférences des consommateurs et les opportunités commerciales.

1.2- Lieu et durée du projet

Notre projet est réalisé au niveau de l'EURL société de semoulerie et minoterie de l'étoile de wilaya Blida pendant une durée de 3mois.

Et au niveau de laboratoire de technologie alimentaire et nutrition. Université de Mostaganem. Zaghoul. Algérie.

Et au niveau de laboratoire de physiologie animale appliquée.. Université de Mostaganem. Zaghoul. Algérie.

Et au niveau de laboratoire de recherche « Sciences et techniques de production animale ». Université de Mostaganem. Hassi Mamèche. Algérie.

1.3- Matières premières

1.3.1-La semoule complète de blé dur

La semoule complète de blé dur (*Triticum durum*) est l'ingrédient de base des produits de pastification. Cette semoule est issue de la mouture du mois d'Avril 2023 de semoulerie Sosémie.

1.3.2-Le germe de blé

Le germe de blé utilisé est fourni par la meunerie de la société Sosémie. Il se présente sous forme de flocons irréguliers de couleur jaune vif, ayant une odeur de noisette avec un goût doux.

1.3.3-L'eau

L'eau utilisée pour la fabrication des pâtes alimentaires est une eau traitée ayant subie différents traitements (filtration, adoucissement, osmose inverse) et analyses.

1.4- Caractérisation physico-chimiques des matières premières

1.4.1-Détermination de la composition globale des matières premières

1.4.1.1- Teneur en eau (Humidité) (d'après le journal officiel de la république Algérienne JORA N° 08/2013)

L'humidité est la perte de masse exprimée en pourcentage, subie par le produit dans les conditions spécifiées dans la présente méthode (voir annexe n°01).

Principe

Elle est déterminée par dessiccation dans une étuve avec circulation d'air à une température de 130-133°C pendant 90min. Pour chaque échantillon étuvé, on pèse $5 \text{ g} \pm 1 \text{ mg}$ de chaque produit jusqu'au poids constant.

L'humidité est exprimée en pourcentage :
$$H\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100$$

Où m_0 : la masse en gramme de la boîte vide et de son couvercle.

m_1 : la masse en gramme de la boîte, de son couvercle et de la prise d'essai avant déshydratation.

m_2 : la masse en gramme de la boîte, de son couvercle et de la prise d'essai après déshydratation (étuvage).

1.4.1.2- Le taux de cendre (d'après le journal officiel de la république Algérienne JORA N° 35/2013)

Les cendres des semoules sont déterminées par Incinération d'une prise d'essai jusqu'à la combustion complète des matières organiques puis pèse du résidu obtenu. Le résidu obtenu est floconneux après incinération 550 °C ou 900 °C (voir annexe n°02).

Le taux de cendres est exprimé en pourcentage de masse rapportée à la matière sèche, il est calculé selon la formule suivante :
$$TC\% = (m_0 - m_1) \times \frac{100}{m_0} \times \frac{100}{100-H}$$

Où m_0 : est la masse, en grammes, de la prise d'essai.

m_1 : est la masse, en grammes, de la capsule d'incinération.

m_2 : est la masse, en grammes, de la capsule d'incinération et du résidu d'incinération.

H : est la teneur en eau, en pourcentage par masse, de l'échantillon.

1.4.1.3- Dosage des protéines brutes (Méthode de Lowry ; 1951)

Principe

Les protéines réagissent avec le réactif folin-ciocalteu pour donner des complexes colorées. La couleur ainsi formée est due à la réaction de phosphomolybdate par la tyrosine et tryptophane (voir annexe n°03).

L'intensité de la coloration dépend donc la quantité d'acides aminés aromatiques présents et varie selon les protéines, les densités optiques sont mesurées à 600 nm avec le spectrophotomètre contre un blanc qui contient tous les réactifs à l'exception des protéines.

La teneur en protéines est exprimée en pourcentage, il est calculé selon la formule suivante :

$$C = X \times 25 \times 100 / \text{Poids del'échantillon}$$

Où

C : Concentration des protéines

X : Concentration de l'échantillon en abscisse

1.4.1.4- Dosage des lipides totaux (Soxhlet ; 1879)

Principe

L'extraction de la matière grasse total (MGT) par Soxhlet est effectuée par les solvants organiques (Hexane, éther de pétrole, chloroforme) a été réalisée avec trois temps d'extraction (4h, 6h) par un appareil de type Soxhlet.

Après évaporation de solvant, le taux de matière grasse brute est déterminé gravimétriquement selon la méthode directe qui consiste à peser les graisses obtenues directement après évaporation du solvant organique (voir annexe n°04).

Le taux de la matière grasse est calculé par la formule suivante : $MG\% = \frac{m_1 - m_0}{m} \times 100$

Où m_0 : poids du ballon vide.

m_1 : poids du ballon après évaporation.

m : masse de la prise d'essai.

MG : taux de la matière grasse

1.4.2-Mesure de la granulation

La méthode utilisée dans cette étude est le tamisage. (AFNOR NF 03-721), c'est une méthode la plus fréquente, la plus simple et la moins onéreuse, elle est réalisée à l'aide d'un tamiseur ROTACHOC a pour l'intérêt de classer les semoules selon leur utilisation finale.

Des échantillons de 100 g de matières premières (semoule 3SE et semoule complète de blé dur) sont déposés au sommet d'un plansichter de laboratoire pendant 10 min.

Le tamisage de la semoule 3SE et semoule complète de blé dur de blé est réalisé par des tamis dont les ouvertures des mailles sont de (800 μ m, 630 μ m, 450 μ m, 355 μ m, 250 μ m, 180 μ m, 150 μ m).Les retenues sur chacun des tamis sont ensuite pesées (voir annexe n°05).

1.4.3-Mesure de la couleur

La couleur de la semoule est un paramètre fondamental pour le pâtié pour fabriquer des pâtes qui apprécié par le consommateur et aussi pour l'entreprise à partir du commerce du produit final (voir annexe n°06).

Le principe

Le principe repose sur l'analyse de l'énergie lumineuse réfléchié par un échantillon de semoule (où pâte alimentaires) de granulométries homogène. Il se caractérise par 03 composantes : l'indice de jaune et l'indice de brunet indice de clarté qui sont déterminés à l'aide d'un colorimètre de type Konica Minolta modèle CR-410 (KONICA MINOLTA, Japon).

La couleur est évaluée en fonction de sa clarté ou luminance (L^*), de la chromaticité rouge-verte (brun) (a^*) et de la chromaticité jaune-bleu (b^*).

1.4.4-Les analyses de l'eau

Lors de la fabrication des pâtes alimentaires, l'eau joue un rôle crucial. Pour apprécier la qualité de cette matière première, des analyses couramment effectuées sur l'eau utilisée dans le processus de fabrication des pâtes dans chaque étape de traitement :

Analyse de la couleur, Titre Alcalimétrique (TA), Titre Alcalimétrique Complet (TAC), la dureté, pH, conductivité, teneur en chlore Cl, SO₃ -2

Les analyses effectuées sur l'eau à la sortie de la bache, sur l'eau de procès, à la sortie de filtre à charbon, la résine entrée chaudière, a la bache alimentation chaudière, chaudière à vapeur et eau surchauffe.

Ces analyses aident les fabricants de pâtes à s'assurer que l'eau utilisée est de qualité et répond aux normes nécessaires pour produire des pâtes alimentaires saines et de haute qualité.

1.5- Caractéristique microbiologique des matières premières

Dans les laboratoires de contrôle de qualité, les analyses se réalisent en trois étapes fondamentales (voir annexe n°07):

- La préparation des solutions mères.
- La préparation des dilutions.
- La recherche et le dénombrement des moisissures et de clostridium sulfito-réducteur.

1.6- Formulation des essais

Le 27 avril 2023, on a fabriqué trois types des pâtes alimentaires ; une pâte à base de semoule complète de blé dur (témoin), une pâte à base de semoule complète de blé dur et germe de blé (3%) et une pâte à base de semoule complète de blé dur et germe de blé (10%), ces trois types des pâtes sont fabriquées dans les mêmes conditions.

Le type de la pâte céréalière fabriquée est « Tlitli » selon la commande de ce jour.

Les pâtes alimentaires de type « Tlitli » sont fabriquées à l'échelle industrielle au niveau de la ligne des courtes pâtes (FAVA), la capacité de la ligne programmée ce jour est de 1800Kg/h (Diminution de la capacité de 3000Kg/h à 1800Kg/h pour les besoins de l'expérimentation).

1.7- Plan d'expérience

1.7.1-Détermination des variables réelles

Germe de blé incorporé dans les pâtes alimentaires :

D'après la littérature, les concentrations de germe de blé les plus couramment utilisées en pastification vont de 0 à 20 % (Pinarli et al., 2004 ; Srivastava et al., 2007; Umair Arshad et al., 2008). Les taux de germe de blé incorporé pour enrichir les pâtes alimentaires peuvent atteindre 20 %. Les bornes de l'intervalle concernant cette variable dans le cadre de notre étude ont été choisies entre 0 et 10%.

Tableau n°12 : Variable choisie et codée correspondant aux niveaux attribués

Variable	Niveau		
	A	B	C
X1 : Germe de blé (g pour 100g de semoule)	0	3	10

1.8- Fabrication des pâtes alimentaires

La fabrication des trois types de pâtes alimentaires se fait dans la ligne de production des pâtes alimentaires courtes (FAVA) dans les mêmes conditions.

🚦 Hydratation/ Malaxage

Au cours de cette étape, la quantité d'eau ajoutée pour la préparation de 1800 Kg de pâte à base de semoule complète de blé dur de façon à obtenir une teneur en eau de mélange 30% (ms), La température d'eau ajoutée est 42°C, dans cette étape le germe de blé est ajouté manuellement à travers la bouche d'amélioration de doseur de semoule complète de blé dur.



Figure n°24:Le pesage du germe de blé **Figure n°25:** L'opération d'ajout du germe de blé

- **Tlitli à la semoule complète de blé dur (témoin)** : fabrique une quantité selon la commande.

- **Tlitli à 97% de semoule complète avec 3% de germe de blé** : Une quantité de 54Kg de germe de blé est incorporée au niveau de pétrissage avec 1800Kg de semoule complète de blé dur, on ajoute 1kg de germe de blé chaque 1min.

• **Tlitli à 90% de semoule complète avec 10% de germe de blé** : Une quantité de 180Kg de germe de blé est incorporée avec 1800Kg de semoule complète de blé dur, on ajoute 3kg de germe de blé chaque 1min.



Figure n°26: Le malaxage de la semoule complète additionnée de germe de blé et d'eau

✚ Formage et façonnage (Extrusion)

La pâte est poussée à travers une chambre sous vide vers des moules qui passe à la tête d'extrudeuse porte moule pour déterminer la forme de Tlitli puis couper la pâte à la bonne longueur (N.828) (mm. /9.2×2.2) (voir annexe n°13).

La température de tête d'extrudeuse est 38°C.

La pression d'extrudeuse est 45bar.



Figure n°27: Le moule qui est utilisé durant l'essai

✚ Le séchage

Les pâtes justement pressés ont un taux d'humidité de 29à31%.Elles doivent être séchées à un taux d'humidité maximum de 12,5%.

Cette opération se fait en trois étapes :

- Le séchage superficiel est réalisée au sein d'un appareil appelé TRABATO, qui fonction a température de 84C° pendant 5minutes pour garder la forme de la pâte.



Figure n°28: Tlitli à la sortie de TRABATO

- Le séchage intermédiaire a une température de 88C° pendant 45 minutes dans le but d'extraction d'humidité de la pâte pour obtenir une pâte plus ou moins séchées.



Figure n°29: Tlitli à la sortie de sécheur

- Le séchage final pendant 2heures a une température de79C°. Après le séchage, les pâtes sèches sont refroidies au sein d'un refroidisseur à température de 30C° pendant 5 minutes vibrant jusqu'à la sortie.



Figure n°30: Tlitli à la sortie de refroidissement

Le diagramme ci-dessous est résumé tous les étapes de fabrication les trois types de Tlitli :

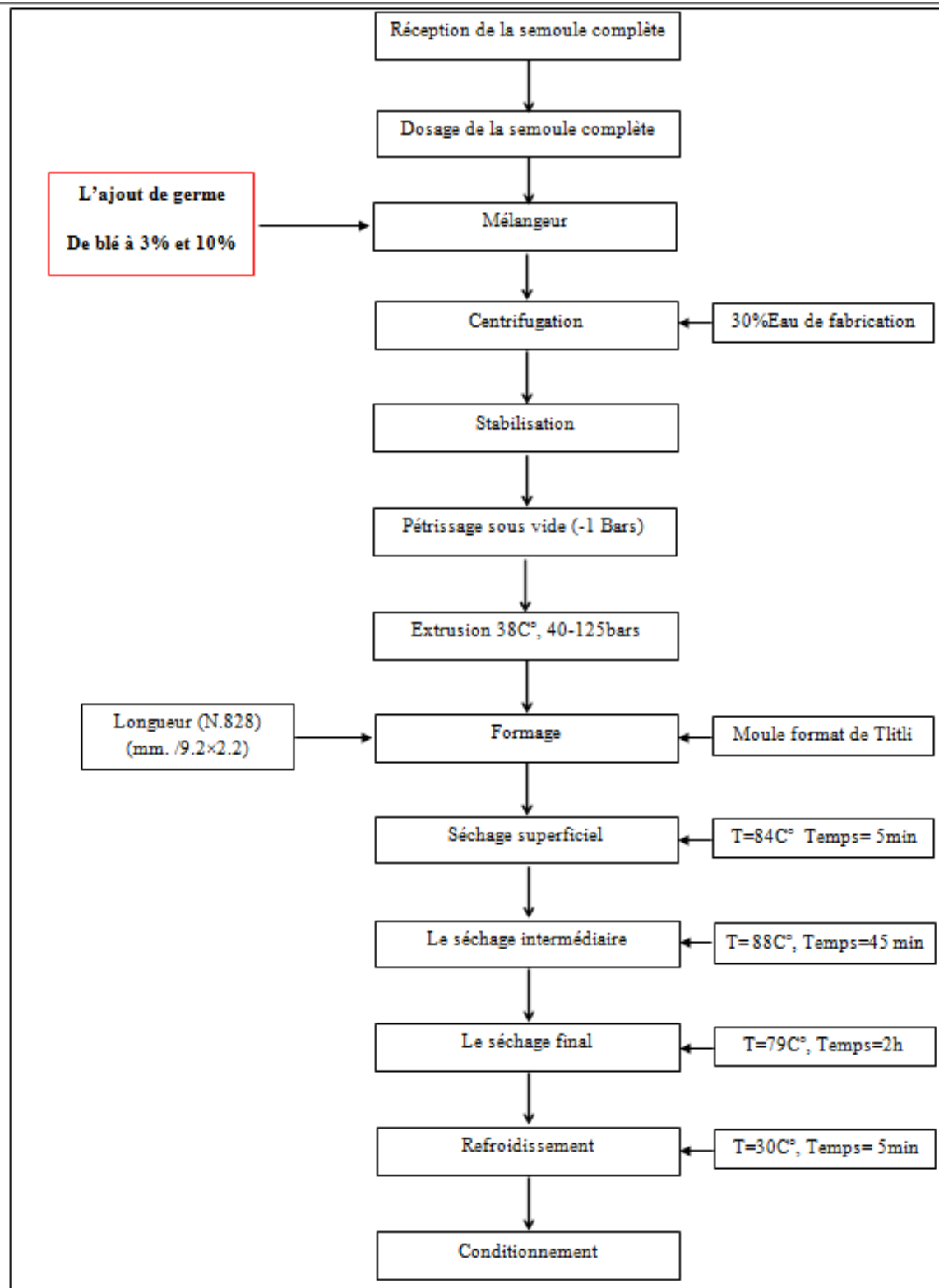


Figure n°31: Le diagramme de fabrication les trois types de Tlitli

Le schéma ci-dessous est expliqué la phase d'hydratation et façonnage des trois types de tilitli :

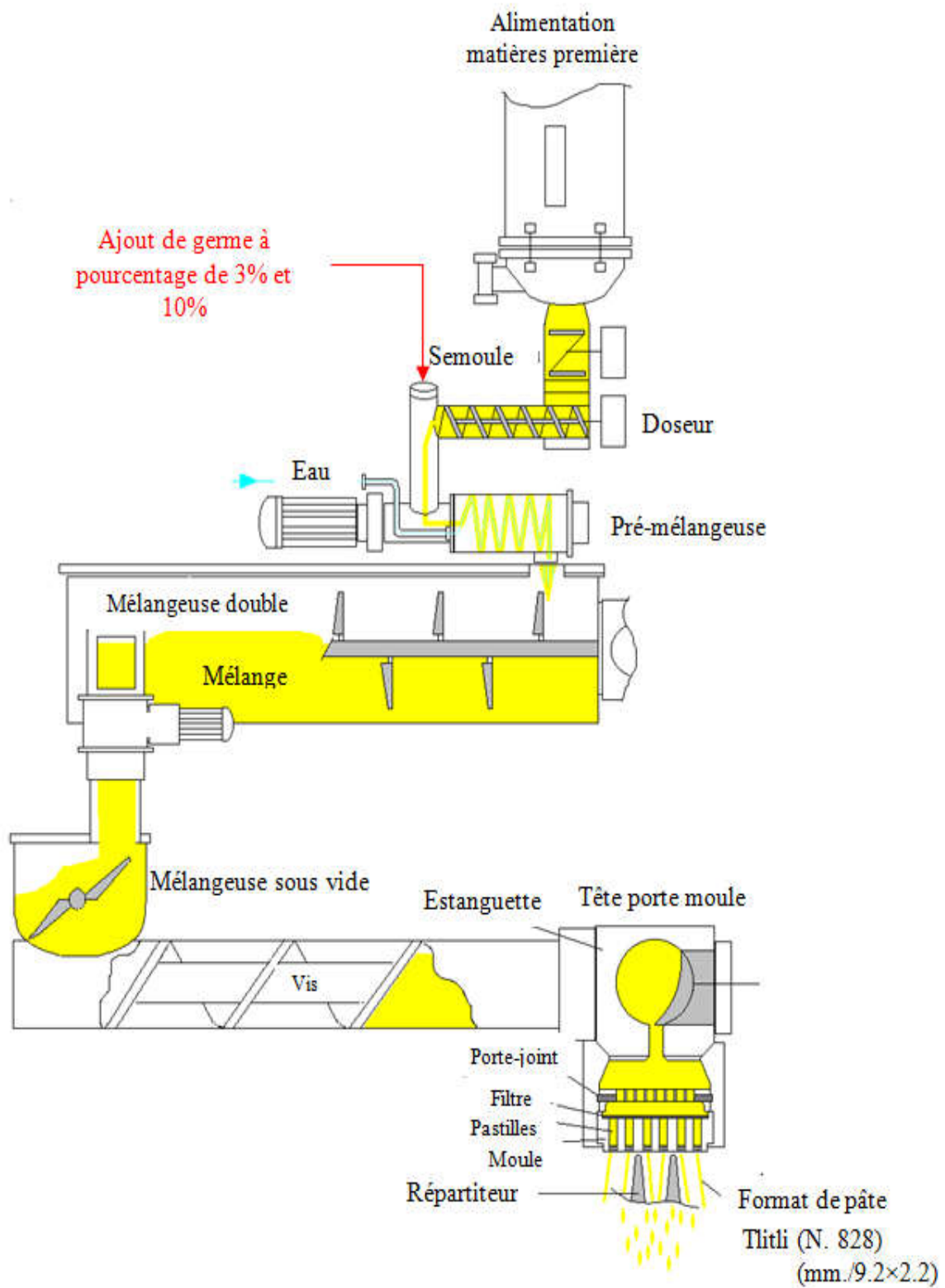


Figure n°32: Schéma du processus de fabrication les trois types de Tilitli

❖ Les produits finis

On a récupéré notre produit fini juste après le refroidissement avant passé sur le sassage et le conditionnement, on a obtenu trois produits différents :

- Tliltli à la semoule complète de blé dur (témoin).
- Tliltli à 97% de semoule complète avec 3% de germe de blé
- Tliltli à 90% de semoule complète avec 10% de germe de blé.

1.9- Appréciation de la qualité des pâtes

1.9.1-Qualité nutritionnelle, technologique et hygiénique

Après broyage de 100 g de pâte (non enrichie et enrichie) a l'aide d'un broyeur, les mesures de l'humidité, de la couleur, des cendres, des protéines et des lipides ont été réalisées avec les mêmes modes opératoires cités précédemment (*cf.* partie: Détermination de la composition globale des matières premières), et la recherche du clostridium sulfito-réducteur et des moisissure ont été réalisées avec les mêmes modes opératoires cités précédemment (*cf.* partie: Caractéristique microbiologique des matières premières).

1.9.2- Qualité culinaire

Pour déterminer la qualité culinaire et la qualité technologique du produit fini, on a réalisé un test de cuisson de trois produits finis réalisés selon un protocole standardisé qui est le pesage de 100g de pâtes et leur mise dans un volume de 1000 ml de l'eau salée (à 7g de sel).

❖ Le temps de cuisson

Les temps minimaux, optimaux et maximaux de cuisson correspondent respectivement au temps nécessaire pour la gélatinisation de l'amidon, au temps nécessaire pour donner à la pâte la texture recherchée et au temps préconisé.

Il est déterminé en suivant la disparition de la ligne blanche par prélèvement d'une pâte de tliltli puis son écrasement immédiat entre deux plaques de plexiglas afin de visualiser la ligne blanche correspondant à l'amidon non gélatinisé. Le temps optimal de cuisson (TOC) correspond au temps à partir duquel la ligne blanche a totalement disparu (amidon complètement gélatinisé).

Le temps de surcuisson est le double du temps optimal nécessaire à la cuisson du tliltli de chaque échantillon.

1.9.3-Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle des pâtes (témoin et enrichies) s'est déroulée en deux étapes. Nous avons réalisé un test de classement et un test hédonique. Ce test est réalisé sur des pâtes sèches et cuites. Elle a été effectuée au niveau de deux sites :

1.9.3.1- Sur le site de production

Cette analyse est réalisée avec un groupe de dégustateurs (employés et les contrôleurs de qualités) au niveau de l'unité de production des pâtes alimentaires.

1.9.3.2- Au niveau de l'établissement universitaire

Cette analyse a été effectuée au niveau de l'établissement universitaire, au niveau du laboratoire de recherche LSTPA, au site de HassiMamaèche avec un groupe des dégustateurs de sexes masculins et féminins, enseignants et étudiants universitaires.

a. Test de classement

C'est un test permet de classer les échantillons par rang, il a pour objectif de déterminer la mesure dans laquelle le consommateur accepte un produit.

•Description de la tâche des dégustateurs

On demande aux dégustateurs de classer par rang les trois échantillons codés en fonction de l'acceptation en allant du moins acceptable au plus acceptable (figure n°33).

•Présentation des échantillons

Les trois échantillons sont présentés dans des contenants identiques codés avec des lettres alphabétiques « Tlitli complet (A) », « Tlitli à 97% de semoule complète avec 3% de germe de blé (B) » et « Tlitli à 90% de semoule complète avec 10% de germe de blé (C) ». Tous les échantillons sont présentés simultanément à chaque dégustateur dans un ordre prévu à l'avance ou au hasard. Les panelistes peuvent déguster plusieurs fois les échantillons secs et cuits. La figure n°33, donne le bulletin à remplir pour ce classement.

FICHEDETESTDECLASSEMENT	
DATE :.....	
-Veuillez classer les trois produits par ordre de préférence.	
Code	Classement
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Figure n°33: Bulletin du test de classement

b. Test hédonique

Dans ce projet, nous avons suivi une démarche de réalisation l’analyse sensoriel, nous avons fait un test hédonique qui permet de mesurer l'acceptabilité ou le rejet des panélistes envers un produit consommé. Une note sur une échelle de 1 à 10 est attribuée pour chaque caractéristique. Le 1 représente une intensité faible et le 9 une intensité élevée. Le test de dégustation a été réalisé le matin.

Les critères de jugement des pâtes sèches portaient essentiellement sur une appréciation visuelle de la forme, l’aspect et la couleur. Pour les pâtes cuites, les paramètres d’analyse portaient également sur l’aspect, la couleur ainsi que leur fermeté à la dent qui est définie selon la norme ISO 4120 comme étant la résistance au cisaillement des pâtes entre les dents et à l’écrasement entre la langue et le palais. La figure n°34 donne le bulletin d’analyse hédonique s’effectué sur les trois échantillons sèches et cuites.

FICHEDETEST HEDONIQUE

DATE :.....

Veillez examiner et goûter chaque produit de pâte cuite et donnez une note de 1 à 10 selon l'intensité du caractère.

	A	B	C
Aspectlisse			
Couleur			
Tâches blanches			
Piqûres			
Fermeté			
Collant			

Figure n°34 : Bulletin pour le test hédonique des pâtes sèches et cuites avec un barème de notation allant de 1 à 10.

1.10- Détermination et calcul de la valeur énergétique des pâtes

La formule de base pour calculer la valeur énergétique d'un produit est la suivant :

Valeur énergétique totale= (glucides×4 calories/g) + (lipides×9 calories/g) + (protéines×4 calories/g)

1.11- Analyse des coûts des essais de production

1.11.1- Les coûts de production

Les calculs de coûts de production concernent les entreprises industrielles qui transforment des matières premières en produits intermédiaires ou produits semi-finis ou en produits finis. C'est le cas de la deuxième transformation céréalière. Il s'agit le plus souvent de composants ou d'éléments entrant dans la fabrication de produits. Les éléments de coût se situent au stade de la fabrication dans le cycle d'activité d'une unité de production. Les

calculs de coût peuvent être effectués pour des produits en cours de fabrication, des produits semi-finis, des produits intermédiaires, des produits finis, ...

1.11.2- Composition pour le calcul du coût de production

➤ Charges directes

Elles comprennent:

- le coût d'achat des matières premières consommées ou utilisées.
- les charges de main d'œuvre directe de production : rémunérations des ouvriers, des techniciens, des responsables d'ateliers, ...
- les frais des services

➤ Charges indirectes

Ce sont les charges réparties dans les différentes étapes de la transformation du pétrissage au produit fini dont l'activité est mesurée en unités d'œuvre de production (nombre d'heures de main d'œuvre directe, nombre d'heures machines, nombre de produits, ...).

1.12- Le questionnaire des préférences des consommateurs établi en ligne

Nous avons établi des questionnaires en ligne sur les pages Facebook, dédiées à l'éducation et à la cuisine, pour connaître les besoins et les critères de choix des consommateurs envers les pâtes alimentaires. De plus, déterminer le degré d'acceptabilité, du consommateur Algérien, d'un nouveau produit pour son éventuel intégration sur le marché« des pâtes alimentaires enrichies ». (Voir annexe n°12).

**RESULTATS ET
DISCUSSION DU
PROJET**

Résultats et Discussions du projet

1. Caractéristiques physico-chimiques des matières premières

1.1- Détermination de la composition globale des matières premières

1.1.1-La teneur en eau

Les résultats d'analyse de la teneur en eau sont illustrés dans tableau ci- dessous :

Tableau n°13 : Les résultats d'analyse de la teneur en eau de semoule complète et du germe de blé

Matière première	Essai 01	Essai 02	Essai 03	Moyen	Norme Du Codex alimentarius, 2007
Semoule complète	12.97%	12.43 %	12.18%	12.52%	14.5%
Germe de blé	10.01%	9.64%	9.55%	9.73%	11.4±0.2 %

Selon les données présentées dans le tableau, la semoule complète de blé dur utilisée pour la fabrication de Tliltli présente une humidité de 12,52% (ms), ce qui est supérieur au résultat rapporté par (**Betroui and Achour, 2020**) qui était de 9,7% (ms). Cependant, cette humidité est conforme à la norme maximale indiquée par le (**CODEX-ALIMENTARIUS, 2007**), qui est de 14,5% (ms). Cette conformité est bénéfique car elle permet de réduire le taux d'hydratation de la semoule lors de la fabrication des pâtes, ce qui favorise une meilleure conservation du produit final.

En ce qui concerne le germe de blé, sa teneur en eau enregistrée est de 9,73% (ms), ce qui est inférieur au résultat rapporté par (**Srivastava et al., 2007**).

1.1.2-Taux de cendres

Les valeurs du taux de cendre obtenus sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau n°14 : Les résultats des analyses du taux de cendres de la semoule complète et du germe de blé

Matière première	Essai 01	Essai 02	Essai 03	Résultat	Norme Du Codex alimentarius,2007
Semoule complet	1.76%	2.18%	1.80%	1.91%	1.4 -1.8 %
Germe de blé	4.81%	4.81%	5,14%	4.92%	4.1± 0.1%

La semoule complète utilisée dans notre projet présente une teneur en cendres de 1,91% (ms), ce qui est inférieur à la norme indiquée par le (**CODEX-ALIMENTARIUS, 2007**), qui est de 2,1%. Par conséquent, elle est conforme à la norme.

Résultats et Discussions du projet

En ce qui concerne le germe de blé, son taux de cendres est de 4,92% (ms), ce qui est similaire au résultat rapporté par **(Dib and Zidoune, 2013)**, qui mentionne un taux de cendres de $4,2 \pm 0,36\%$ (ms). Ce résultat est également en accord avec les travaux réalisés par **(Srivastava et al., 2007)**.

1.1.3-Teneur en protéines

Les résultats d'analyse de teneur en protéines de semoule complète et du germe de blé utilisés comme matières premières pour la production de Tlitli sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau n°15 : Les résultats d'analyse du taux de protéine de la semoule complète et du germe de blé

Produits	Absorbance			Résultats	Norme Du Codex alimentarius,2007
	Essai 01	Essai 02	Essai 03		
Semoule complète	0.033	0.030	0.038	15.06%	8-16%
Germe de blé	0.073	0.089	0.072	34.90%	30-40%

Selon les résultats obtenus, la semoule complète utilisée dans la fabrication des Tlitli contient 15,06% (ms) de protéines, ce qui est conforme à la norme minimale indiquée par le **(CODEX-ALIMENTARIUS, 2007)**.

En ce qui concerne le germe de blé, il présente une forte teneur en protéines de 34,90% (ms), ce qui est conforme. Ce résultat est similaire à celui rapporté par **(Srivastava et al., 2007)**, et il est supérieur aux résultats de recherche rapportés par **(Demir et al., 2021)**.

1.1.4-Teneur en lipides

Les valeurs de lipides obtenues sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau n°16 : Les résultats d'analyse du taux des lipides de la semoule complète et du germe de blé

Produit	Essai 01	Essai 02	Essai 03	Résultat	Norme Du Codex alimentarius,2007
Semoule complète	2.0354%	1.9631%	2.3416%	2.11%	1-3%
Germe de blé	6.6570%	6.9798%	7.0523%	6.89%	9 -15%

D'après les données du tableau, la semoule complète présente une teneur en lipides de 2,11% (ms), ce qui se trouve dans la plage recommandée de 1 à 3% (ms). Par conséquent, cette semoule est en conformité avec la norme du **(CODEX-ALIMENTARIUS, 2007)**.

Résultats et Discussions du projet

En ce qui concerne le germe de blé utilisé, il contient 6,89% (ms) de matière grasse. Cette valeur est très proche de celle rapportée par (Srivastava et al., 2007), qui mentionne une teneur en lipides de $7 \pm 0,2\%$ (ms).

1.1.5-Teneur en glucides

Les résultats des glucides obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau n°17 : Les résultats d'analyse du taux en glucides de la semoule complète et du germe de blé

Produit	Résultat	Norme Du Codex alimentarius,2007
Semoule complète	80.92%	75±02%
Germe de blé	53.29 %	52%

Selon les résultats du tableau,, la semoule complète utilisée dans la fabrication des Tliltli est conforme à la norme, car elle contient 80,92% de glucides.

En ce qui concerne le germe de blé utilisé, il contient 53,29% de glucides, ce qui est proche de la teneur rapportée par (Dib and Zidoune, 2013), qui indique une teneur en glucides de 52,61% (ms). Cependant, cette valeur est inférieure aux données rapportées par (Srivastava et al., 2007), qui mentionnent une teneur en glucides de $57,4 \pm 1,0\%$ (ms) pour le germe de blé brut.

1.2- Indice de couleur

Les résultats de l'indice de couleur obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau n°18 : Les résultats d'analyse de l'indice de couleur de la semoule complète et du germe de blé

Matière première	Essai 01	Essai 02	Essai 03	moyen
Semoule complète	L*68.37	L*68.44	L*70.61	L*69.14
	a*1.69	a*1.59	a*1.17	a*1.48
	b*24.93	b*25.01	b*26.03	b*25.32
Germe de blé	L*62.49	L*62.68	L*61.65	L*62.27
	a*2.99	a*3.23	a*3.06	a*3.09
	b*25.91	b*25.05	b*24.43	b*25.13

Résultats et Discussions du projet

La semoule complète utilisée pour la fabrication de Tlitli présente une couleur exprimée par les valeurs de l'indice de clarté (L^*) 70,61, l'indice de brun (a^*) 1,17 et l'indice de jaune (b^*) 26,03. Ces résultats indiquent que cette semoule a une couleur brune en raison de la présence de son dans la composition.

En ce qui concerne le germe de blé, sa couleur est exprimée par les valeurs suivantes : indice de clarté (L^*) 61,65, indice de brun (a^*) 3,06 et indice de jaune (b^*) 24,43. Ces valeurs sont très proches de celles décrites par (Demir et al., 2021), qui rapportent respectivement les valeurs $L^* 75,37 \pm 0,17$, $a^* 2,13 \pm 0,04$ et $b^* 24,18 \pm 0,18$.

1.3- Répartition granulométrique

Les résultats de la granulométrie de semoule complète de blé dur obtenus sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau n°19 : Les résultats de l'analyse granulométrique de la semoule complète

Les tamis μm	800	630	450	355	250	180	150	Récepteur
Semoule complète	0	3.30	9.53	10.74	37.33	38.10	1	0

La granulométrie d'une semoule permet de décrire la répartition en taille et en nombre de particules qui la composent.

Dans le tableau présenté, les données sur la granulométrie de la semoule utilisée dans la fabrication des pâtes alimentaires et leurs proportions respectives sont fournies.

Il en ressort que la majorité des particules des échantillons étudiés se situent dans la plage de taille de 180 à 355 micromètres.

Les semoules de blé dur généralement utilisées dans la fabrication des pâtes alimentaires ont une granulométrie égale ou supérieure à 212 μm . Les résultats obtenus indiquent que la semoule complète est adaptée à la fabrication des pâtes et est conforme aux normes en vigueur.

2. Caractéristiques microbiologiques des matières premières

Les résultats des analyses microbiologiques réalisées sur la semoule complète de blé dur et le germe de blé sont présentés dans le tableau n°20.

Résultats et Discussions du projet

Tableau n°20 : Les résultats des analyses microbiologiques des matières premières

Matière analysés	Moisissures	Clostridium sulfito-réducteur
Semoule complète	Absence	Absence
Germe de blé	Absence	Absence
Norme (JORA N°39, 2017)	≤100 germe/ml	≤100 germe/ml

Donc les résultats sont conformes à la norme algérienne (JORADPN°39, 2017), et les échantillons analysés ne contiennent pas de moisissures ni de Clostridium sulfito-réducteurs. Par conséquent, on peut conclure que nos produits présentent une bonne qualité microbiologique.

3. Essai industriel de pastification

3.1- Détermination du taux optimum d'hydratation

Pendant cette étape, un taux d'hydratation est appliqué par la ligne de production des pâtes courtes par Sosémie. L'incorporation de la semoule complète de blé dur avec le germe de blé nécessite un taux d'hydratation inférieur. Par conséquent, le taux d'eau ajouté est de 30%, ce qui est l'optimum utilisé pour la fabrication de notre prototype "Tlitli".

3.2- Description du comportement des pâtes alimentaires

Hydratation/ Malaxage

Lors de la réalisation de notre projet, nous avons observé que les particules des différentes formules étudiées ont une capacité similaire à absorber l'eau, indépendamment du taux d'incorporation du germe de blé (3% et 10%). Avec un taux d'eau ajouté de 30%, nous avons obtenu une pâte bien hydratée, homogène, sans agglomérats ni morceaux de granules.

Formage et façonnage (Extrusion)

Lors de l'extrusion, la pâte subit des forces de cisaillement en raison de ses différentes structures. La pression et la température jouent un rôle crucial dans le comportement de la pâte, pouvant influencer la formation de sa structure.

Au cours de cette étape, nous avons observé que l'ajout de germe de blé a permis une formation efficace de la pâte, sans aucun problème de collage.

Le séchage

Le processus de séchage à différentes températures est l'étape la plus cruciale et délicate de la fabrication des pâtes, car il influence leur structure, leur texture et le développement de

Résultats et Discussions du projet

leur saveur. C'est pourquoi les pâtes sont séchées en plusieurs étapes, permettant à l'humidité du centre de migrer vers la surface, afin d'éviter toute formation de fissures potentielles et d'inhiber la réaction de Maillard. Ainsi, on garantit une qualité optimale des pâtes en contrôlant soigneusement le processus de séchage.

Au cours de cette étape, nous avons observé une diminution des fissures dans le produit final avec l'augmentation de la quantité de germe de blé dans la pâte.

4. Caractéristiques physico-chimiques des produits finis

4.1- Détermination de la composition globale des produits finis

4.1.1-Teneur en eau (Humidité)

Les résultats relatifs au taux d'humidité des pâtes alimentaires fabriquées à base de semoule complète de blé dur et semoule incorporée avec le germe de blé à différence taux d'incorporation sont représentés dans le tableau n°21.

Tableau n°21: Les résultats d'analyse de la teneur en eau du Tlitli

Produit fini	Essai 01	Essai 02	Essai 03	moyen	La norme (EURL SOSEMIE)
Tlitli complet	8.77%	8.55%	8.43%	8.58%	12.5%
Tlitli à base de 97% semoule complète et 3% germe de blé	9.67%	9.17%	9.46%	9.43%	12.5%
Tlitli à base de 90% semoule complète et 10% germe de blé	10.10%	9.59%	9.40%	9.69%	12.5%

La teneur en eau de Tlitli complet est de 8,58%. Cette valeur est inférieure à celle de Tlitli composé à 97% de semoule complète avec 3% de germe de blé, qui est de 9,43%. De plus, cette dernière est inférieure à celle de Tlitli composé à 90% de semoule complète avec 10% de germe de blé, qui est de 9,69%. Cette différence s'explique par l'ajout de germe de blé. Ainsi, lorsque le taux de germe de blé ajouté augmente, la teneur en eau du produit final augmente également. Ces résultats respectent la norme maximale indiquée de 12,5%.

Résultats et Discussions du projet

Les résultats obtenus confirment d'une part que ces taux conviennent parfaitement à la conservation du produit, et d'autre part, ils témoignent du bon fonctionnement du système de séchage.

4.1.2-Taux de cendres

Les résultats des taux de cendres de trois échantillons des Tlitli fabriquées sont présentés dans le tableau n°22.

Tableau n°22 : Les résultats d'analyse du taux de cendre de Tlitli

Produit fini	Essai 01	Essai 02	Essai 03	Résultat	La norme (EURL SOSEMIE)
Tlitli complet	3.17%	3.16%	3.09%	3.14%	1.4- 1.8%
Tlitli à base de 97% semoule complète et 3% germe de blé	2.12%	2.15%	2.10%	2.12%	—
Tlitli à base de 90% semoule complète et 10% germe de blé	2.16%	2.22%	2.19%	2.19%	—

Selon le tableau n°22, le taux de cendres de Tlitli complet est de 3,14%. Cette valeur est supérieure à la norme. En ce qui concerne la teneur en cendres de Tlitli composé à 97% de semoule complète avec 3% de germe de blé, elle est de 2,12%. Quant à Tlitli composé à 90% de semoule complète avec 10% de germe de blé, il contient 2,19% de cendres. Cette dernière valeur est supérieure de 0,07%, cette augmentation est augmentée lorsque la quantité de germe de blé ajoutée est plus élevée.

4.1.3-Teneur en protéines

La teneur en protéines des pâtes fabriquées est présentée dans le tableau n°23.

Tableau n°23 : Les résultats d'analyse de taux de protéine de Tlitli

Produit fini	Essai 01	Essai 02	Essai 03	Résultat	La norme (EURL SOSEMIE)
Tlitli complet	0.026	0.030	0.017	10.88%	9-12%
Tlitli à base de 97% semoule complète et 3% germe de blé	0.037	0.035	0.038	16.40%	—
Tlitli à base de 90% semoule complète et 10% germe de blé	0.040	0.040	0.048	19.09%	—

Résultats et Discussions du projet

Le Tlitli complet contient 10,88% de protéines, ce qui est conforme à la norme. Cette valeur est inférieure à celle du Tlitli à 97% de semoule complète avec 3% de germe de blé, qui contient 16,40% de protéines. De plus, cette dernière valeur est inférieure à celle du Tlitli à 90% de semoule complète avec 10% de germe de blé, qui contient 19,09% de protéines.

Les résultats obtenus dans cette étude sont en accord avec la littérature. En effet, la teneur en protéines des Tlitli fabriqués augmente avec l'augmentation du taux de germe, ce qui confirme les résultats rapportés par (Demir et al., 2021).

En ajoutant respectivement 3% et 10% de germes de blé, la teneur en protéines des Tlitli est passée de 10,88% à 16,40% et à 19,09%. Cette augmentation de la teneur en protéines améliore la qualité nutritionnelle de nos pâtes. Les Tlitli fabriqués sont donc riches en protéines de haute qualité, car le germe de blé est une source protéique.

De plus, une teneur plus élevée en protéines rend les pâtes alimentaires plus fermes et moins collantes, ce qui leur permet de conserver leur texture même lorsqu'elles sont trop cuites.

4.1.4-Teneur en lipides

La teneur en lipides de trois échantillons analysés est présentée dans le tableau n°24.

Tableau n°24: Les résultats d'analyse du teneur en lipides de Tlitli

Produit fini	Essai 01	Essai 02	Essai 03	Résultat	La norme (EURL SOSEMIE)
Tlitli complet	2.6930%	2.6723%	2.6492%	2.67%	1.5-3.5 %
Tlitli à base de 97% semoule complète et 3% germe de blé	1.4802%	1.4954%	1.5338%	1.50%	—
Tlitli à base de 90% semoule complète et 10% germe de blé	1.8174%	1.9972%	2.1428%	1.98%	—

Selon les données du tableau, le Tlitli complet contient 2,67% de lipides, ce qui est conforme à la norme. Cette valeur est plus élevée que celle du Tlitli à 97% de semoule complète avec 3% de germe de blé, qui contient 1,50% de lipides. De plus, cette dernière valeur est inférieure à celle du Tlitli à 90% de semoule complète avec 10% de germe de blé,

Résultats et Discussions du projet

qui contient 1,98% de lipides. La diminution de la teneur en lipides s'explique par la dégradation des lipides du germe de blé en acides gras insaturés par l'enzyme lipoxigénase.

4.1.5-Teneur en glucides

La teneur en glucides de trois échantillons analysés est présentée dans le tableau n°25.

Tableau n°25 : Les résultats d'analyse du teneur en glucides de Tlitli

Produit fini	Résultat	La norme (EURL SOSEMIE)
Tlitli complet	83.31%	75±02%
Tlitli à base de 97% semoule complète et 3% germe de blé	79.98%	—
Tlitli à base de 90% semoule complète et 10% germe de blé	76.74%	—

La teneur en glucides du Tlitli complet est de 83,31%, ce qui dépasse la norme indiquée. Ce résultat est supérieur à la teneur en glucides du Tlitli à 97% de semoule complète avec 3% de germe de blé, qui est de 79,98%. De plus, cette dernière valeur est supérieure à la teneur en glucides du Tlitli à 90% de semoule complète avec 10% de germe de blé, qui est de 76,74%.

4.2- Indice de couleur

La couleur est un paramètre important qui détermine la préférence des consommateurs pour les pâtes alimentaires.

Les résultats de l'indice de couleur obtenus sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau n°26 : Les résultats d'analyse d'indice de couleur de Tlitli

Produit fini	Essai 01	Essai 02	Essai 03	Moyen
Tlitli complet	L*61.62 a*5.30 b*24.13	L*61.28 a*5.12 b*24.56	L*61.69 a*4.78 b*23.98	L*61.53 a*5.06 b*24.22
Tlitli à base de 97% semoule complète et 3% germe de blé	L*63.91 a*3.62 b*24.96	L*64.15 a*3.60 b*24.65	L*64.02 a*3.52 b*24.97	L*64.02 a*3.58 b*24.86
Tlitli à base de 90% semoule complète et 10% germe de blé	L*63.50 a*3.48 b*24.96	L*65.27 a*3.34 b*22.96	L*65.98 a*3.13 b*22.69	L*64.91 a*3.31 b*23.53

Résultats et Discussions du projet

La couleur du Tlitli fabriqué est caractérisée par les valeurs suivantes : un indice de clarté (L^*) de 61,53, un indice de brun (a^*) de 5,06 et un indice de jaune (b^*) de 24,22 pour le Tlitli complet. Pour le Tlitli à 97% de semoule complète avec 3% de germe de blé, les valeurs sont de 64,02 pour l'indice de clarté (L^*), 3,58 pour l'indice de brun (a^*) et 24,86 pour l'indice de jaune (b^*). Enfin, pour le Tlitli à 90% de semoule complète avec 10% de germe de blé, les valeurs sont de 64,91 pour l'indice de clarté (L^*), 3,31 pour l'indice de brun (a^*) et 23,53 pour l'indice de jaune (b^*). Ces résultats indiquent que plus la quantité de germe de blé est élevée, plus les indices de brun et de jaune sont réduits.

L'incorporation de germe de blé à la semoule complète de blé dur a entraîné une diminution de l'indice de brun. Il semble que l'ajout de 3% et 10% de germe de blé à la semoule complète améliore l'indice de brun d'une semoule complète de blé dur qui présente initialement un indice de brun relativement élevé.

Selon ces résultats, on constate que le Tlitli à 97% de semoule complète avec 3% de germe de blé est le produit qui présente un indice de couleur conforme, car sa couleur est plus claire, ce qui est préféré par les consommateurs.

4.3- Les analyses de l'eau

Les résultats des analyses d'eau sont conformes et disponibles dans l'annexe n°09.

5. Caractéristiques microbiologiques des produits finis

Les résultats des analyses microbiologiques réalisées sur la semoule complète de blé dur et le germe de blé sont présentés dans le tableau numéro 27.

Tableau n°27 : Les résultats des analyses microbiologiques de Tlitli

Matière analysés	Moisissures	Clostridium sulfito-réducteur
Tlitli complète	Absence	Absence
Tlitli à base de 97% semoule complète et 3% germe de blé	Absence	Absence
Tlitli à base de 90% semoule complète et 10% germe de blé	Absence	Absence
Norme (JORA N°39, 2017)	≤ 100 germe/ml	≤ 100 germe/ml

Les résultats des analyses microbiologiques indiquent que les trois types de Tlitli fabriqués ne contiennent pas de moisissures ni de Clostridium sulfito-réducteurs. Par

Résultats et Discussions du projet

conséquent, nous pouvons affirmer que nos produits finis (Tlitli complet, Tlitli à 97% de semoule complète avec 3% de germe de blé et Tlitli à 90% de semoule complète avec 10% de germe de blé) présentent une bonne qualité microbiologique (voir annexe n°10).

6. Qualité culinaire des pâtes

Lors d'un test de cuisson, l'indice de gonflement et le temps de cuisson sont les deux paramètres analysés. Ce test constitue l'un des meilleurs moyens pratiques pour évaluer la qualité culinaire des pâtes alimentaires fabriquées.

L'aspect et la qualité culinaire des pâtes sont influencés par la composition biochimique et l'état physique (granulométrie) des matières premières, à savoir la semoule complète et le germe de blé. Ces facteurs sont également liés à l'origine histologique des produits.

Les résultats du test de cuisson des pâtes contenant du germe de blé, ainsi que des pâtes témoins à base de semoule complète de blé dur fabriquées sans germe, sont présentés dans le tableau ci-dessus :

Tableau n°28: Les résultats du test de cuisson du Tlitli

Caractéristiques	Tlitli complet	Tlitli à base de 97% semoule complète et 3% germe de blé	Tlitli à base de 90% semoule complète et 10% germe de blé
Poids avant la cuisson	100g	100g	100g
Durée optimale de cuisson	11 min	8 min	7 min
La sur-cuisson	Gardé la forme	Gardé la forme	Gardé la forme
Poids après la cuisson	290g	245g	250g
Le volume d'eau absorbé	510 ml	370 ml	400 ml
Aspect de l'eau	trouble	Peu trouble	Peu trouble
La couleur de l'eau de cuisson	Brune	Jaune claire	Jaune claire
Texture	Gerçure	lisse	lisse
Aspect collant	Non collant	Non collant	Non collant
Couleur	Brune	Jaune claire	Jaune claire

6.1- Le temps de cuisson

Les résultats du tableau numéro 28 montrent que le temps optimal de cuisson du Tlitli se situe entre 7 et 11 minutes. Pour la pâte témoin (Tlitli complet), elle nécessite un peu plus de temps pour cuire, soit 11 minutes (quelques minutes de plus par rapport aux autres échantillons). La durée optimale de cuisson du Tlitli à 97% de semoule complète avec 3% de

Résultats et Discussions du projet

germe de blé est de 8 minutes, tandis que celle du Tlitli à 90% de semoule complète avec 10% de germe de blé est de 7 minutes.

Cette différence de temps de cuisson enregistrée entre le Tlitli témoin à base de semoule complète de blé dur et les pâtes enrichies en germe de blé peut s'expliquer par la diminution de la quantité de gluten et la rupture physique de la matrice du gluten due à la présence de particules de germe de blé dans les pâtes. Ces modifications entraînent la formation d'un réseau de gluten plus faible dans la pâte, ce qui facilite l'absorption de l'eau et réduit le temps de cuisson

6.2- Indice de gonflement

Le gonflement de la pâte pendant la cuisson reflète sa capacité à retenir plus ou moins d'eau. Ce paramètre est utilisé pour évaluer sa résistance à la surcuisson et a un impact direct sur le poids des pâtes cuites.

D'après les résultats mentionnés dans le tableau numéro 27, nous constatons que l'indice de gonflement diminue à mesure que le taux d'incorporation du germe de blé augmente (voir annexe n°11).

Le poids après cuisson est de 290 g pour la pâte témoin (Tlitli complet), absorbant 510 ml d'eau de cuisson. Cependant, aucune différence significative n'est observée concernant ce paramètre entre les pâtes enrichies à différents taux d'incorporation de germe de blé, avec un poids de 245 g pour le Tlitli à 97% de semoule complète avec 3% de germe de blé, absorbant 370 ml d'eau, et un poids de 250 g pour le Tlitli à 90% de semoule complète avec 10% de germe de blé, absorbant 400 ml d'eau pendant la cuisson.

La diminution de ce paramètre peut s'expliquer par la réduction de la teneur en amidon après l'ajout de germe de blé. Il est donc évident que plus le temps de cuisson est long, plus la quantité d'eau absorbée est importante.

Ces résultats concernant l'effet de l'incorporation sur l'indice de gonflement des pâtes sont similaires à ceux obtenus dans les travaux réalisés par **(Dib and Zidoune, 2013)**.

Après la cuisson des trois échantillons, nous remarquons que la couleur de l'eau de cuisson diffère, avec une couleur brune pour le Tlitli complet, une couleur jaune claire pour le Tlitli à 97% de semoule complète avec 3% de germe de blé, et une couleur jaune pour le Tlitli à 90% de semoule complète avec 10% de germe de blé (voir annexe n°11).

Résultats et Discussions du projet

7. Imagerie de la transformation et du comportement des pâtes



figure n°35 : Les images de produit fini

8. Analyse sensorielle

L'évaluation sensorielle des pâtes (témoin et enrichies) s'est déroulée en deux étapes distinctes. Nous avons effectué un test de classement suivi d'un test hédonique. Ces tests ont été réalisés à la fois sur des échantillons de pâtes sèches et cuits. Les échantillons de pâtes ont été cuits dans de l'eau jusqu'à ce que le temps de cuisson optimal soit atteints, puis ils ont été égouttés pendant 2 minutes et servis dans des assiettes codées.

Elle a été effectuée au niveau de deux sites :

8.1- Sur le site de production

Le test de dégustation a été réalisé auprès des employés de l'usine « Sosémie », de l'administration, du laboratoire, des chefs d'unité et de tous les membres du personnel.

Test hédonique

A : Tliltli complète.

B : Tliltli enrichies à 3%.

C : Tliltli enrichies à 10%.

+ : Bon le dégustateur est satisfait.

- : c'est n'est pas bien le dégustateur est ne satisfait pas.

-/+ : acceptable par le dégustateur.

Résultats et Discussions du projet

Tableau n°29: Les résultats du test de dégustation de Tlitli cuite sur le site de production

	Tlitli cuite		
	A	B	C
Aspect lisse	-	+	+
Couleur	-	+++	++
Fermeté	+	+	+
Collent	++	+	+

D'après les résultats des dégustations, les participants qui ont goûté les échantillons dans l'usine ont préféré l'aspect lisse de la Tlitli enrichie à 3% et 10% par rapport à la Tlitli complète. En ce qui concerne la couleur, ils avaient tendance à préférer la couleur claire de la Tlitli enrichie à 3%, suivie de la couleur de la Tlitli enrichie à 10%, tandis qu'ils n'appréciaient pas la couleur de la Tlitli complète. En ce qui concerne la fermeté et l'aspect collant, les dégustateurs dans l'usine ont noté que ces caractéristiques étaient similaires dans tous les échantillons, en particulier l'aspect collant de la Tlitli complète qui ne collait pas.

Les participants à la dégustation dans l'usine ont préféré le goût de la Tlitli enrichie à 3%.

Tableau n°30: Les résultats du test de dégustation de Tlitli sèches sur le site de production

	Tlitli sèches		
	A	B	C
Aspect lisse	-	+	+
Couleur	-	+++	++
Taches blanches	-	-/+	-/+
Piqûres	-	+	+

Les dégustations dans l'usine ont indiqué que la Tlitli complète n'a été appréciée par aucun des participants en raison de sa couleur et de son aspect non lisse. En revanche, lorsqu'il s'agit de la Tlitli enrichie à 3% et 10%, les dégustateurs ont tous partagé des commentaires similaires et ont montré une préférence pour la couleur de la Tlitli enrichie à 3%.

8.2- Sur site universitaire

Treize personnes ont participé à la dégustation, comprenant des femmes et des hommes, ainsi que des enseignants, des docteurs et des masters.

Test de classement

1 : satisfait par le dégustateur.

A : Tlitli complète.

2 : acceptable par le dégustateur.

B : Tlitli enrichies à 3%.

3 : ne satisfait pas par le dégustateur.

C : Tlitli enrichies à 10%.

Résultats et Discussions du projet

Tableau n°31: Les résultats du test de classement de dégustation de Tlitli cuite sur le site de production

Tlitli cuite			
Classement Code	1	2	3
A	0	3	10
B	8	4	1
C	5	6	2

Selon les résultats des dégustations, il a été constaté que la plupart des dégustateurs ont classé la Tlitli complète dans la classe 3, ce qui n'est pas satisfaisant. En ce qui concerne la Tlitli enrichie en 3% de germe de blé, la majorité des dégustateurs l'ont classée dans la classe 1, ce qui signifie qu'ils sont satisfaits. Enfin, la moitié des participants à la dégustation ont classé la Tlitli enrichie à 10% dans la classe 2, ce qui est considéré comme acceptable.

Tableau n°32 : Les résultats du test de classement de dégustation de Tliti sèche sur le site de production

Tliti sèche			
Classement Code	1	2	3
A	0	0	13
B	7	6	0
C	6	7	0

Selon les résultats des dégustations, il a été constaté que tous les participants ont classé la Tlitli complète dans la classe 3, ce qui n'est pas satisfaisant. En revanche, pour la Tlitli enrichie en 3% et 10%, les dégustateurs l'ont classée dans les classes 1 et 2, ce qui indique un niveau de satisfaction et d'acceptabilité.

Test hédonique

+ : Bon le dégustateur est satisfait.

- : c'est n'est pas bien le dégustateur est ne satisfait pas.

-/+ : acceptable par le dégustateur.

Résultats et Discussions du projet

Tableau n°33 : Les résultats du test hédonique de dégustation de Tlitli cuite sur le site de production

Tlitli cuite			
	A	B	C
Aspect lisse	-	+	+
Couleur	-	+++	++
Fermeté	+	+	+
Collent	+	+	+

D'après les résultats des dégustations, les participants à la dégustation ont préféré l'aspect lisse de la Tlitli enrichie à 3% et 10% par rapport à la Tlitli complète. En ce qui concerne la couleur, ils ont tendance à préférer la couleur claire de la Tlitli enrichie à 3%, suivie de la couleur de la Tlitli enrichie à 10%, tandis qu'ils n'appréciaient pas la couleur de la Tlitli complète. Quant à la fermeté et à l'aspect collent, les dégustateurs ont déclaré qu'elle était similaire dans tous les échantillons.

Les participants à la dégustation ont préféré le goût de la Tlitli enrichie à 3%.

Tableau n°34 : Les résultats du test hédonique de dégustation de Tlitli sèches sur le site de production

Tlitli sèches			
	A	B	C
Aspect lisse	-	+	+
Couleur	-	++	++
Taches blanches	-	-/+	-/+
Piqûres	-	+	+

Les résultats des dégustations ont révélé que la Tlitli complète n'a satisfait aucun des participants en raison de sa couleur et de sa l'aspect non lisse. Cependant, lorsqu'il s'agissait de la Tlitli enrichie à 3% et 10%, les dégustateurs ont tous donné des commentaires similaires.

9. Détermination et calcul de la valeur énergétique des pâtes

Les valeurs énergétiques des trois échantillons des pâtes fabriqués sont présentées dans le tableau suivant :

Résultats et Discussions du projet

Tableau n°35 : la valeur énergétique de Tlitli

Produit	Résultat
Tlitli complet	400.79
Tlitli à base de 97% semoule complet et 3% germe de blé	399.02
Tlitli à base de 90% semoule complet et 10% germe de blé	401.14

D'après les résultats mentionnés dans le tableau, nous remarquons que la valeur énergétique de tous les échantillons est très proche.

10. Les calculs des coûts de production

Les calculs des coûts de production sont présentés dans les tableaux suivants.

Tableau n°36 : Fiche de coût et de prix de vente de la pâte alimentaire de Type Tlitli complet

Désignation	Unité matière	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
<u>Charges directes</u>				
Matière première				
Semoule	Kgs	1800	35,00	63000
Eau	kgs	252	7,50	1890
Autres : Emballages, ...				240000
Frais du personnel				35000
Services				2500
<u>Charges indirectes</u>				
Charges de production				3500
Utilités, ...				
Amortissements				2500
Coût de production/H				348390
Coût du produit/kg				87,10
Taxes à la production	20%			86000
Marge bénéficiaire	20%			69000
Coût de production avec charge et marge				503390
<u>Prix de vente sortie usine (produit fini /Kg)</u>				<u>125,85</u>

Résultats et Discussions du projet

Tableau n°37 : Fiche de coût et de prix de vente de la pâte alimentaire de Type Tliltli enrichi avec 3% de germe de blé

Désignation	Unité matière	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
<u>Charges directes</u>				
Matière première				
Semoule	Kgs	1800	35,00	63000
Eau	Kgs	252	7,50	1890
Germe de blé	Kgs	54	12,50	675
Autres : Emballages, ...				240000
Frais du personnel				35000
Services				2500
<u>Charges indirectes</u>				
Charges de production				3500
Utilités, ...				
Amortissements				2500
Coût de production/H				349065
Coût du produit/kg				87,27
Taxes à la production	20%			86000
Marge bénéficiaire	20%			69000
Coût de production avec charge et marge				504065
<u>Prix de vente sortie usine (produit fini /Kg)</u>				<u>126,02</u>

Tableau n°38 : Fiche de coût et de prix de vente de la pâte alimentaire de Type Tliltli enrichi avec 10% de germe de blé

Désignation	Unité matière	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
<u>Charges directes</u>				
Matière première				
Semoule	Kgs	1800	35,00	63000
Eau	Kgs	252	7,50	1890
Germe de blé	Kgs	180	12,50	2250
Autres : Emballages, ...				240000
Frais du personnel				35000
Services				2500
<u>Charges indirectes</u>				
Charges de production				3500
Utilités, ...				
Amortissements				2500
Coût de production/H				350640
Coût du produit/kg				87,66
Taxes à la production	20%			86000
Marge bénéficiaire	20%			69000
Coût de production avec charge et marge				505640
<u>Prix de vente sortie usine (produit fini /Kg)</u>				<u>126,41</u>

Résultats et Discussions du projet

La production du Tlitli enrichi avec du germe de blé présente un coût de production et un prix de vente sortie d'usine comparables à celui du Tlitli complet et des pâtes alimentaires disponibles sur le marché Algérien. Il faut savoir qu'au niveau de l'industrie Algérienne des céréales, le coût de production se situe entre 85 et 90 DA et le prix de vente TTC entre 120 et 130 DA.

L'analyse des coûts de production et de revient de nos essais donne une maximisation du profit à la production, à la commercialisation et au consommateur. Ces résultats démontrent que notre produit sera très concurrentiel sur le marché.

Nos essais réussis permettra à l'entreprise de fabriquer du Tlitli au meilleur degré de qualité en utilisant le moins que possible des améliorants de texture et donnant une qualité marchande supérieure par une valeur nutritionnelle et diététique supérieure.

Par cette valorisation du germe de blé sur du Tlitli, la valeur perçue de la pâte alimentaire développée deviendra nettement supérieure au prix qui sera payé par le consommateur.

1. Traitement des résultats du questionnaire en ligne mis en ligne « appréciation des préférences du consommateur »

Les résultats obtenus au cours de ce questionnaire. Ils sont traités comme suit :

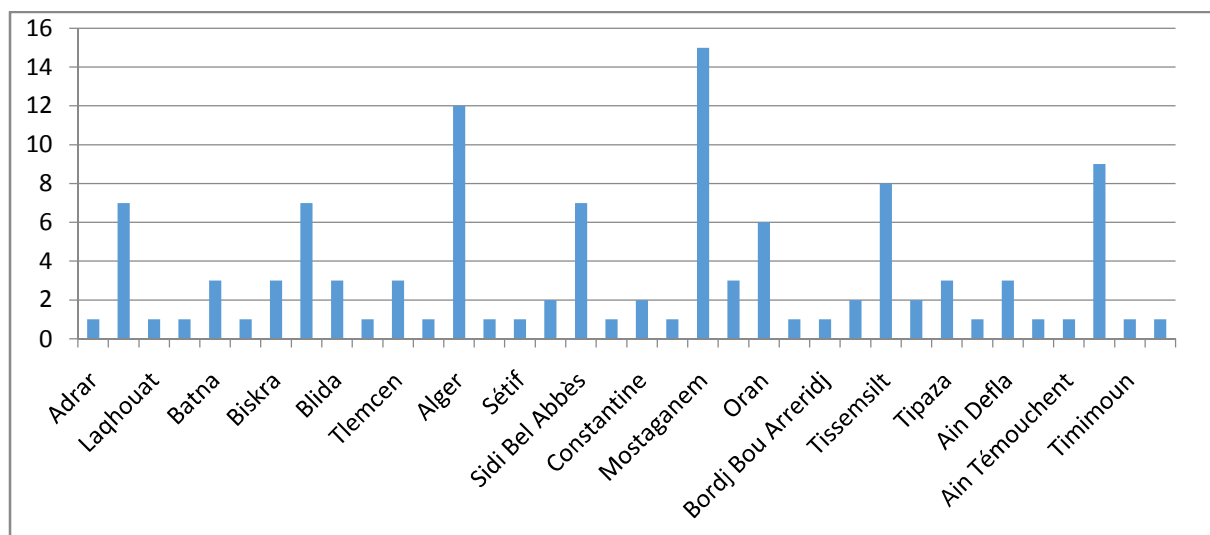


Figure n°36 : Les Wilayas qui a répondu

Résultats et Discussions du projet

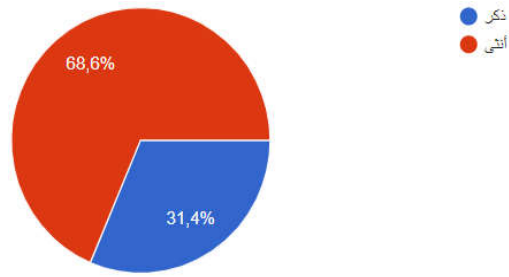


Figure n°37 : Le sexe

En observant les deux figures, nous pouvons constater que les réponses sont réparties dans la plupart des Wilayas et que la majorité des personnes interrogées sont des femmes.

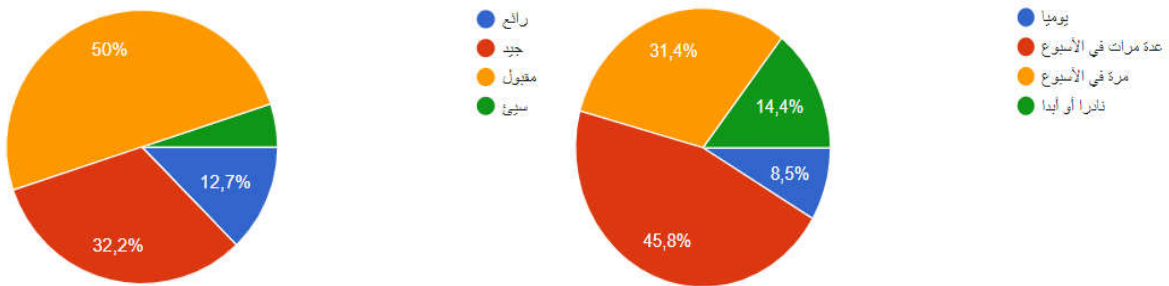


Figure n°38 : Avis des consommateurs des pâtes Figure n°39 : Fréquence de consommation et d'appréciation de la pâte

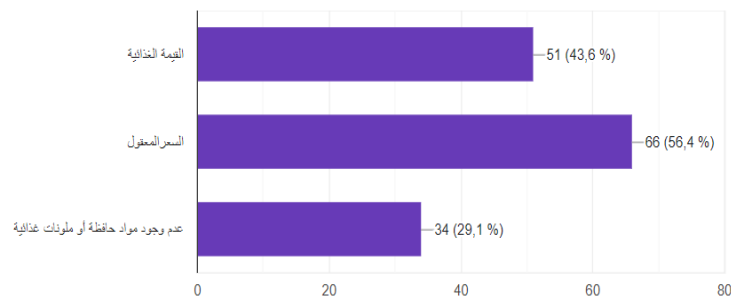


figure n°40 : Critères pour l'achat de pâtes

D'après les réponses fournies, il semble que les consommateurs considèrent les pâtes alimentaires comme étant acceptables. En outre, la plupart des personnes en consomment plusieurs fois par semaine en raison de leur prix abordable et raisonnable.

Résultats et Discussions du projet

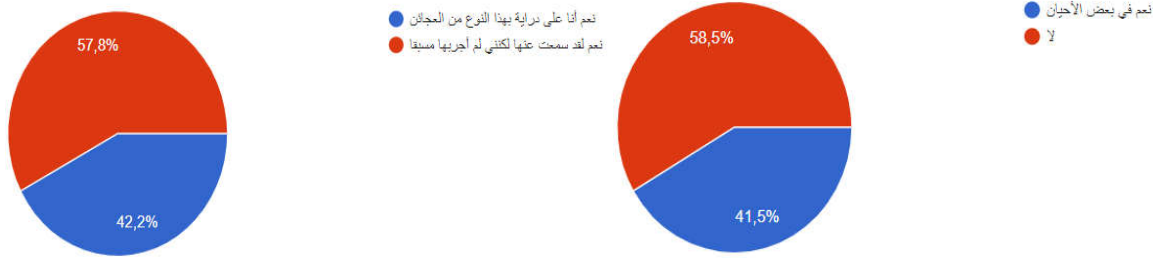


Figure n°41 : Pourcentage de connaissance **Figure n°42:** La proportion de consommation

D'après nos observations, il apparaît que près de la moitié des personnes interrogées sont conscientes de l'existence des pâtes alimentaires enrichies, mais n'ont jamais eu l'occasion de les essayer auparavant.



Figure n°43: Comparaison des pâtes alimentaires traditionnelles et des pâtes alimentaires enrichies **Figure n°44 :** Raisons du choix des pâtes enrichies

D'après les réponses, il est remarqué que les consommateurs ayant déjà goûté aux pâtes alimentaires enrichies préfèrent ce type de pâtes par rapport les pâtes alimentaires traditionnelles en raison de leur valeur nutritionnelle et de leur capacité à être incluses dans un régime alimentaires sain.

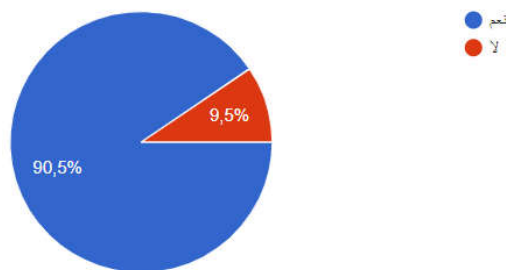


Figure n°45 : Acceptation d'ajout des pâtes alimentaires enrichies sur le marché

À partir de ces réponses, nous pouvons conclure que dans la plupart des wilayas d'Algérie, les consommateurs de pâtes alimentaires sont intéressés par l'idée d'ajouter des gammes de pâtes riches en protéines.

En analysant les deux questions ouvert, on peut en conclure que :

Résultats et Discussions du projet

- Effectivement, les opinions peuvent varier d'une personne à l'autre et les avantages et les inconvénients des pâtes alimentaires complètes peuvent être perçus différemment en fonction des préférences individuelles et des besoins nutritionnels spécifiques. Cependant, de manière générale, on peut résumer ces opinions comme suit : les avantages sont bonnes pour la santé, avantages pour les maladies liées au colon et au diabète, source de fibres ; les inconvénients difficulté à manger, couleur moins attrayante, perte de forme après la cuisson

- Les répondants ont exprimé des opinions similaires qui convergent vers une préférence basée sur le prix et la qualité. Ils souhaitent trouver des pâtes alimentaires enrichies sur le marché à un prix raisonnable.

Conclusion

Conclusion

Au terme de ce projet de formulation d'une pâte alimentaire de type Tlitli enrichie avec du germe blé, nous avons tiré les conclusions suivantes:

-Les analyses physico-chimiques effectuées sur la matière première utilisée, la semoule complète, le germe de blé nous ont permis de révéler: une bonne fraction protéique, une bonne composante glucidique, des minéraux et des lipides d'intérêts nutritionnels et technologiques pour notre pâte alimentaire fabriquée.

Sur la base des résultats obtenus dans ce projet innovant, il ressort que l'incorporation à échelle industrielle du germe de blé issu de la meunerie a une bonne tendance pastière et entraîne des modifications biochimiques, technologiques et organoleptiques qui ont eu un impact sur la qualité technologique, biochimique et organoleptique de la pâte alimentaire, enrichie avec 3% de germe de blé, de type Tlitli du partenaire EURL SOSEMIE.

La nature et l'amplitude de ces modifications sont à lors fonction de la matière première mise en œuvre (semoule complète) et du taux d'incorporation du germe de blé.

L'étude des différentes variables utilisées a montré que l'utilisation du germe de blé a affecté sa qualité technologique. Cet état est recherché généralement pour améliorer la qualité culinaire et organoleptique des pâtes alimentaires.

A la lumière des résultats obtenus, on a constaté que la formulation avec 3% de germe de blé est beaucoup plus proche des normes requises (du partenaire EURL SOSEMIE) pour une qualité marchande qui sera appréciée par le consommateur.

Lors du test d'appréciation de la qualité organoleptique, les résultats, ont montré que le Tlitli enrichi en germe de blé se caractérise par une bonne couleur, un aspect lisse, une bonne fermeté et un goût caractéristique agréable. Pour l'analyse des caractères physiques à la cuisson nos formulations préconisées montrent un très bon temps de cuisson et le développement d'un bon indice de gonflement. L'utilisation des semoules complètes enrichies avec du germe de blé ont permis aussi d'améliorer la valeur nutritionnelle du Tlitli en apportant des protéines, des lipides, des glucides et des minéraux (cendres).

A la lumière des résultats obtenus, on a constaté que la formulation avec 3% de germe de blé est beaucoup plus proche des normes requises pour une qualité marchande qui sera à la portée du consommateur Algérien. L'analyse des coûts de production et de revient de nos essais donne une maximisation du profit à la production, à la commercialisation et au consommateur. Ces résultats démontrent que notre produit sera très concurrentiel sur le marché.

De notre formulation proposée, il en ressort qu'enrichir la semoule complète par du germe de blé a touché trois objectifs :

- une récupération du germe de blé (de faible qualité marchande), par la meunerie du partenaire EURL SOSEMIE, qui par sa valorisation, la société va sans doute améliorer son potentiel économique.
- une amélioration de la qualité technologique, sensorielle et nutritionnelle des pâtes alimentaires de type Tlitli.
- une utilisation des semoules complètes au lieu des semoules extra sélectionnées pour la technologie de 2ème transformation céréalière : celle de l'industrie des pâtes alimentaires

En perspective,

Il serait souhaitable de:

- Etudier et suivre la qualité nutritionnelle, des pâtes alimentaires fabriquées à base de germe de blé.
- Faire une enquête d'appréciation du consommateur des pâtes alimentaires enrichies avec du germe de blé en particulier auprès des personnes ayant une intolérance au gluten (pâte alimentaire diététique).

Références
Bibliographiques

A

Aalami, M., Rao, U. P., and Leelavathi, K. (2007). Physicochemical and biochemical characteristics of Indian durum wheat varieties: Relationship to semolina milling and spaghetti making quality. *Food Chemistry* 102, 993-1005.

Abarghoei, M., Goli, M., and Shahi, S. (2023). Investigation of cold atmospheric plasma effects on functional and physicochemical properties of wheat germ protein isolate. *LWT* 177, 114585.

Abbou, R., Chaurand, M., Morel, M. H., and Vernoux, P. (1994). Influence of extrusion conditions on extrusion speed, temperature and pressure in the extruder and on pasta quality. *Cereales chemistry* 71, 247 -253.

Abdelhamid, M. (2013). Etude de la qualité technologiques des pâtes courtes Science alimentaire, université de Blida1, Alger.

Abecassis, j. (2023). Fabrication des pâtes alimentaires.

Agama-Acevedo, E., Islas-Hernandez, J. J., Osorio-Díaz, P., Rendón-Villalobos, R., Utrilla-Coello, R. G., Angulo, O., and Bello-Pérez, L. A. (2009). Pasta with unripe banana flour: physical, texture, and preference study. *Journal of Food Science* 74, S263-S267.

Ahmed , F., Rezq , A., and Attia , A. (2010). Additional effect of defatted wheat germ protein isolate on nutritional value and functional properties of yogurts and biscuits. *Australian journal of basic and applied sciences* 4, 3139-3147.

Ahmed Messaoud, N. (2013). Enrichissement du yaourt brassé en germe de blé tendre SAAD DAHLAB. BLIDA.

Altan, A., and Maskan, M. (2005). Microwave assisted drying of short-cut (ditalini) macaroni: Drying characteristics and effect of drying processes on starch properties. *Food Research International* 38, 787-796.

Amir, Y., Djabri, D., Guellil, H., and Youyou, A. (2004). Influence of environmental factors on the quality of wheat grown in Algeria. *JOURNAL OF FOOD AGRICULTURE AND ENVIRONMENT* 2, 315-319.

Arshad, M. U., Zakir, S., Anjum, F. M., Zahoor, T., and Nawaz, H. (2008). Nutritive value of cookies containing wheat germ oil. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences* 6, 127-134.

B

Bahchachi, N. (2002). Incorporation du gluten de maïs dans la fabrication de deux produits céréaliers traditionnels: Trida et Couscous, Thèse de Magister.DNATAA. UniversitéMentouri de Constantine.

Belitz, H.-D., Grosch, W., and Schieberle, P. (2009). Food chemistry, 4th revised and extended. Springer Science & Business Media, 401-412.

Betroui , T. n. e. h., and Achour, D. (2020). Elaboration d'une pâte alimentaire à base de blé dur complet. Technologie Agro-alimentaire et contrôle de qualité, AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA, Alger.

Bloksma, A. (1990). Dough structure, dough rheology, and baking quality. Cereal foods world 35, 237-244.

Bokić, J., Škrobot, D., Tomić, J., Šeregelj, V., Abellán-Victorio, Á., Moreno, D. A., and Ilić, N. (2022). Broccoli sprouts as a novel food ingredient: Nutritional, functional and sensory aspects of sprouts enriched pasta. LWT 172, 114203.

Borneo, R., and Aguirre, A. (2008). Chemical composition, cooking quality, and consumer acceptance of pasta made with dried amaranth leaves flour. LWT-Food Science and Technology 41, 1748-1751.

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

Boukarboua, A., and Boulkroun, M. B. (2016). Appréciation de la qualité technologique des farines commerciales par des tests indirects. 76.

Boukid, F., Folloni, S., Ranieri, R., and Vittadini, E. (2018). A compendium of wheat germ: Separation, stabilization and food applications. Trends in Food Science & Technology 78, 120-133.

C

Canon, C. (2021). Passeport santé nutrition.

Capitani, M., Mateo, C., and Nolasco, S. (2011). Effect of temperature and storage time of wheat germ on the oil tocopherol concentration. Brazilian Journal of Chemical Engineering 28, 243-250.

Codex alimentarius (1996). Aspects réglementaires de la production et du commerce des pâtes alimentaires. 28.

CODEX-ALIMENTARIUS (2007). OMS sur les normes alimentaires : Céréales, légumes secs, légumineuses et matières protéiques végétales, norme codex pour la semoule et

la farine de blé dur. Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires commission du codex alimentarius, , 65

CASSAN, D. (2015). Procédés de structuration des pâtes alimentaires et outils de contrôle de la qualité. 21.

Cretois, A. (1985). Valeur technologique de quelques variétés de blé. Bull. Industries des céréales N 20, 26-32.

D

De Vita, O. Z. (2009). Voyage In The Pasta Universe: The Reasons For This Research. In "Encyclopedia of Pasta", pp. 1-12. University of California Press.

Demir, M. K., Bilgiçli, N., Türker, S., and Demir, B. (2021). Enriched Turkish noodles (Erişte) with stabilized wheat germ: Chemical, nutritional and cooking properties. LWT 149, 111-819.

Dexter, J., and Matsuo, R. (1977). Changes in semolina proteins during spaghetti processing [Wheats]. Cereal Chemistry.

DEXTER , J. E., and MASTUO, R. R. (1978). Effect of Starch on Pasta Dough Rheology and Spaghetti Cooking Quality. 56, 6.

Dib, A., and Zidoune, M. N. (2013). Aptitudes technologiques et culinaires de pâtes alimentaires enrichies au germe de blé, Université Frères Mentouri-Constantine 1.

Dubois, J. (2011). Protein coagulation during baking: The structural basis of gluten elasticity. Journal of Cereal Science 54(3).

E

Eisenmenger, M., Dunford, N.T (2008). Bioactive components of commercial and supercritical carbon dioxide processed wheat germ oil. JAOCS 85, 55-61.

F

F.A.O (1980). Les glucides en nutrition humaine. 98.

Favier, J., Samson, M., Aubled, C., Morel, M., and Abecassis, J. (1996). Thermal kinetics of dough proteins insolubilisation determined by size exclusion high performance liquid chromatography. Sciences des Aliments (France).

Feillet, P. (1986). L'industrie des pâtes alimentaires: technologies de fabrication, qualite des produits finis et des matieres premieres. Aliment, 979-998.

Feillet, P. (2000). "Le grain de blé: composition et utilisation," Editions Quae.

Feillet, P., Autran, J., and Icard-Verniere, C. (2000). Bases biochimiques du brunissement des pâtes alimentaires. Options méditerranéennes e Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region: New Challenges. Numéro A 40, 431e438.

Fredot, E. (2006). *Connaissance des aliments*, ed. Lavoisier, Paris 397.

G

Godineau, E. (2014). Le germe de blé:quels sont ses bienfaits santé.

Godon, B., and Willm, C. (1991). *Les industries de première transformation des céréales*.

Gray, J. (2003). Starch gelatinization. *Advances in Food and Nutrition Research*, 45.

Güler, S., Köksel, H., and Ng, P. (2002). Effects of industrial pasta drying temperatures on starch properties and pasta quality. *Food Research International* 35, 421-427.

H

HariPriya., S., and Premakumari., S. (2010). Effect of wheat bran on diabetic subjects. *Indian Journal of Science and Technology*. 3(3).

Hasanloei, M. A. V., Rahimlou, M., Shojaa, H., Morshedzadeh, N., Tavasolian, R., and Hashemi, R. (2021). The effect of wheat germ-enriched enteral formula on clinical and anthropometric factors in mechanically ventilated patients admitted to the intensive care unit. *Clinical Nutrition ESPEN* 46, 40-46.

Hassan, H., Afify, A., Basyiony, A., Ahmed, G. T., and Ghada, T. (2010). Nutritional and functional properties of defatted wheat protein isolates. *Aust J Basic Appl Sci* 4, 348-358.

Hemery, Y., Rouau, X., Lullien-Pellerin, V., Barron, C., and Abecassis, J. (2007). Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional quality. *Journal of cereal science* 46, 327-347.

HUI, Y. H. (2008). *Food Drying Science and Technology : Microbiology, Chemistry, Application*. 149,158.

I

Icard-Vernière, C. (1999). *De la semoule de blé dur aux pâtes alimentaires fraîches: Evénements physiques et biochimiques*, Montpellier 2.

J

Jacquemin, L. (2012). Production d'hémicellulose de pailles et de son de blé à une échelle pilote, étude de performance technique et évaluation environnementale d'un agro-procédé. 329.

Jeong, J. Y., Lim, J. H., Kim, H. W., Park, S. Y., and Choi, M. K. (2016). Wheat Sprout Extract Reduces Fatigue through the Regulation of Anti-Oxidant Activity and Immunomodulatory Effects. *Nutrients* 8(11), 730.

JORADPN°39 (2017). Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire. Conventions et Accords Internationaux- Lois et Décrets, Arrêtés, Décisions, Avis, Communication, Avis, Communication et Annonces. N° 39.32.

JOURNALOFFICIELN°08 (2013). Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire. Conventions et Accords Internationaux- Lois et Décrets, Arrêtés, Décisions, Avis, Communication, Avis, Communication et Annonces. N°08, 35.

JOURNALOFFICIELN°35 (2013). Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire. Conventions et Accords Internationaux- Lois et Décrets, Arrêtés, Décisions, Avis, Communication, Avis, Communication et Annonces. N°35, 24.

K

KAREL, K., JOSEF G., and Jr, P. (2008). *Handbook of cereal science and technology*. . . , New York. Marcel Dekker Inc.

Karima, L., Valerie, G., Stéphane, W., and Valerie, M. (2021). La structure des pâtes influence-t-elle leurs propriétés nutritionnelles ? , 29.

Khosroshahi, E. D., and Razavi, S. H. (2022). Wheat germ valorization by fermentation: A novel insight into the stabilization, nutritional/functional values and therapeutic potentials with emphasis on anti-cancer effects. *Trends in Food Science & Technology*.

Kumar, P., Yadava, R., Gollen, B., Kumar, S., Verma, R. K., and Yadav, S. (2011). Nutritional contents and medicinal properties of wheat: a review. *Life Sciences and Medicine Research* 22, 1-10.

L

Laleg, K., Greffeuille, V., Walrand, S., and Micard, V. (2019). Modifier la structure des pâtes par la formulation et le procédé influence-t-elle leur métabolisme?

Lamacchia, C., Di Luccia, A., Baiano, A., Gambacorta, G., La Gatta, B., Pati, S., and La Notte, E. (2007). Changes in pasta proteins induced by drying cycles and their relationship to cooking behaviour. *Journal of Cereal Science* 46, 58-63.

Légifrance (1997). Décret n°55-1175 du 31 août 1955 pris pour l'application de la loi du 1er août 1905 sur la répression des fraudes, en ce qui concerne les pâtes alimentaires., 4.

Li, Bo., Zhao, L., Chen, H., Sun, D., Deng, B., Li, J., Liu, Y., and Wang, F. (2016). Inactivation of lipase and lipoxigenase of wheat germ with temperature-controlled short wave

infrared radiation and its effect on storage stability and quality of wheat germ oil. *PLoS One* 11,167330.

Lowry , O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L., and Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *Biol chem* 193 (1).

Lukas, R., Gigliotti, J., Smith, B. J., and Altman, S. (2014). Essential fatty acids and cardiovascular disease: a case for omega-3 fatty acids. *Pharmacological Research* 90.

M

Megahed, M. G. (2011). Study on stability of wheat germ oil and lipase activity of wheat germ during periodical storage. *Agric Biol JN Am* 2, 163-168.

Menasria , F. E. Z., and Seraiche, C. (2022). Analyse physico-chimique et technologique de la semoule de deux types de blé dur local et importé à l'unité Agro-div Hodna-M'sila.

Milde, L. B., Rivero, D. A., Chigal, P. S., Zubreski, E., Chade, M., and Brumovsky, L. A. (2021). Changes in the physical, textural and chemical properties of the enriched pasta elaborated with cassava starch. *International Journal of Gastronomy and Food Science* 25, 100396.

Mohammadi-Sartang, M., Mazloom, Z., Raeisi-Dehkordi, H., Barati-Boldaji, R., and Bellissimo, N. (2018). The effect of wheat germ and its components on the prevention or treatment of metabolic syndrome, type 2 diabetes, and cardiovascular disease. *Journal of Research in Medical Sciences*.

O

Ovando-Martínez, S., Sáyago-Ayerdi, A. S., Agama-Acevedo, E., Osorio-Díaz, M. A., and Bello-Pérez, J. A. (2010). Structural, thermal, and retrogradation properties of pasta from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)." *Food Chemistry* 119 (3).

Oyeyinka, S. A., Adepegba, A. A., Oyetunde, T. T., Oyeyinka, A. T., Olaniran, A. F., Iranloye, Y. M., Olagunju, O. F., Manley, M., Kayitesi, E., and Njobeh, P. B. (2021). Chemical, antioxidant and sensory properties of pasta from fractionated whole wheat and Bambara groundnut flour. *LWT* 138, 110618.

P

Petitot, M., Boyer, L., Minier, C., and Micard, V. (2010). Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. *Food Research International* 43, 634-641.

Petitot, M., Brossard, C., Barron, C., Larré, C., Morel, M.-H., and Micard, V. (2009). Modification of pasta structure induced by high drying temperatures. Effects on the in vitro

digestibility of protein and starch fractions and the potential allergenicity of protein hydrolysates. *Food Chemistry* 116, 401-412.

Pinarli , I., Ibanoglu, S., and Oner, M. D. (2004). Effect of storage on the selected properties of macaroni enriched with wheat germ *Journal of Food Engineering*.

Piras, A., Rosa, A., Falconieri, D., Porcedda, S., Dessì, M. A., and Marongiu, B. (2009). Extraction of oil from wheat germ by supercritical CO₂. *Molecules* 14, 2573-2581.

R

Ryan, E., and Khoo, W. (2019). Wheat bran: its composition and benefits to health, a European perspective. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 70(2).

S

S.I.F.P.A.F (2012). "Syndicat des industriels fabricants de pâtes alimentaires de France. Guide de bonne pratique d'hygiène et d'application des principes HACCP dans l'industrie de la semoulerie de blé dur".

Saulnier, L., and Micard, V. (2012). Impact de la structure de l'aliment sur les propriétés nutritionnelles et l'acceptabilité du pain et des pâtes. *Innovations Agronomiques* 19, 63-74.

Serventi, S., and Sabban, F. (2002). "Pasta: The story of a universal food," Columbia University Press.

Shewry, P. (2009). The HEALTHGRAIN programme opens new opportunities for improving wheat for nutrition and health. *Wiley Online Library*.

Sicile, L. R. d. (2020). CAHIER DES CHARGES DE PRODUCTION «BLÉ DUR ET PRODUITS DÉRIVÉS» «Qualité garantie par la Région de Sicile». «Règle technique» annexe A de l'arrêté du directeur général n° 27 du 23.1.2020, 29.

Simmond., D., H (1989). *Inherent Quality Factors in Wheat, Wheat and Wheat Quality in Australia*.

Singh, H., and MacRitchie, F. (2004). Changes in proteins induced by heating gluten dispersions at high temperature. *Journal of Cereal Science* 39, 297-301.

Sissons, M. (2008). Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. *Food* 2, 75-90.

Sjövall, O., Virtalaine, T., Lapveteläinen, A., and Kallio, H. (2000). Development of rancidity in wheat germ analyzed by headspace gas chromatography and sensory analysis. *Journal of agricultural and food chemistry* 48, 3522-3527.

Souci S.W., F. W., Kraut H (1995). "la compositions des aliments, tableau des valeurs nutritives," 3eme édition/Ed., France.

Soxhlet, F. (1879). Die gewichtsanalytische Bestimmung des Milchefttes. Dingers polytechnische journal 232.

Srivastava, A. K., Sudha, M., Baskaran, V., and Leelavathi, K. (2007). Studies on heat stabilized wheat germ and its influence on rheological characteristics of dough. *European Food Research and Technology* 224, 365-372.

Staron, T. (1983). Les nouvelles sources de proteines comestibles et les produits toxiques eventuellement presents dans les aliments.

SURGET, A., and BARRON, C. (2005). Histologie du grain de blé. *Industries des céréales*, 3-7.

Sykut-Domańska, E., Zarzycki, P., Sobota, A., Teterycz, D., Wirkijowska, A., Blicharz-Kania, A., Andrejko, D., and Mazurkiewicz, J. (2020). The potential use of by-products from coconut industry for production of pasta. *Journal of Food Processing and Preservation* 44, e14490.

T

Teixeira , J. A. L., Cerqueira , L. A., Meireles , F. J. A., and Gonçalves, N. (2017). "Influence of pasta composition on texture and microstructure: A review.". *Food Research International*, 97.

Tiwari, U., and Pojić, M. (2020). Introduction to Cereal Processing: Innovative Processing Techniques. *Innovative Processing Technologies for Healthy Grains*, 9-35.

TREMOLIERES, J., SERVILLE, Y., JACQUOT, R., and DUPIN, H. (1984). *Manuel d'alimentation humaine. Tome 2. Les aliments. 9 e édition revue.*

U

Ugrinovits, M., Arrigoni, E., Dossenbach, A., Haberli, G., Hanich, H., Rychener, M., Thorman, M., and Stalder, U. (2004). Céréales, produits de l'industrie meunière, prémélanges pour mélange de farine, farines instantanées. *manuel suisse des denrées alimentaires. Chapitre 14*, 1-15.

Umair Arshad, A., Surryia, Z. F., Anjum, M., Tahir , Z., and Haq , N. (2008). Nutritive Value of Cookies Containing Wheat Germ Oil. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences* 6 (2), 127-134.

V

Van Hung, P., Yamamori, M., and Morita, N. (2005). Formation of enzyme-resistant starch in bread as affected by high-amylose wheat flour substitutions. *Cereal chemistry* 82, 690-694.

X

Xu, B., Zhou, S.-L., Miao, W.-J., Gao, C., Cai, M.-J., and Dong, Y. (2013). Study on the stabilization effect of continuous microwave on wheat germ. *Journal of Food Engineering* 117, 1-7.

Z

Zemmouchi , R. K., and SAOUD , A. (2016). Valorisation du lactosérum :Incorporation dans des pâtes alimentaires, Université 8 Mai 1945 Guelma, Alger.

Zettal, Y. (2017). Le blé: importance, santé et risque.Master 02, Frères de Mentouri Constantine, Constantine.

Annexes

Annexe n°01

- ❖ La teneur en eau
- Mode opératoire

34	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 08	25 Rabie El Aouel 1434 6 février 2013
<p style="text-align: center;">Arrête :</p> <p>Article 1er. — En application des dispositions de l'article 19 du décret exécutif n° 90-39 du 30 janvier 1990, modifié et complété, susvisé, le présent arrêté a pour objet de rendre obligatoire la méthode de détermination de la teneur en eau dans les céréales et produits céréaliers.</p> <p>Art. 2. — Pour la détermination de la teneur en eau dans les céréales et produits céréaliers, les laboratoires du contrôle de la qualité et de la répression des fraudes et les laboratoires agrés à cet effet doivent employer la méthode jointe en annexe du présent arrêté.</p> <p>Cette méthode doit être utilisée par le laboratoire lorsqu'une expertise est ordonnée.</p> <p>Art. 3. — Le présent arrêté sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p> <p>Fait à Alger, le 13 Rabie El Aouel 1433 correspondant au 6 février 2012.</p> <p style="text-align: center;">----- Mustapha BENBADA.</p> <p style="text-align: center;">ANNEXE</p> <p style="text-align: center;">METHODE DE DETERMINATION DE LA TENEUR EN EAU DANS LES CEREALES ET PRODUITS CEREALISERS</p> <p style="text-align: center;">(Méthode pratique avec ou sans broyage et sans conditionnement)</p> <p>1. DEFINITION</p> <p>La teneur en eau est la perte de masse, exprimée en pourcentage, subie par le produit dans les conditions décrites dans la présente méthode.</p> <p>2. PRINCIPE</p> <p>Séchage du produit à une température comprise entre 130°C et 133°C, à pression atmosphérique normale, après broyage éventuel du produit.</p> <p>3. APPAREILLAGE</p> <p>3.1 Balance analytique</p> <p>3.2 Broyeur correspondant aux caractéristiques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> — construit en matériau n'absorbant pas d'humidité ; — permettant un broyage rapide et uniforme, sans provoquer d'échauffement sensible du produit et en évitant au maximum le contact avec l'air extérieur ; — pouvant être réglé de manière à obtenir pour les particules des dimensions adéquates. 	<p>3.3 Capsule métallique, non attaquable dans les conditions de l'essai (ou à défaut, capsule en verre thermorésistant), munie d'un couvercle suffisamment étanche et de surface utile permettant d'obtenir une répartition homogène et sans tassement de la prise d'essai (par exemple diamètre de 50 mm et hauteur de 30 mm).</p> <p>3.4 Etuve isotherme, à chauffage électrique, réglée de façon que la température de l'air et des plateaux porte échantillons, au voisinage des prises d'essai, soit comprise entre 130°C et 133°C en régime normal.</p> <p>L'étuve doit avoir une capacité calorifique, telle que réglée préalablement à une température de 131°C, elle puisse atteindre à nouveau cette température, moins de 45 min (de préférence moins de 30 min) après la mise en place du nombre maximal de prises d'essai pouvant sécher simultanément.</p> <p>L'efficacité de la ventilation doit être déterminée à l'aide d'une semoule de blé dur, ayant 1 mm de dimension maximale des particules comme matériau d'essai. La ventilation doit être telle, après insertion du nombre maximal de prises d'essai que l'étuve peut recevoir et séchage à une température comprise entre 130°C et 133°C, les résultats après des périodes de chauffage des mêmes prises d'essai durant 2 h, puis durant 1 h supplémentaire, ne présentent pas entre eux d'écart supérieur à 0,15 g d'eau par 100 g d'échantillon.</p> <p>3.5 Thermomètre à mercure pour le contrôle de la température à l'intérieur de l'étuve.</p> <p>3.6 Dessiccateur à plaque métallique ou en porcelaine épaisse perforée contenant un agent déshydratant efficace.</p> <p>3.7 Pince métallique</p> <p>4. MODE OPERATOIRE</p> <p>4.1 Nombre de déterminations</p> <p>Effectuer deux déterminations sur le même échantillon pour laboratoire.</p> <p>4.2 Préparation des capsules</p> <p>Avant utilisation, les capsules découvertes et leurs couvercles doivent :</p> <ul style="list-style-type: none"> — sécher à l'étuve durant 15 min à 130°C, — refroidir dans le dessiccateur jusqu'à la température du laboratoire (entre 30 min et 45 min). <p>4.3 Préparation de l'échantillon pour essai</p> <p>4.3.1 Produits ne nécessitant pas de broyage</p> <p>Les produits qui n'ont pas de particules de dimensions supérieures à 1,7 mm, et dont moins de 10 % (m/m) sont supérieures à 1 mm et plus de 50 % (m/m) inférieures à 0,5 mm, n'ont pas besoin d'être broyés avant la détermination.</p>	

4.3.2 Produits nécessitant un broyage

Les produits ne correspondant pas aux caractéristiques granulométriques mentionnées en (4.3.1) doivent être broyés.

Pour cela, opérer comme suit :

- régler le broyeur (3.2) de manière à obtenir les caractéristiques granulométriques désirées puis broyer une petite quantité de l'échantillon pour laboratoire et la rejeter ;

- broyer ensuite, rapidement une quantité de l'échantillon de manière à avoir une prise d'essai d'environ 5 g.

4.4 Prise d'essai**4.4.1 Produit ne nécessitant pas de broyage**

Peser rapidement, à 1 mg près, une quantité de substance d'environ 5 g dans la capsule (3.3) tarée, couvercle compris à 1 mg près.

4.4.2 Produits nécessitant un broyage

Verser la totalité de la mouture obtenue dans la capsule tarée comme (4.4.1). Adapter rapidement le couvercle et peser à 1 mg près.

REMARQUES

- avant d'effectuer le prélèvement sur l'échantillon de laboratoire il est nécessaire de bien l'homogénéiser ;

- il faut manipuler les capsules à l'aide de la pince (3.7) et non avec les doigts.

4.5 Déshydratation

Introduire la capsule découverte contenant la prise d'essai et son couvercle dans l'étuve (3.4) et les y laisser séjourner pendant 2 heures (90 min dans le cas des farines), temps compté à partir du moment où la température de l'étuve est à nouveau comprise entre 130°C et 133°C.

Le temps d'étuvage écoulé, retirer rapidement la capsule de l'étuve et la placer dans le dessiccateur (3.6) où elle restera jusqu'à atteindre la température du laboratoire (en général entre 30 et 45 min). La peser ensuite à 1 mg près.

REMARQUES

- ne jamais introduire de produits humides dans une étuve contenant des prises d'essai en fin de déshydratation, cela aurait pour conséquence de réhydrater partiellement ces dernières ;

- dans le cas d'essais en série, ne jamais superposer les capsules dans le dessiccateur.

5. EXPRESSION DES RESULTATS**5.1 Mode de calcul et formules**

La teneur en eau exprimée en pourcentage en masse du produit telle qu'elle est donnée par la formule ci-après :

$$\frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100$$

où :

m₀ est la masse, en grammes, de la capsule et de son couvercle ;

m₁ est la masse, en grammes, de la capsule, du couvercle et de la prise d'essai avant séchage ;

m₂ est la masse, en grammes, de la capsule, du couvercle et de la prise d'essai après séchage.

5.2 RESULTAT

Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des valeurs obtenues des deux déterminations si les conditions de répétabilité (5.3) le permettent. Dans le cas contraire, recommencer les déterminations. Arrondir le résultat à 0.05% près.

5.3 REPETABILITE

La différence entre les résultats des deux déterminations (4.1), effectuées simultanément ou rapidement l'une après l'autre par le même analyste, ne doit pas excéder 0.15 g d'eau pour 100 g d'échantillon.

➤ Le germe de blé



➤ Semoule complète



➤ Tlitli complet



➤ Tlitli complet avec 3% de germe de blé



➤ Tlitli complet avec 10% de germe de blé



Annexe n°02

❖ Le taux de cendre

▪ Mode opératoire

28 Chaâbane 1434 7 juillet 2013	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 35	17
<p>7.2 Résultat</p> <p>Faire le calcul avec 4 décimales.</p> <p>Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des deux déterminations si les conditions de répétabilité (voir 7.3) sont remplies. Dans le cas contraire, refaire l'essai en double.</p> <p>Exprimer le résultat à 0,001 % (m/m) près.</p> <p>7.3 Répétabilité</p> <p>La différence entre les résultats des deux déterminations (voir 6.1) effectuées simultanément ou rapidement l'une après l'autre par le même analyste ne doit pas dépasser 0,002 g d'acide sulfurique pour 100 g de matière sèche.</p>	<p>Art. 3. — Le présent arrêté sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p> <p>Fait à Alger, le 16 Rajab 1433 correspondant au 6 juin 2012.</p> <p style="text-align: right;">Mustapha BEN BADA</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p style="text-align: center;">ANNEXE</p> <p style="text-align: center;">METHODE DE DOSAGE DU TAUX DE CENDRES PAR INCINERATION DANS LES CEREALES, LEGUMINEUSES ET PRODUITS DERIVES.</p> <p>La présente méthode spécifie une technique de dosage des cendres dans les céréales, les légumineuses et leurs produits de mouture destinés à l'alimentation humaine.</p> <p>Les matériaux et produits sources sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> a) les graines de céréales ; b) les farines et les semoules ; c) les produits de mouture (sons et produits à forte teneur en son, remoulages) ; d) les farines de céréales composées ; e) les produits dérivés des céréales autres que les produits de mouture ; f) les légumineuses et leurs produits dérivés. <p>La présente méthode n'est applicable ni aux amidons et produits dérivés des amidons, ni aux produits destinés à l'alimentation animale, ni aux semences.</p>	
<p style="text-align: center;">-----★-----</p> <p>Arrêté du 16 Rajab 1433 correspondant au 6 juin 2012 rendant obligatoire la méthode de dosage du taux de cendres par incinération dans les céréales, légumineuses et produits dérivés.</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p>Le ministre du commerce,</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Etania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 90-39 du 30 janvier 1990, modifié et complété, relatif au contrôle de la qualité et à la répression des fraudes ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 02-453 du 17 Chaoual 1423 correspondant au 21 décembre 2002 fixant les attributions du ministre du commerce ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 05-465 du 4 Dhou EL Kaada 1426 correspondant au 6 décembre 2005 relatif à l'évaluation de la conformité ;</p>	<p>1. Définition</p> <p>Pour les besoins de la présente méthode la définition suivante s'applique :</p> <p>Cendres : résidu incombustible obtenu après incinération selon la technique décrite dans la présente méthode.</p> <p>2. Principe</p> <p>Incinération d'une prise d'essai jusqu'à combustion complète des matières organiques puis pesée du résidu obtenu. Le résidu obtenu est floconneux après incinération à 550 °C et vitrifié après incinération à 900 °C. De façon générale, les produits contenant des sels (chlorure de sodium, pyrophosphate par exemple) doivent être incinérés à (550 ± 10) °C.</p> <p>Le Tableau ci-après résume les températures d'incinération à utiliser en fonction des produits.</p>	
<p>Arrête :</p> <p>Article 1er. — En application des dispositions de l'article 19 du décret exécutif n° 90-39 du 30 janvier 1990, modifié et complété, susvisé, le présent arrêté a pour objet de rendre obligatoire la méthode de dosage du taux de cendres par incinération dans les céréales, légumineuses et produits dérivés.</p> <p>Art. 2. — Pour le dosage du taux de cendres par incinération dans les céréales, légumineuses et produits dérivés, les laboratoires du contrôle de la qualité et de la répression des fraudes et les laboratoires agréés à cet effet doivent employer la méthode jointe en annexe du présent arrêté ;</p> <p>Cette méthode doit être utilisée par le laboratoire lorsqu'une expertise est ordonnée.</p>		

Températures d'incinération et type de produits.

Type de produits	Températures d'incinération	
	(550 ± 10) °C	(900 ± 25) °C
Farines	(550 ± 10) °C	(900 ± 25) °C
Semoules	(550 ± 10) °C	(900 ± 25) °C
Graines de céréales	(550 ± 10) °C	(900 ± 25) °C
Autres produits de mouture (par exemple sons, produits à forte teneur en sons, remoulages)	(550 ± 10) °C	—
Préparations composées à base de céréales	(550 ± 10) °C	—
Produits dérivés des céréales autres que les produits de mouture	(550 ± 10) °C	—
Légumineuses et leurs produits dérivés	(550 ± 10) °C	—

3. Réactifs

Sauf indication contraire, utiliser uniquement des réactifs de qualité analytique reconnue et de l'eau distillée ou de l'eau déminéralisée ou de pureté équivalente.

3.1 Acide chlorhydrique, solution aqueuse, mélange à part égale d'HCl (fraction volumique 35 %) et d'eau.

3.2 Pentoxyde de diphosphore, purifié (P₄O₁₀).

3.3 Éthanol.

4. Appareillage

4.1 Broyeur, facile à nettoyer et ayant un espace mort aussi réduit que possible et apte à assurer un broyage rapide et uniforme.

4.2 Capsule à incinération, de capacité au moins égale à 20 ml, de forme rectangulaire ou circulaire, à fond plat et ayant une surface utile au moins égale à 12 cm². Des matériaux appropriés inaltérables dans les conditions de température de l'essai sont les suivants :

- a - à 900 °C - platine ou rhodium ;
- b - à 550 °C - quartz ou silice ;

Dans les deux cas, le matériau utilisé doit permettre de respecter les valeurs de fidélité.

Les capsules doivent être nettoyées par immersion complète pendant au moins 1 h dans une solution aqueuse d'acide chlorhydrique (3.1) puis rincée à l'eau courante et ensuite à l'eau distillée.

Après rinçage, les nacelles en quartz ou en silice doivent être séchées dans une étuve (4.7) pendant le temps nécessaire à l'élimination de l'eau.

4.3 Four à moufle électrique, avec circulation d'air adéquate, comportant un système de réglage de la température et une enceinte réfractaire non susceptible de perdre des particules à la température d'incinération, et pouvant être réglé à (900 ± 25) °C ou à (550 ± 10) °C.

4.4 Dessiccateur à robinet, muni d'une plaque perforée en aluminium ou en porcelaine, et garni de pentoxyde de diphosphore (3.2) comme déshydratant.

4.5 Balance analytique, avec une précision de 0,01 mg.

4.6 Diviseur à rifles ou conique.

4.7 Etuve, pour le séchage des capsules à incinération.

5. Échantillonnage

Il est important que le laboratoire reçoive un échantillon réellement représentatif, non endommagé ou modifié lors du transport et de l'entreposage.

6. Préparation de l'échantillon pour essai

Pour les graines ou les produits contenant des graines entières, homogénéiser et diviser l'échantillon pour obtenir une quantité représentative et compatible avec le type de broyeur (4.1) utilisé. Broyer l'échantillon ainsi obtenu. Les autres produits ne nécessitent pas de broyage.

7. Mode opératoire**7.1 Détermination de la teneur en eau**

Procéder préalablement à la détermination de la teneur en eau de l'échantillon pour essai pour les céréales autres que le maïs ou les légumineuses. Il est recommandé de traiter les légumineuses et leurs dérivées avec un temps de séchage de 90 min et un préconditionnement si la fraction massique de l'eau est inférieure à 7 % ou supérieure à 13 %.

7.2 Préparation des capsules à incinération

Pour les capsules à incinération convenant pour l'essai à 900 °C, (4.2), les porter préalablement nettoyées à la température d'incinération utilisée en les plaçant dans le four à moufle (4.3) pendant 5 min, les laisser refroidir dans le dessiccateur (4.4) puis les peser (4.5) à 0,1 mg près.

Pour les capsules à incinération convenant pour l'essai à 550 °C, les nettoyer et les placer dans une étuve (4.7) durant le temps nécessaire au séchage (par exemple 90 min à 130 °C). Immédiatement avant emploi, sortir les capsules de l'étuve et les laisser refroidir dans un dessiccateur (4.4) puis les peser (4.5) à 0,1 mg près.

7.3 Préparation de la prise d'essai

À partir de l'échantillon pour essai préparé selon (6) et soigneusement homogénéisé, peser (4.5) rapidement à 0,1 mg près une prise d'essai comprise entre 3,9 g et 4,1 g dans le cas d'une incinération à 900 °C et entre 4,9 g et 5,1 g dans le cas d'une incinération à 550 °C. Dans le cas des produits à faible densité, la prise d'essai peut être comprise entre $(2 \pm 0,1)$ g et $(3 \pm 0,1)$ g. Dans la capsule à incinération préparée et tarée comme décrit en (7.2), répartir le produit, sans le tasser, en une couche uniforme.

7.4 Préincinération

Placer la capsule et son contenu à l'entrée du four porté à la température d'incinération. A 900 °C, les produits s'enflamment spontanément. A 550 °C, il est nécessaire d'ajouter de l'éthanol (3.3) pour les enflammer. Pour une préincinération à 550 °C, il est permis d'introduire les nacelles dans le four froid et de laisser le four monter en température.

7.5 Incinération

Attendre que le produit ait fini de brûler puis introduire la capsule à l'intérieur du four. Fermer la porte du four. Poursuivre l'incinération jusqu'à combustion complète du produit, y compris des particules charbonneuses contenues dans le résidu, soit 1 h après la remontée du four à 900 °C, et 4 h minimum à 550 °C.

Une fois l'incinération terminée, retirer la capsule du four, et la mettre à refroidir dans le dessiccateur (4.4). Pour maintenir l'efficacité du dessiccateur, ne pas superposer les capsules. Dès que la capsule a atteint la température ambiante (soit 15 min à 20 min pour les capsules en platine et 60 min à 90 min minimum pour les capsules en quartz ou en silice), peser à 0,1 mg près et rapidement en raison du caractère hygroscopique des cendres.

Dans le cas de l'incinération à 550°C, des précautions particulières doivent être prises à l'entrée d'air et lors de l'ouverture du dessiccateur pour ne pas entraîner les résidus floconneux.

7.6 Nombre de déterminations

Effectuer au moins deux déterminations sur le même échantillon pour essai.

8. Expression des résultats

Le taux de cendre, en fraction massique par rapport à la matière sèche exprimé en pourcentage, est donné par l'équation (1) :

$$w_{a,d} = (m_2 - m_1) \times \frac{100}{m_0} \times \frac{100}{100 - w_m} \quad (1)$$

Où :

m_0 : est la masse, en grammes, de la prise d'essai (7.3) ;

m_1 : est la masse, en grammes, de la capsule d'incinération (7.2) ;

m_2 : est la masse, en grammes, de la capsule d'incinération (7.2) et du résidu d'incinération (7.5) ;

w_m : est la teneur en eau, en pourcentage par masse, de l'échantillon (7.1) ;

Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des deux déterminations si les conditions de répétabilité (9) sont remplies.

Exprimer le résultat à 0,01 % (par masse) près.

Si besoin est, le taux de cendre, en fraction massique par rapport à la matière humide exprimé en pourcentage, $w_{a,w}$ est donné par l'équation (2) :

$$w_{a,w} = (m_2 - m_1) \times \frac{100}{m_0} \quad (2)$$

9. Répétabilité

La différence absolue entre deux résultats d'essai individuels indépendants, obtenus à l'aide de la même méthode sur un matériau identique soumis à l'essai dans le même laboratoire par le même opérateur utilisant le même appareillage et dans un court intervalle de temps, ne dépassera pas plus de 5 % des cas.

Le germe de blé						
Semoule complète						
Tliti complet						
Tliti complet avec 3% de germe de blé						
Tliti complet avec 10% de germe de blé						



Annexe n°03

▪ Dosage des protéines brutes Mode opératoire (Lowry et al., 1951)

1. Gamme étalon : Gamme étalon a été faite avec la solution albumine bovine préparée par à 25mg par 100 ml d'eau distillée, on utilise la même solution que pour doser les échantillons.
2. Broyer 1g de l'échantillon +25 ml l'eau physiologie avec un mortier sous un accumulateur de glace pour préserver les protéines puis filtrer. Solution X.
3. 1ml de solution X dans un Bécher de 100ml et compléter avec l'eau distillée au ajustant jusqu'à 100 ml. Solution Y.
4. Prendre les tubes et mettre 1ml de solution Y dans chaque tube (préserver à 4C° pour ne pas dénaturer les protéines).
5. Réactif de Lowry (A+B) :

Solution A	1g de la soude (NaOH) + 5g de bicarbonate de sodium (Na ₂ CO ₃) compléter avec l'eau distillée jusqu'à 250ml
Solution B	0.125g de Copper de sulfate (CuSO ₄) + 0.25g de tartrate double N+, K+ compléter avec l'eau distillée jusqu'à 25 ml.

Le réactif de Lowry est composé de solution C (50ml de solution A+ 5ml de solution B) à mélanger au moment de la manipulation.

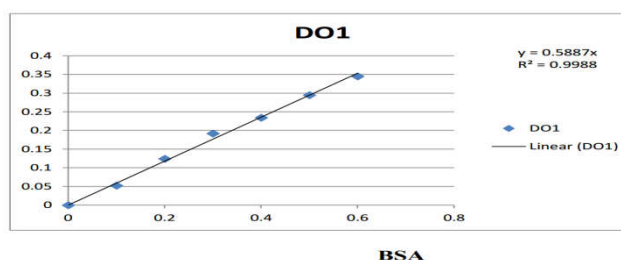
- Prendre 6 tubes pour la préparation de BSA (courbe d'étalonnage)
- Et prendre 4 tubes pour les solutions à doser : 1ml de solution Y + 5ml de réactif de Lowry (pour chaque tube), agiter et laisser 10minutes puis ajouter 0.5ml du folin-ciocalteu dilué à moitié (5ml de folin +5ml l'eau distillée). Agiter avec le vortex et laisser 30 min à l'obscurité au réfrigérateur.

Lecture à spectrophotomètre à 600 nm.

Expression des résultats déterminer la concentration de l'échantillon à partir de la droite d'étalonnage et de la densité optique (DO) mesurée par la formule suivante : $Y = aX + b$

Avec : **Y** : Densité optique **X** : Concentration de l'échantillon **a** : Constante **b** : Constante

La courbe d'étalonnage :





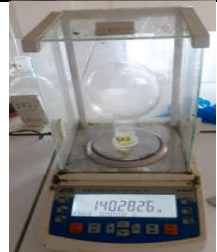

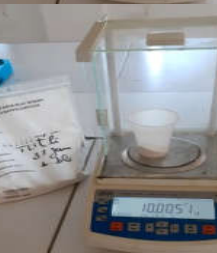




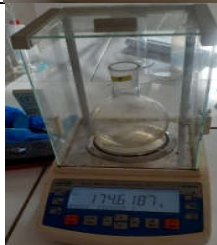


Annexe n°04

❖ Dosage des lipides totaux

▪ Mode opératoire(Soxhlet, 1879)

1. Placer, dans l'appareil à extraction la cartouche contenant la prise d'essai broyée 10g.
2. Verser dans le ballon la quantité nécessaire 300ml de solvant (Hexane, éther de pétrole).
3. Adapter le ballon à l'appareil à extraction sur le bain à chauffage électrique.
4. Après une extraction d'une durée de 6h ou 4h, éteindre l'appareil et laisser refroidir.
5. Eliminer le solvant par évaporation dans un rotavapeur et peser le ballon contenant le résidu des graisses.

Germe de blé			
Tliti complet			
Tliti complet avec 3% de germe de blé			
Tliti complet avec 10% de germe de blé			



Annexe n°05

❖ Granulométrie

▪ Mode opératoire (AFNOR NF 03-721)











Méthode de détermination du taux d'affleurement des semoules de blé dur. Il s'applique aux échantillons de semoule de blé dur obtenue uniquement par mouture sans agglomération ultérieure ayant une teneur en eau supérieure à 10%.



Annexe n°06

❖ **Indice de couleur**▪ **Mode opératoire**

La mesure est fait avec un chroma mètre de type KONICA MINOLTA CR-410. Une quantité de semoule a été posé dans une baguette en plastique jusqu'au remplissage ; en utilisant une plaque en verre pour rendre la surface de semoule, puis placer le tube de projection sur la baguette en plastique et le chroma- mètre sur le tube, enfin appuyer sur la touche « mesurer». Le résultat est affiché directement sur l'écran de l'appareil.

Germe de blé		
La semoule complète		
Tlitli complet		
Tlitli complet avec 3% de germe de blé		
Tlitli complet +10% de germe de blé		

Annexe n°07

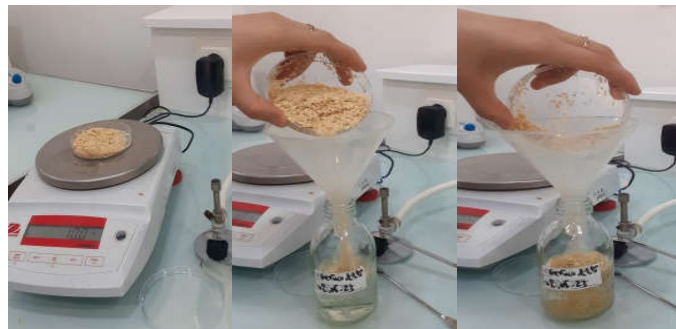
❖ **Les analyses microbiologiques**

1- Préparation de la solution mère

➤ **Semoule complète**



➤ **Germe de blé**



➤ **Tlitli complet avec 3% de germe de blé**




➤ **Tlitli complet avec 10% de germe de blé**



2- Recherche et dénombrement des moisissures

▪ Mode opératoire

	MODES OPERATOIRES	Code : MOP-CQU-02
		Version : 00
	RECHERCHE ET DENOMBREMENT DES LEVURES ET DES MOISSURES	Date: 01 Mars 2018
		Page : 1 sur 2

1- DOMAINE DE REFERENCE :

La norme NA 1210 (ISO 7954) Microbiologie – Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures – Technique par comptage des colonies à 25 °C .

2- MODE OPERATOIRE :

A partir des dilutions décimales, 10^{-3} à 10^{-1} , porter aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de pétri contenant de la gélose OGA ou Sabouraud au Chloramphénicol. Etaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile, puis incubé à 25°C pendant 5 jours. Dans le souci de ne pas se trouver en face de boîtes envahies soit par les Levures soit par les Moisissures, on doit effectuer des lectures et des dénombrements tous les jours, Levures à part et les Moisissures à part.

Remarques importantes :


- Opérer de la même façon et dans les mêmes conditions, avec le diluant (TSE), c'est-à-dire qu'il faut prendre quatre gouttes du diluant, les étaler avec un râteau à part et les incubé dans le même endroit que les boîtes tests, cette boîte constitue le témoin diluant.
- Incuber telle quelle, une boîte du milieu utilisé à savoir OGA ou Sabouraud, cette dernière sera incubée également telle quelle dans le même endroit et dans les mêmes conditions de température, elle constitue le témoin du milieu.
- Au moment de la lecture, commencer obligatoirement par les deux boîtes témoin milieu et diluant, si l'une d'entre elles est contaminée, l'analyse est ininterprétable donc à refaire.

Interprétation des résultats :

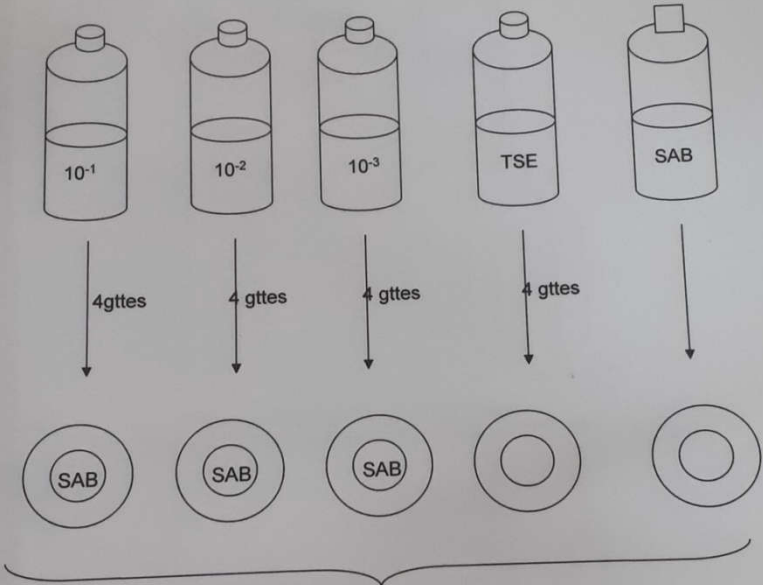
- Etant donné d'une part, qu'on a pris 4 gouttes des dilutions décimales,
- Etant donné d'autre part, qu'on considère que dans 1 ml, il y a 20 gouttes,
- Pour revenir à 1 ml, il faut multiplier le nombre trouvé par 5.
- Par ailleurs, étant donné qu'on a travaillé avec des dilutions décimales, on doit multiplier le nombre trouvé par l'inverse de la dilution correspondante, faire ensuite la moyenne arithmétique, puis exprimé le résultat final en ml ou en gr de produit à analyser.

Ce document est la propriété de SOSEMIE, il ne peut être reproduit sans son autorisation

COPIE ORIGINALE

	MODES OPERATOIRES	Code : MOP-CQU-02
	RECHERCHE ET DENOMBREMENT DES LEVURES ET DES MOISSISSURES	Version : 00
		Date : 01 Mars 2018
		Page : 2 sur 2

A partir des dilutions décimales :



25°C, 5 jours, avec lecture tous les jours.


Ce document est la propriété de SOSEMIE, il ne peut être reproduit sans son autorisation

COPIE ORIGINALE



3- Recherche des anaérobies Sulfito-réducteur

▪ Mode opératoire

	MODES OPERATOIRES	Code : MOP-CQU-03
	RECHERCHE DES ANAEROBIES SULIFTO-REDUCTEURS	Version : 00
		Date: 01 Mars 2018
		Page : 1 sur 2

1- DOMAINE DE REFERENCE :
La norme NA 15157 (ISO 7937 : 1997) Microbiologie des aliments –Méthode horizontale pour le dénombrement de clostridium perfringens –Technique par comptage des colonies.

2-MODE OPERATOIRE :

La recherche de Clostridium perfringens se fait selon la méthode suivante :

- Méthode générale sur gélose Viande Foie .

Au moment de l'emploi faire fondre un flacon de gélose Viande foie, le refroidir dans un bain d'eau à 45°C puis ajouter une ampoule d'Alun de Fer et une ampoule de sulfite de sodium.

Mélanger soigneusement et aseptiquement.
Le milieu est ainsi prêt à l'emploi, mais il faut le maintenir dans une étuve à 45°C jusqu'au moment de l'utilisation.

Ensemencement.
Les tubes contenant les dilutions 10⁻² et 10⁻¹ seront soumis :

- D'abord à un chauffage à 80°C pendant 8 à 10 minutes,
- Puis à un refroidissement immédiat sous l'eau de robinet, dans le but d'éliminer les formes végétatives et de garder uniquement les formes sporulées.

A partir de ces dilutions, porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution en double dans deux tubes à vis stériles de 16 mm de diamètre, puis ajouter environ 15 ml de gélose Viande Foie prête à l'emploi, dans chaque tube.

Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes.

Incubation.
Ces tubes seront ainsi incubés à 46°C pendant 16, 24 ou au plus tard 48 heures.

Lecture.
La première lecture doit se faire impérativement à 16 heures, car,


- D'une part les colonies de Clostridium Sulfito-réducteurs sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant alors l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse est à refaire.
- D'autre part, il faut absolument repérer toute colonie noire ayant poussé en masse et d'un diamètre supérieur à 0,5 mm.

Dans le cas où il n'y a pas de colonie caractéristique ré-incuber les tubes et effectuer une deuxième lecture au bout de 24 heures voire 48 heures.

Interprétation des résultats.
Il est donc impératif de repérer toute colonie noire, puis procéder à son identification biochimique.
Certains auteurs préconisent de casser le tube à l'aide d'une lime métallique à 1 cm au dessus de la colonie suspecte et de prendre le centre de la dite colonie, car très souvent il y a développement de colonies de Staphylocoques et de Bacillus à côté, qu'on prendrait à tort pour des colonies de Clostridium Sulfito-réducteur.

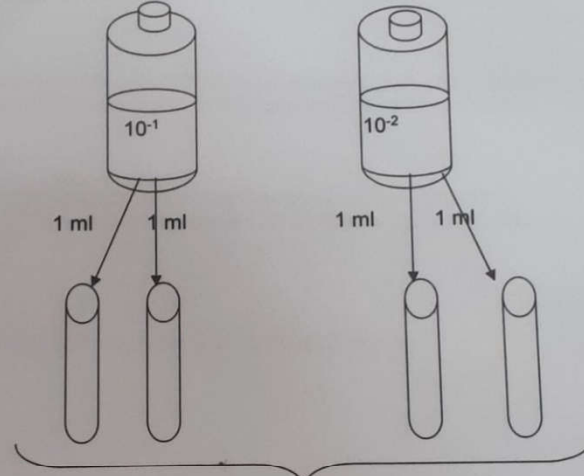
Ce document est la propriété de SOSEMIE, il ne peut être reproduit sans son autorisation

COPIE ORIGINAL

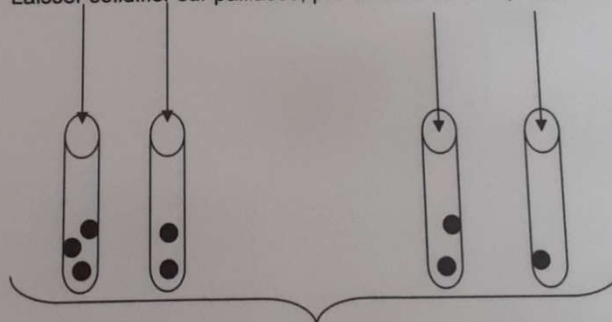
	MODES OPERATOIRES	Code : MOP-CQU-03
	RECHERCHE DES ANAEROBIES SULFITO-REDUCTEURS	Version : 00
		Date: 01 Mars 2018
		Page : 2 sur 2

Préparation du milieu.

A partir des dilutions décimales :



Ajouter 15 ml de gélose V F par tube
Laisser solidifier sur pailleasse, puis incuber à 46°C, 48h.



Dénombrer les colonies noires ayant poussé en profondeur

Ce document est la propriété de SOSEMIE, il ne peut être reproduit sans son autorisation

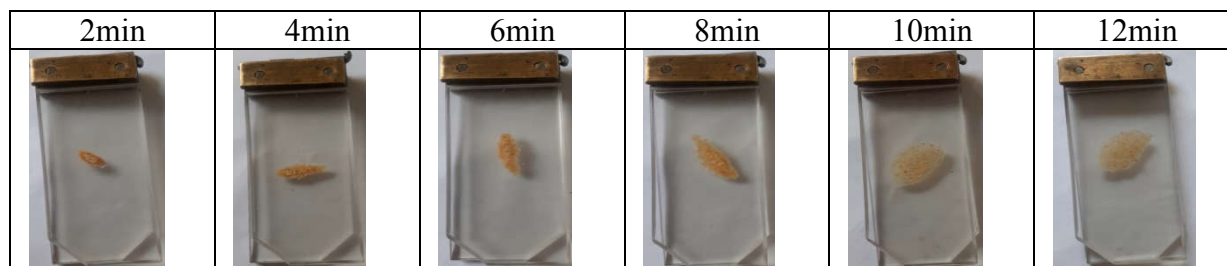
COPIE ORIG



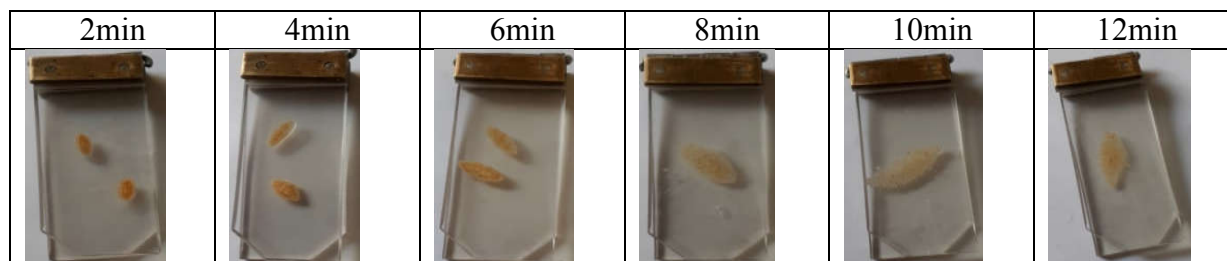
Annexe n°08

❖ Le test de cuisson

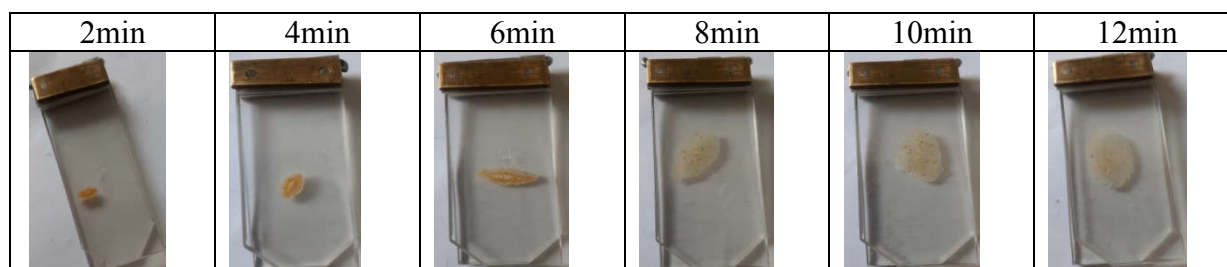
➤ Tliltli complet



➤ Tliltli complet avec 03% de germe de blé




➤ Tliltli complet avec 10% de germe de blé



Annexes

Annexe n° 09

Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de fabrication de Tlitli complet

	ENREGISTREMENT	Code:ENG-CQU-06
		Version:07
	RESULTATSDESANALYSESPHYSICOCHIMIQUESJOURNALIERDESEAUX	Date:27 avril 2023
		Page:1sur1

DATED'ANALYSE: 27 avril 2023




Echantillon	SORTIEBACHEAEAU		EAUDEPROCES		SORTIEFILTEA CHARBON		RESINE ENTREECHAU DIERE		BACHE ALIMENTATIO NCHAUDIERE		RETOURC ONDENSAT		CHAUDIEREVAPEUR		EAUSURCHAUFFE	
	Résultat	Norme	Résultat	Norme	Résultat	Norme	RésultatU2	Norme	Résultat	Norme	Résultat	Norme	Résultat6t	Norme	Résultat	Norme
AspectC ouleur	Limpide	Limpide	Limpide	Limpide	Limpide	Limpide	/	Limpide	Limpide	Limpide	Limpide	Limpide	Limpide	Limpide	Limpide	Limpide
TA(°F)		0	0	0	0	0		-		<0,5	/	0		[60-80]	3,6	/
TAC(°F)		[0-40]	14	[0-40]	14	<30		-		<14	/	≤5		[80-120]	14,8	42
TH(°F)		[15-20]	17,2	[15-20]	17,2	[10-15]	0	0		<0,5	/	0		<0,5	0,4	<0,5
CL ⁻ (mg/l)		<80	71	<80	71	<71		-		<70	/	≤56,8		<1000	85,2	<600
CL ₂ (mg/l)		[0,5-0,8]	0,3	[0,5-0,8]	0	0				3	/	-		-		-
pH		[7-7,50]	7,44	[7-7,50]	7,59	[6,5-8,20]	7,69			[07-08]	/	[05-06]		[10,50-12,80]	9,25	<9,50
Conductivité(μs/cm)		≤1000	456	≤1000				-		-	/	<100		≤7000	689	≤6000
SO ₃ ⁻² (mg/l)			/		/			-		-	/	-		[20-60]		

Annexe n°11

• Indice de gonflement

Tlitli complet	Tlitli à 97% de semoule complète avec 3% de germe de blé	Tlitli à 90% de semoule complète avec 10% de germe de blé
		

• La couleur de l'eau de cuisson

Tlitli complet	Tlitli à 97% de semoule complète avec 3% de germe de blé	Tlitli à 90% de semoule complète avec 10% de germe de blé
		

Annexe n° 10

Les résultats des analyses microbiologiques

Recherche et dénombrement des moisissures



Recherche des anaérobies Sulfito-réducteur





Annexes n°12

Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem
Master2 : Agroalimentaire et contrôle de qualité



Détermination des avis du consommateur algérien vis-à-vis des pâtes alimentaires

Nous sommes des étudiantes en 5^{ème} année, spécialité agroalimentaire et contrôle de qualité, nous menons une étude sur l'avis du consommateur algérien vis-à-vis des pâtes alimentaires. Nous vous présentons ce questionnaire et vous remercions de bien vouloir nous aider en y répondant.

• La wilaya

.....

• Le sexe

Homme

Femme

• Quelle est votre opinion générale sur les pâtes comme nourriture ?

Incroyable Bon Acceptable Mauvais

• A quelle fréquence manges-tu des pâtes ?

Quotidien Plusieurs fois par semaine Une fois par semaine Rarement ou jamais

• Quels sont vos critères d'achat de pâtes ?

Valeur nutritionnelle Prix raisonnable Sans conservateurs ni colorants alimentaires

• Vous avez une idée sur les pâtes nutritives ?

Oui, je connais ce type de pâte

Oui, j'en ai entendu parler, mais je ne l'ai jamais essayé auparavant

• Avez-vous déjà mangé des pâtes nutritives ?

Oui

Non

• Quelle est votre opinion générale sur les pâtes nutritives par rapport aux pâtes traditionnelles ?

Je préfère les pâtes nutritives Je préfère pâtes traditionnelles

Je n'ai pas goûté les pâtes nutritives

• Quelles sont vos principales motivations pour choisir des pâtes nutritives ?

Améliorer la valeur nutritionnelle Teneur accrue en fibres

Teneur accrue en protéines Contrôle du poids ou gestion de la satiété

• Avez-vous déjà mangé des pâtes de blé complet, quels avantages ou inconvénients, avez-vous vu par rapport aux pâtes traditionnelles ?

.....

• Etes-vous intéressé à augmenter le produit de pâtes riches en protéines sur le marché ?

Oui

Non

• Avez-vous des suggestions ou des commentaires à propos de la pâte nutritive ?

.....



دراسة رأي المستهلك الجزائري بالنسبة للعجائن



نقوم بإجراء دراسة حول رأي المستهلك الجزائري بالنسبة , الأغذية نحن طلاب السنة الثانية ماستر مراقبة الجودة ونوعية للعجائن. نقدم لكم هذه الاسئلة و نشركم عن مساعدتنا من خلال اجابتك عنها.

الولاية

.....

الجنس

ذكر أنثى

• ما رأيك العام حول العجائن كغذاء؟

رائع جيد مقبول سيئ

• كم مرة تأكل العجائن؟

يوميًا عدة مرات في الأسبوع مرة في الأسبوع نادرا أو أبدا

• ما هي المعايير الخاصة بك لشراء العجائن؟

القيمة الغذائية السعر المعقول عدم وجود مواد حافظة أو ملونات غذائية

• هل لديك فكرة عن العجائن المغذية؟

نعم أنا على دراية بهذا النوع من العجائن نعم لقد سمعت عنها لمنني لم أجربها مسبقا

• هل سبق لك أن أكلت العجائن المغذية؟

نعم في بعض الأحيان لا

• ما رأيك العام حول العجائن المغذية مقابل العجائن التقليدية؟

أفضل العجائن المغذية أفضل العجائن التقليدية لم أتذوق العجائن المغذية

• ما هي دوافعك الرئيسية لاختيار العجائن المغذية ؟

تحسين القيمة الغذائية زيادة محتوى الألياف

زيادة محتوى البروتين التحكم في الوزن وإدارة الشبع

• هل سبق لك أن تناولت العجائن المصنوعة من القمح الكامل, فماهي المزايا أو العيوب التي رأيتها مقارنة بالعجائن التقليدية؟

.....

• هل يهيك زيادة منتج العجائن الغنية بالبروتين الى السوق؟

نعم لا

• هل لديك أي اقتراحات أو تعليقات حول العجائن المغذية؟

.....

Annexe n°13





EURL SOSEMIE « SOCIETE DE SEMOULERIE MINOTERIE L'ETOILE »
Adresse : Cité Ben Aissa Beni Mered Blida, Algérie

CERTIFICAT D'EXCELLENCE

L'EURL SOSEMIE est fière de reconnaître la participation des étudiantes :

- **ABBOU Houria**
- **BRAHIM Naima**

De la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, du Département des Sciences Alimentaires, de l'Université Abdelhamid IBN BADIS de Mostaganem

A la valorisation d'un co-produit de la 1^{ère} transformation céréalière de l'EURL SOSEMIE dans un produit innovant Par la formulation industrielle en 2^{ème} transformation d'une pâte alimentaire enrichie avec du germe de blé.

Avec l'encadrement de l'enseignant chercheur de l'université de Mostaganem : **Dr DAHOU Abdelkader El Amine**

Et du Directeur de production de l'EURL SOSEMIE : **M ELGHOUL Amjed**

LE DIRECTEUR DE LA PRODUCTION

EURL SOSEMIE

EL GHOUL AMJAD

DIRECTEUR DE PRODUCTION P/C



LE PRESIDENT DIRECTEUR GENERAL

EURL SOSEMIE

Directeur Général

MAATSEKI D.



