

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Université Abdelhamid  
Ibn Badis-Mostaganem  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie**



**جامعة عبد الحميد ابن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة و الحياة**

**DEPARTEMENT DE SCIENCES ALIMENTAIRES**

**MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES**

Pour l'obtention du diplôme de

**Master en  
Sciences alimentaires  
Spécialité : Production et Transformation Laitière**

Présenté par

**HARAOUI Aïcha**

**Thème**

**Appréciation de la qualité d'un lait fermenté de type yaourt  
à boire enrichi avec du germe de blé dur**

**Devant le jury**

Président	Dr ZABOURI Younes	MCA	Université de Mostaganem
Encadreur	Dr DAHOU Abdelkader El Amine	MCA	Université de Mostaganem
Examinatrice	Dr TAHLAITI Hafida	MCA	Université de Mostaganem

**Thème réalisé au Laboratoire de recherche des Sciences et Techniques de Production Animale  
« LSTPA » de l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, Route de Hassi Mamèche.**

**Année universitaire:2022/2023**

## **Remerciements**

*Avant tout, je remercie "Allah" le tout puissant qui m'a accordé le courage, la volonté et la force pour accomplir ce modeste travail.*

*J'exprime toute ma reconnaissance et mon plus grand respect à « Dr. DAHOU Abdelkader El Amine » pour son encadrement, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion, développer mes connaissances et à réaliser ce modeste travail.*

*Je remercie également toute l'équipe pédagogique du parcours production et transformation laitière, du département des sciences alimentaires, de la faculté des sciences de la nature et de la vie, de l'université Abdelhamid IBN BADIS de Mostaganem.*

*Mes remerciements s'adressent aux membres du jury, à Dr ZABOURI Younes, présidente de m'avoir honoré pour présider ce jury et à Dr TAHLAITI Hafida, examinateur, d'avoir porté son intérêt au travail et accepté d'évaluer mon mémoire.*

*Je tiens aussi à remercier le responsable du laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animale « STPA », d'avoir mis à ma disposition tout ce dont j'avais besoin au cours de mon stage. Mes remerciements vont également au personnel du laboratoire pour leur aide et leurs conseils. Au doctorant BEKIHAL Amin, mon co-encadreur et à l'ingénieur du laboratoire, M BENHARRAT Nouredine.*

*Finalement, je remercie tous ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire. Avous tous, un grand Merci*

*H.AICHA*

## *Dédicaces*

*C'est grâce a dieu, le tout puissant qui m'a donné le courage et la volonté pour achever ce modeste travail que je dédie:*

*A mon très chères papa et ma très chère maman pour leurs sacrifices, soutien moral, tendresse, et encouragements tout au long de mes études et durant ce mémoire, ils m'ont offert tout pour que je réussisse, je ne les remercierai jamais assez pour tout ce qu'ils m'ont fait, j'espère qu'ils sont fiers de moi.*

*A mes chères sœurs Hayet, Kheira, Hassiba.*

*A mes chers frères frère Charef et Abd el ghani A tous mes amies.*

*Atous mes amie surtout Aya, Sakina, Najet et Hakima elles sont le meilleur amie qui existe, je te souhaite un avenir plein de joie, de réussite et de bonheur.*

*A toute la famille « HARAOUI » et « SENOUCI ».*

*A tous mes enseignants.*

*A mon encadreur Mr. DAHOU .A, Je remercie pour votre disponibilité et vos précieux conseils.*

*Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail et ceux ou celle qui m'aiment et que j'aime.*

*A ceux qui m'ont encouragé et soutenu aux moments les plus difficiles.*

## Résumé

Le but de ce travail a été d'optimiser la formulation d'un yaourt à boire, enrichi avec du germe de blé, d'une bonne qualité physico-chimique, hygiénique et organoleptique. Le germe de blé est un coproduit céréalier de haute valeur nutritionnelle et thérapeutique. En terme d'application réalisée dans de ce travail, 03 formulations de yaourt ont été préparées, en variant les quantités de broyat de germe de blé incorporé, comparé à un produit témoin. Les résultats des contrôles physico-chimiques et microbiologiques sont conformes aux normes de la réglementation Algérienne et de la Fédération Internationale du Lait F.I.L. L'analyse sensorielle des 03 formulations de yaourts ont fait ressortir que le yaourt enrichi avec 0,5% de broyat de germe de blé, a été le plus apprécié par les panélistes suivi du témoin. Pour améliorer la qualité gustative du yaourt enrichi avec le germe de blé, l'extraction préalable des lipides est indispensable pour éviter le goût excessif du gras induit par les acides gras libres de la phase grasse du germe de blé. Le germe de blé apporte des éléments nutritionnels fonctionnels d'un grand intérêt à la digestion et sources d'apports énergétiques.

**Mots clés:** Yaourt à boire, Broyat de germe de blé, Formulations, Eléments nutritionnels fonctionnels.

## Abstract

The aim of this work was to optimize the formulation of a drinking yoghurt enriched with wheat germ, of good physico-chemical, hygienic and organoleptic quality. Wheat germ is a cereal co-product of high nutritional and therapeutic value. In terms of application, 03 yoghurt formulations were prepared, varying the quantities of, compared with a control product. The results of the physico-chemical and microbiological tests complied with Algerian regulations and with the standards of the International Dairy Federation I.D.F. Sensory analysis of the 03 yoghurt formulations revealed that the yoghurt enriched with 0.5% wheat germ crushed was the most appreciated by the panellists, followed by the control. To improve the taste quality of yoghurt enriched with wheat germ, prior lipid extraction is essential to avoid the excessive taste of fat induced by the free fatty acids in the fat phase of wheat germ. Wheat germ provides functional nutritional elements that are highly beneficial to digestion and a source of energy.

**Key words:** Drinking yoghurt, Wheat germ mash, Formulations, Functional nutritional elements.

## المخلص

كان الهدف من هذا العمل هو تحسين صياغة اللبن المشروب المحسن بجنين القمح، بجودة فيزيائية-كيميائية، وصحية وحسية. إن جنين القمح منتج مشترك من الحبوب ذو قيمة غذائية وعلاجية عالية. من حيث التطبيق ، تم تحضير 03 تركيبات من الزبادي ، متفاوتة كميات جنين القمح المدمجة ، مقارنة بمنتج التحكم. امتثلت نتائج الاختبارات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للوائح الجزائرية ومعايير الاتحاد الدولي للألبان I.D.F. أظهر التحليل الحسي للتركيبات الثلاثة للزبادي أن الزبادي المخصب بنسبة 0.5% من جنين القمح المطحون كان الأكثر تقديراً من قبل المشاركين، يليها منتج الضبط. لتحسين جودة طعم الزبادي المخصب بجنين القمح ، فإن الاستخلاص المسبق للدهون ضروري لتجنب الطعم المفرط للدهون التي تسببها الأحماض الدهنية الحرة في المكون الدهني لجنين القمح. توفر جنين القمح عناصر غذائية وظيفية مفيدة للغاية لعملية الهضم ومصدر للطاقة.

**الكلمات المفتاحية:** شرب اللبن، طحين جنين القمح ، التركيبات ، العناصر الغذائية الوظيفية.

## Table des Matières

<b>Remerciements</b> .....	<b>1</b>
<b>Dédicaces</b> .....	<b>2</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>3</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>4</b>
<b>المخلص</b> .....	<b>5</b>
<b>Liste des abréviations</b> .....	<b>10</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>12</b>
<b>Liste des figures</b> .....	<b>14</b>
<b>Liste des annexes</b> .....	<b>15</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>17</b>

### Etude bibliographique

#### Chapitre I : Valorisation du germe de blé issu de l'industrie céréalière

1. Généralités sur les céréales .....	21
2. Les co-produits du blé dur.....	21
3. Le germe.....	21
4. Le son de blé .....	22
5. Issues de blé .....	22
6. Remoulages .....	23
7. Définition de germe .....	23
8. Structure de germe de blé.....	23
9. Composition du germe .....	24
9.1. Humidité.....	24
9.2. Composition minérale et vitaminique .....	25
9.3. Fraction protéique .....	26
9.4. Les glucides.....	28
9.5. Les enzymes .....	28

9.6. Les lipides .....	29
10. Récupération du germe de blé .....	29
11. Diverses utilisations du germe de blé .....	30
12. Valorisations en agro-alimentaire .....	30
12.1. Domaines d'applications .....	31
12.1.1. Domaine cosmétique .....	31
12.1.2. Domaine thérapeutique .....	32
12.1.3. Domaine alimentaire .....	32
12.2. Autre forme de germe de blé .....	33
<b>Chapitre II: Les laits fermentés</b>	
1. Définition .....	35
2. Propriétés du lait fermenté .....	35
3. Différents laits fermentés .....	35
3.1. Yaourt .....	35
3.2. Raib .....	35
a. Raib traditionnel .....	35
b. Raib industriel .....	36
3.3. Koumis .....	36
3.4. Kéfir .....	36
3.5. L'ben .....	36
4. Historique .....	36
5. Définition .....	37
6. Matières premières et ingrédients utilisés pour la production du yaourt .....	37
7. Classification des yaourts .....	37
7.1. Le yaourt ferme .....	37
7.2. Le yaourt brassé .....	38
7.3. Le yaourt à boire .....	38



8. Caractéristiques générales de bactéries du yaourt .....	38
8.1. Streptococcus thermophilus.....	38
8.2. Lactobacillus bulgaricus.....	38
9. Procédés de fabrication .....	38
9.1. Réception du lait .....	39
9.2. Standardisation du mélange .....	39
9.3. Homogénéisation .....	40
9.4. Traitement thermique .....	41
9.5. Fermentation lactique .....	41
9.5.1. Ensemencement .....	41
9.5.2. Fermentation du yaourt ferme .....	41
9.5.3. Fermentation du yaourt brassé .....	42
9.6. Conditionnement et stockage .....	43
10. Les intérêts nutritionnels du yaourt.....	43
10.1. Amélioration de la digestibilité du lactose .....	43
10.2. Amélioration de la digestibilité des protéines .....	44
10.3. Amélioration de la digestibilité de la matière grasse .....	44
10.4. Richesse en sels minéraux .....	44
10.5. Action sur les vitamines .....	45

## **Recherche Expérimentale**

### **Chapitre I : Matériel et méthodes**

1. Cadre de l'étude .....	47
2. Lieu de l'étude.....	47
3. Préparation du matériel biologique- contrôle et formulation des essais de yaourt à boire ..	47
3. 1. Stabilisation thermique du germe de blé.....	47
3. 2. Broyage de germe de blé.....	47
3. 3. Caractérisation physico-chimique du lait préparé.....	47

4. Caractérisation physico-chimique du sirop de sucre préparé.....	48
5. Caractérisation physico-chimique du germe de blé .....	48
6. Formulation et caractérisation physico-chimique des yaourts à boire formulés .....	51
7. Diagramme de fabrication du yaourt à boire.....	51
8. Contrôle de la qualité microbiologique et physico-chimique des yaourts préparés.....	51
9. L'évaluation sensorielle des yaourts préparés .....	53
10. Détermination et calcul de la valeur énergétique .....	54

## **Chapitre II : Résultats et discussion**

1. Caractérisation physico-chimique de la matière première et des ingrédients utilisés.....	57
1.1. La qualité physico-chimique du lait préparé .....	57
1.2 La qualité physico-chimique du sirop de saccharose préparé .....	58
1.3 La qualité physico-chimique du broyat du germe de blé dur .....	59
2. Résultats des analyses physico-chimiques des essais de yaourt à boire au broyat de germe de blé .....	62
3. Résultats des analyses microbiologiques du yaourt à boire enrichi avec du broyat de germe de blé dur .....	64
4. L'évaluation sensorielle des yaourts préparés .....	66
5. Valeur énergétique des yaourts préparés.....	67
<b>Conclusion.....</b>	<b>69</b>
<b>Annexe .....</b>	<b>71</b>
<b>Liste des références .....</b>	<b>80</b>

## Liste des abréviations

**AFNOR** : Association Française De Normalisation

**AC** : Acidité

**CP** : Centipoises

**CB** : Cellulose Brute

**°C** : Degrés Celsius

**CO<sub>2</sub>** : Gaz Carbonique

**°D** : Degré Dornic.

**EPT** : Eau peptonée tomponnée

**EST** : Extrait Sec Total

**EB** : Energie Brute

**FAO** : Food Agriculture Organisation

**FT** : Flore Totale

**FL** : Flore Lactique

**FIL** : Fédération Internationale du Lait

**GB** : germe de blé

**GC** : Giolitti Cantonii

**GAMT** : germe aérobie mésophile totaux

**G** : Gramme

**g/L** : Gramme/ Litre.

**h** : Heure.

**H** : Humidité

**ISO** : International Standard Organisation

**JORA** : Journal Officiel de la République Algérienne

**Kcal** : Kilocalorie

**KJ** : Kilo Joules

**LSTPA** : Laboratoire Des Sciences Et Techniques De Production Animales

**L M**: Levures et Moisissures

**L** : Litre

**L** : Lactose

**M** : Mètre

**ml** : Millilitre

**Min** : Minutes  
**Mm** : Millimètre  
**Mm** : Micromètre  
**MG** : Matière Grasse  
**MP** : Matière Protéique  
**MS** : Matière Sèche  
**NA** : Norme Algérienne  
**NF** : Norme Française  
**NAOH** : Hydroxyde de sodium  
**N** : Normal  
**Pa** : Pascal  
**PH** : Potentiel d'Hydrogène  
**PCA**: Plate Count Agar.  
**PB** : Protéines Brutes  
**Sec** : Seconde  
**ST** : Sucres Totaux  
**SFB** : Milieu au Sélénite acide de sodium et cystine  
**t** : temps  
**T** : Témoin  
**TSE**: Tryptone Sel Eau  
**TIAC** : Toxi-infections Alimentaires Collectives  
**UFC** : Unité Formant des Colonies  
**V** : Volume  
**V** : Viscosité  
**VF** : Viande De Foie  
**VRBL** : Violet Red Bile Lactose Agar

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01:</b> Information nutritionnelles ( en g pour 100 g).....	24
<b>Tableau 02 :</b> Composition du germe de blé en éléments minéraux .....	25
<b>Tableau 03 :</b> Caractéristiques vitaminiques de germe et son intérêt nutritionnel .....	26
<b>Tableau 04 :</b> Composition des protéines du germe de blé en acides aminés indispensables en g par 100 g de protéines et pourcentage de déficit par rapport aux protéines de l'œuf entier	27
<b>Tableau 05:</b> Composition des fractions céréalières du blé en lysine en g par 100g de protéines (N x 6.25) et pourcentage de déficit .....	28
<b>Tableau 06 :</b> Répartition des enzymes dans le germe de blé.....	29
<b>Tableau 07 :</b> causes possibles d'homogénéisation inadéquate d'un mélange et les incidences sur la qualité du yaourt .....	40
<b>Tableau 08:</b> Germes recherchés .....	52
<b>Tableau 09:</b> Résultats de l'analyse physico-chimique du lait préparé .....	57
<b>Tableau 10:</b> Résultats du contrôle du brix du sirop de saccharose .....	58
<b>Tableau 11 :</b> Caractéristiques physico-chimiques du broyat de germe de blé dur analysé.....	59
<b>Tableau 12:</b> Résultats des analyses physico-chimiques des essais de yaourt à boire enrichi avec du broyat de germe de blé dur (du jour de préparation au jour J+10) .....	62
<b>Tableau 13:</b> Evolution de la qualité physico-chimique des essais de yaourt à boire enrichi avec du broyat de germe de blé dur (à DLC au jour J+21) .....	62
<b>Tableau 14:</b> Résultats des analyses microbiologiques du yaourt à boire enrichi avec du broyat de germe de blé dur au jour de préparation .....	64

**Tableau 15:** Résultats des analyses microbiologiques du yaourt à boire enrichi avec du broyat de germe de blé dur au jour J+10 ..... 64

**Tableau 16 :** Résultats des analyses microbiologiques du yaourt à boire enrichi avec du broyat de germe de blé dur au jour J+21 ..... 65

## Liste des figures

<b>Figure 01</b> :Structure de germe de blé .....	24
<b>Figure 02</b> : récapitulatif des différentes valorisations du germe de blé .....	32
<b>Figure 03</b> : Diagramme de fabrication des yaourts .....	39
<b>Figure 04</b> : Diagramme de fabrication du yaourt ferme.....	42
<b>Figure 05</b> : Diagramme de fabrication du yaourt brassé .....	42
<b>Figure 06</b> : Les cinqes en sintervenant dans l'évaluation sensorielle .....	54
<b>Figure 07</b> : Aspect microscopique du <i>Streptococcus thermophilus</i> (grossissement x100) .....	66
<b>Figure 08</b> : Aspect microscopique du <i>Lactobacillus bulgaricus</i> (grossissement x100) .....	66

## Liste des annexes

<b>Annexe A</b> : Composition de matériel utilisé pendant les manipulations, la verrerie, réactifs ..	71
<b>Annexe B</b> : Composition des solutions de titrage.....	73
<b>Annexe C</b> : Composition des diluants (g/l) .....	73
<b>Annexe D</b> : Composition les milieux de culture (g/l) .....	73
<b>Annexe E</b> : Fiche d'analyse sensorielle comparative des yaourts à boire.....	77



# **Introduction**

Aujourd'hui, le yaourt est considéré comme un produit de grande consommation, le yaourt représente plus de la moitié du marché de l'ultra frais. Il est bien connu parmi les produits laitiers frais fermentés c'est un aliment de grande consommation (Nakasaka *et al.*, 2008).

Avec le progrès technologique réalisé, le yaourt apparaît comme un produit laitier très digeste qui possède une grande valeur nutritionnelle et qui est apprécié pour son goût et sa texture (Rohmain, *et al.*, 2010). C'est un produit consommé la plupart du temps comme un dessert, convient à toutes les tranches d'âge et même chez les sujets intolérants au lactose (Nagai *et al.*, 2011). Le yaourt est obtenu par incubation d'un lait enrichiensemencé avec un mélange de bactéries lactiques composé de *Streptococcus salivarius ssp. Thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus* (JORA, 1998). D'autres ingrédients peuvent être ajoutés au yaourt, comme les fibres de fruits, les marmelades de fruits, de s fruits traités et mêmes des friandises aux céréales.

Le lait cru est rare dans de nombreux pays où la production laitière est insuffisante. La technique de reconstitution représente ainsi une solution pour offrir un produit proche du lait frais (Moller, 2000).

L'Algérie est un grand importateur de poudre de lait, avec un volume de 50% de ses besoins importé, pour un montant de près de 1,3 milliards de dollars, elle sert à la fabrication de produits laitiers, comme les fromages, les yaourts et lait fermentés (Algerie -eco. 2018).

Le germe de blé est un bon exemple comme un sous-produit d'une industrie agroalimentaire qui peut être valorisé et devenir une matière première importante pour la préparation de différents produits (enrichissement des produit alimentaires, extraction de l'huile de germe et l'utilisation dans le domaine pharmaceutique). De grands progrès ont été réalisés à ce sujet, au cours de ces dernières années par la majeure partie des pays développés, et plusieurs industries sont parvenues à utiliser, régénérer, revivifier ce produit. qui, auparavant était mélangé avec le son, ce qui par conséquent constitue une perte sèche aussi bien pour le producteur que pour le consommateur. En Algérie avec les besoins qui sont estimés pour le blé dur à 3.3 millions de tonnes (Anonyme ,2007). Ce sous-produit s'il était récupéré constituerait une masse importante qui pourrait être utilisé pour la valorisation des produits céréaliers (pates alimentaires, biscuits pain .....)

Malheureusement en absence de politique de valorisation des sous-produits meuniers, le germe se retrouve associé aux sons et remoulages et servira comme aliment pour la filière « production animale ». Il s'avère ainsi nécessaire que l'Algérie entreprenne des actions en vue de promouvoir une production locale de germe dans le but de le valoriser dans

l'alimentation humaine et de faire évoluer une production mondiale de germe de blé estimée annuellement à 25 millions de tonnes (F.A.O.STAT,2008).

Donc le but de ce travail a été d'optimiser la formulation d'un yaourt à boire, enrichi avec du germe du blé, d'une bonne qualité physico-chimique, hygiénique et organoleptique. Le germe de blé est un coproduit céréalier de haute valeur nutritionnelle et thérapeutique. En terme d'application réalisée dans de ce travail, 03 formulations de yaourt ont été préparées, en variant les quantités de broyat de germe de blé incorporé, comparé à un produit témoin. Les résultats des contrôles physico-chimiques et microbiologiques sont conformes aux normes de la réglementation Algérienne et de la Fédération Internationale du Lait F.I.L.

Notre travail se résumera en quatre parties essentielles :

- Une étude bibliographique dans laquelle des généralités sur la valorisation du germe de blé issu de l'industrie céréalière, les laits fermentés.
- la recherche expérimentale d'optimiser la formulation d'un yaourt à boire, enrichi avec du germe du blé
- Analyses physico-chimiques et microbiologiques sur (du germe de blé, la matière première du yaourt et produit finis yaourt à boire enrichi avec du germe de blé) et L'évaluation sensorielle des yaourts préparés.
- Une conclusion générale qui clôture cette étude, elle expose les différents résultats qui se sont dégagés.

# **Première partie**

## **Etude bibliographique**

# **Chapitre I**

## **Valorisation du germe de blé issu de l'industrie céréalière**

## 1. Généralités sur les céréales

Dans tous les pays du monde, les céréales, constituent la base de l'alimentation humaine en tant que source protéique et énergétique. La culture de blé est universellement répandue dans le monde. Les principaux producteurs sont localisés dans les zones tempérées entre le trentième et le soixantième parallèle, dans la région des plaines et des plateaux où la végétation naturelle serait la prairie ou la steppe. En plus de l'apport des protéines et glucides les céréales apportent des vitamines et des fibres alimentaires. Leurs protéines sont déficientes en certaines acides aminées essentielles lysines et méthionine. Certaines céréales contiennent une protéine particulière, le gluten, qui permet d'élaborer du pain et des biscuits. (Feillet, 2000 ; Gauvard *et al.*, 2002) Actuellement, les céréales fournissent une bonne partie (45 %) des calories alimentaires de l'humanité

## 2. Les co-produits du blé dur

Le blé dur est une plante herbacée monocotylédone, appartenant à l'espèce *Triticum durum* de la famille des graminées. Le grain de blé est un fruit sec, indéhiscent (fruit qui ne s'ouvre pas à maturité) dont la paroi est adhérente au tégument de l'unique graine qu'il renferme (Feillet, 2000). Le blé dur se distingue par plusieurs caractéristiques physiques telles qu'une forme du grain plus allongée, une couleur ambrée et surtout par une amande de texture très vitreuse et résistante au broyage (franconie *et al.*, 2010).

## 3. Le germe

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 (Umair arshad *et al.*, 2008; Hassan *et al.*, 2010). Il est situé à la base du grain, du côté opposé à la brosse. Il est formé de deux parties : l'embryon ou plantule qui donnera naissance à une nouvelle plante et scutellum, sorte de coquille elliptique qui entoure la plantule et qui la sépare de l'amande farineuse (fatma *et al.*, 2010). Le germe de blé se présente sous forme de plaquettes écrasées minces de teinte jaune, vif légère à reflet verdâtre, de 3 à 6 mm de dimension, de forme irrégulière et légèrement allongée. Sa saveur est sucrée et grasse, rappelant la noix fraîche incomplètement mûre.

#### 4. Le son de blé

Ce produit est obtenu au cours des opérations de transformation du blé en farine blanche destinée à l'alimentation humaine. Le son est particulièrement constitué du tégument externe du grain qui renferme des glucides pariétaux peu digestible pour la volaille. Le son est constitué par l'enveloppe du caryopse, séparée de l'amande des céréales. Lors de la mouture des céréales, le son fait partie des issues, c'est-à-dire des résidus obtenus après séparation de la farine par tamisage ou blutage. En général, le taux de blutage est de 75%, c'est-à-dire qu'à partir de 100 kg de blé, on obtient 25kg d'issues, son et remoulage, et 75 kg de farine blanche. Le son contient notamment des constituants cellulosiques (fibres alimentaires), des protéines, des sels minéraux de l'acide phytique et des vitamines. Sa valeur nutritive le fait employer pour la fabrication des aliments concentrés pour les ruminants, porcs et volailles. Il est très riche en fibres. Le son de blé est une bonne source d'acide linoléique, Il présente un contenu appréciable en protéines, composantes principales de l'albumen. Par conséquent, son contenu en lysine est le double de celui de la graine du blé elle-même. Cependant, sa digestibilité est nettement plus inférieure. Le son de blé présente une valeur énergétique égale à 1750 kcal/kg et un coefficient de digestibilité des protéines de 76% (Leslie Jacquemin, 2012).

#### 5. Issues de blé

Les issues de meunerie des variétés de blé dur locales se répartissent en farine basse, remoulage, son fin et gros. En composition chimique, les farines basses sont caractérisées par une teneur en matières azotées totales de 14,9% de MS, en cellulose brute de 1,2% de MS et en matière minérale de 0,5% de MS. Les remoulages, présentent une teneur en matières azotées totales de 13% de MS, en cellulose brute de 9,9% de MS et en matière minérale de 2% de MS. Les sons fins ont des teneurs de 14,2% de MS en matières azotées totales, 3,0% de MS en matière grasse et 3,4% de MS en matière minérale alors que les sons gros sont caractérisés par des teneurs de 12,9% de MS en matières azotées totales, 11,8% de MS en cellulose brute et 3,7% de MS en matière minérale. Ces différences font qu'ils prennent des valeurs en unités fourragères et en protéines digestibles intestinales différentes de leurs homologues européens et leur prise en compte est nécessaire pour le calcul plus précis des rations des ruminants et assurer une meilleure évaluation des productions animales locales (Arbouche R *et al.*, 2017).

### 6. Remoulages

Les remoulages qui comprennent un mélange d'enveloppes et d'amande farineuse, on rencontre deux types de produits:

- **Le remoulage bis** : les plus gros, couleur rouge qui constituent le refus finale du claquage.
- **Le remoulage blanc**: les plus fins, les plus riches en farine recueillie enfin de convertissage.

### 7. Définition de germe

L'embryon (ou germe) est une structure à paroi mince, contenant la nouvelle plante. (Mckevith, 2004), Le germe des céréales est formé de la plantule et d'un seul cotylédon (plante monocotylédone). La plantule est une véritable plante miniature et le cotylédon appelé scutellum est un organe, riche en protéines, en lipides, en protéines, en minéraux et en vitamines, qui permet à la jeune plantule de puiser les réserves de l'albumen pour se développer. L'importance relative du germe par rapport au grain varie suivant les céréales. Les germes du blé et du riz sont petits alors que ceux du sorgho, du maïs ou du mil sont très gros (Lorbi Z, 2022).

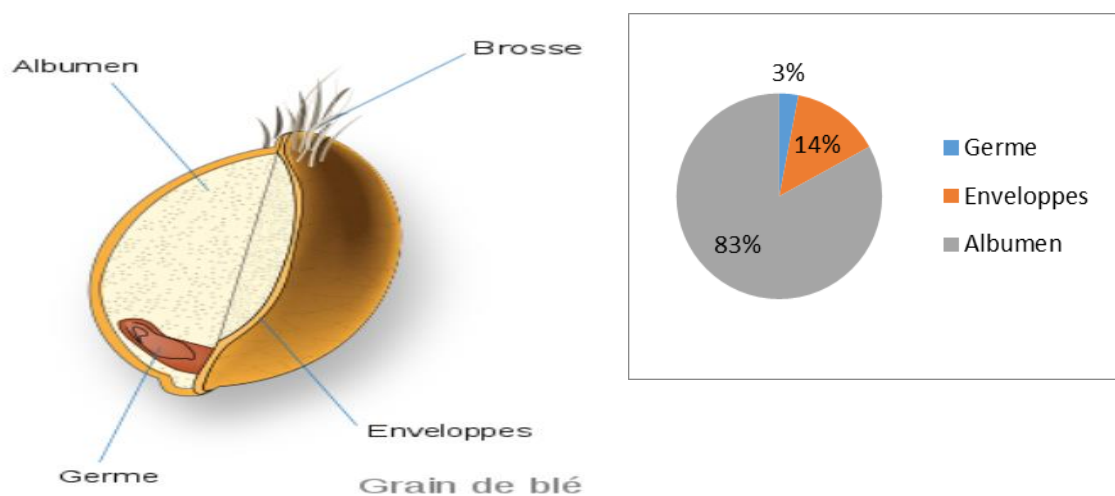
### 8. Structure de germe de blé

Il représente environ 3 % du grain de blé, contient une proportion élevée de lipides, protéines, vitamines et éléments minéraux sans oublier les fortes activités enzymatiques. Il est formé de deux parties principales, l'embryon et le scutellum situé à l'interface avec l'albumen amylicé. Le germe est éliminé dans les farines courantes par les techniques actuelles de mouture sur cylindres et se retrouve dans les issues (Romain, Jeantet *et al.*, 2007).



**Tableau 01 :**Information nutritionnelles ( en g pour 100 g ) .

Grain de blé	Glucides	Protéines	Lipides	Fibres	Fer (A . G . R)	Autres
<b>Enveloppes</b>	63	16	03	43	59	Vitamine B
<b>Albumen</b>	79	07	00	04	07	
<b>Germe</b>	52	23	10	14	35	Vitamine B Omegas- 3/6



**Figure 01 :** Structure de germe du blé ( Michael. J *et al* , 2006 ).

## 9. Composition du germe

Le germe de blé est un produit à valeur biologique élevée, très riche en protéines, en matière grasse ainsi qu'en vitamines, minéraux et en enzymes, par rapport aux autres parties du grain de blé. Il représente 3% du poids pondéral du grain.

### 9.1. Humidité

La teneur en eau est un facteur déterminant lors de la conservation. D'après le germe contient environ  $9 \pm 1,70$  g d'eau par 100g, alors que ont trouvé des teneurs plus élevées soit ; 12.0 % et 13 % respectivement. (Sudha *et al.*, 2007 ; Srivastava *et al.*, 2007) rapportent 11,4%

en teneur alors que (Adrian, 2004) ne trouve que 11,5 % Les différences enregistrées sont essentiellement dues, à la condition de récupération, ainsi que le conditionnement du blé (préparation à la mouture).

### 9.2. Composition minérale et vitaminique

Le germe de blé est fortement minéralisé, toutefois dans ce domaine il souffre d'un handicap du fait d'une forte accumulation d'acide phytique, lequel constitue une réserve de phosphore. La teneur en cendre du germe de blé se situe dans un intervalle de 4 à 6% (Ibanoglu, 2002 ; Adrian, 2004 ; Bourson, 2009). Ce qui est affirmé par les teneurs trouvées par avec respectivement : 4% ,5.09 % et 5.3 %, alors que pour (Srivastava *et al*, 2007) la teneur est de 3,3 à 4 %. On constate que le germe est riche en phosphore, en potassium et en magnésium, et en zinc moyennement riche en calcium, pauvre en fer. La variation dans les concentrations peut être due à la différence variété et/ou à la contamination du germe par le son.

**Tableau 02 :** Composition du germe de blé en éléments minéraux (Anonyme, 2012).

Eléments minéraux (mg/100g)	CA	Ph	Fe	MG	Zi	I	Se
Teneur du germe de blé	40mg	1030mg	8.59mg	256mg	12.3m	0.3ug	2ug
Apport journalier	800mg	800mg	14mg	375mg	10mg	150ug	55ug

La situation est bien différente dans le domaine vitaminique malgré l'absence de vitamines A et D. les tocophérols sont très abondants.

Le niveau de l'ensemble des vitamines B à l'exception de la vitamine B12 rivalise avec celui des meilleures sources alimentaires, telles que la levure sèche et le foie.

D'une manière générale, les vitamines se répartissent uniformément entre le germe et le scutellum. Celui-ci se distingue cependant par une richesse extraordinaire en thiamine : 5 à 10g par jour couvriraient le besoin de l'homme adulte (Tableau 02). Deux autres points méritent d'être soulignés : la richesse du germe en pyridoxine (vitamine B6) et en acide

folique (vitamine B9). Le corps médical fait classiquement appel à ces facteurs dans deux situations précises : la vitamine B6 est une arme efficace contre la spasmophilie, et une supplémentation en vitamine B9 est pratiquée couramment lors des grossesses. Il est aisé d'en déduire la place que le germe pourrait occuper en alimentation humaine (Adrian, 2004).

**Tableau 03 :** Caractéristiques vitaminiques de germe et son intérêt nutritionnel (Anonyme, 2012).

Vitamines	Teneur du germe de blé pour (100g)	Apport recommandé
Vitamine B5	1.7mg	6 mg
Vitamine E	14.7 mg	12 mg
Vitamine B1	1.91 mg	1.74 mg
Vitamine B2	0.53 mg	3.8 mg
Vitamine B3(PP)	6.27 mg	16 mg
Vitamine B5	1.7 mg	6 mg
Vitamine B6	1.4 mg	1.38 mg
Vitamine B9	190 ug	600 ug

### 9.3. Fraction protéique

Le germe de blé est considéré comme la partie la plus riche en protéines comparé aux autres constituants du grain. Il renferme, en effet, approximativement 25 % à 40 % de protéine (Ibanoglu, 2002 ; Zhu et Zhou, 2005 ; Arshad, 2007 ; Sudha *et al.*, 2007 ; Bourson, 2009). Il contient deux grandes familles ; les protéines globulaires (albumine et globuline) et le gluten (Gliadines et Gluténines) (Adrian, 2004), Selon ce même auteur ces protéines sont composées pour une large part d'albumines (30 %) et de globulines (19 %), ayant un très bon équilibre en acides aminés indispensables. Les Gluténines ne sont qu'à un taux insignifiant, alors que les Gliadines constituent 15% de l'ensemble. Il reste près du tiers des composés protidiques dont la nature est difficile à déterminer et dont la structure se rapproche de celles des Gliadines et des Gluténines. L'ensemble aboutit à un équilibre satisfaisant en acides aminés puisque le plus grand déficit en acides aminés soufrés se situe à 40 % (Tableau 03) et que les déficits secondaires sont de l'ordre de 30 %. Sa richesse correspond à des proportions harmonieuses de toutes les acides amines nobles.

**Tableau 04 :** Composition des protéines du germe de blé en acides aminés indispensables en g par 100 g de protéines et pourcentage de déficit par rapport aux protéines de l'œuf entier (Adrian, 2004).

Acides aminés	Protéines	Déficit
Arginine	6.95	-
Cystine	1.55	-
Histidine	2.9	-
Isoleucine	4.65	29
Leucine	7.2	14
Lysine	6.2	12
Méthionine	1.7	50
Phénylanine	3.9	32
Thréonine	4.75	8
Tryptophane	1.1	27
Valine	5.1	28
Somme acides soufrés	3.25	42

A partir de ce tableau, on observe la richesse quantitative et qualitative du germe de blé en acides aminés, ce qui rend le germe de blé un concentré protéique plus équilibré en acides aminés.

Le germe de blé se classe donc parmi les produits qui apportent des protéines de bonne qualité, et se rapproche de celle des viandes. La richesse en lysine mérite d'être aussi soulignée: Contrairement aux protéines des autres fractions céréalières, celles du germe ne sont pas déficientes en lysine aussi, le germe de blé est-il un facteur de correction azotée pour les dérivés céréaliers entrant en alimentation humaine (farine blanche, semoules, gluten) : son introduction améliore inmanquablement la qualité azotée du produit (Tableau 04).

**Tableau 05** : composition des fractions céréalières du blé en lysine en g par 100g de protéines (N x 6.25) et pourcentage de déficit (Adrian, 2004).

Référence		Lysine	Déficit %
Blé	Œuf	7.05	0
	Grain entier	2.8	60
	Farine blanche	2.1	70
	Gluten	1.55	78
	Son	4.15	41
	<b>Germe</b>	<b>6.05</b>	<b>14</b>

### 9.4. Les glucides

La teneur en glucide totaux dans le germe varie dans l'intervalle de 16 % à 34 % d'après certains auteurs. Le taux des glucides pour ont trouvé des valeurs plus élevées : 33,9 % et 24,11% respectivement. Ces différence en teneur son liés a la contamination par l'endosperme et le son (Sudha *et al.*, 2007). Le germe est aussi riche en polyosides (cellulose 3,3 %) et en pentosanes 8,2% et amidon 23%.

### 9.5. Les enzymes

Les enzymes sont des protéines spécialisées dans la catalyse des réactions biologiques. Leur action est extrêmement spécifique d'une part, à l'égard du type de réaction à effectuer (hydrolyse, réduction, oxydation) et d'autre part de la structure et de la géométrie des substances concernées. Les enzymes, se localisent en grande partie dans la couche périphérique et particulièrement dans la couche à aleurone et dans le germe. Parmi les enzymes disponibles au niveau du germe on a surtout les lipoxygénases, lipases et les protéases (Sjövall *et al.*, 2000 ; Sudha *et al.*, 2007;srivastava *et al.*, 2007; rizzello *et al.*, 2010).

**Tableau 06** : Répartition des enzymes dans le germe de blé (Nuret, 1991).

	<b>Germe</b>
$\beta$ -amylase	(Scutellum) + +
$\alpha$ -amylase	+ +
Lipase	+ + +
Protéase	+ + +
Phytase	(Scutellum) +
Lipo-oxygénase	+ + +
Oxydase	+ + +
Estérase	+ +

+ + + : Présence importante.

+ + : Présence notable.

+ : Présence.

### 9.6. Les lipides

La teneur en lipides est élevée dans le germe (15 %), un peu plus faible (7-8%) dans les couches externes de la graine et elle est nettement plus faible dans tous les autres tissus dont l'endosperme (Aboudaou M, 2011). Le germe de blé renferme des acides gras tels que l'acide linoléique, l'acide linoléique ainsi que des acides gras essentiels. L'huile de germe de blé bénéficie des propriétés importantes grâce à sa teneur insaponifiable, particulièrement riche en stérol. Elle présente aussi une activité anti- oxydante du fait de son contenu naturel en vitamine E, et elle présente une somme importante des acides gras essentiels. Selon la variation des teneurs lipidiques de germe peut être due à plusieurs facteurs :

- Variation de blé.
- degré de contamination du germe par le son (Ahmed Messaoud N, 2013).

## 10. Récupération du germe de blé

Le germe de blé, de part sa teneur en huile et sa consistance plastique est aplati lors de son passage entre les cylindres lisses. De nombreux moulins disposent d'équipements spécialisés permettant de séparer le germe du son et des remoulages. Sans système approprié, on ne peut séparer qu'une petite proportion des germes dont la grosse partie s'en va dans le son et les

remoulages, après avoir été refusé avec les gros produits de broyage. Une faible proportion de germe est brisée par les cylindres de broyage en particules suffisamment fines pour traverser les garnitures des appareils de blutage. Ce germe, qui se retrouve dans les semoules sassées, peut atteindre les cylindres lisses qu'il aplatissent, permettant ainsi de le séparer par blutage. Une quantité limitée de germe peut donc être recueillie par ce moyen.

Le taux d'extraction du germe dépend de plusieurs paramètres:

- ❖ Du conditionnement.
- ❖ Des Appareils à cylindre: (nombres, inclinaison, épaisseur...).
- ❖ Du diagramme de mouture.
- ❖ Des caractéristiques physiques du blé.
- ❖ Des caractéristiques des dimensionnelles du blé.
- ❖ Des appareils et des méthodes d'extraction utilisés (Ahmed Messaoud N, 2013).

### 11. Diverses utilisations du germe de blé

Sa valeur nutritionnelle et thérapeutiques excellente le rendent un sous produit idéal et un supplément alimentaire d'enrichissement important dans différents produits. Les composants bioactifs qu'il renferme permettent de l'utiliser dans d'autres domaines autres que l'agro-alimentaire (Umair Urshad *et al.*, 2008 ; Piras *et al.*, 2009). Les produits alimentaires enrichis devraient avoir les caractéristiques suivantes : peu coûteux, économique, nutritif et satisfaisant pour les consommateurs. Néanmoins, l'enrichissement ne devrait pas poser des modifications importantes dans les propriétés sensorielles et fonctionnelles du produit final (Hassan *et al.*, 2010).

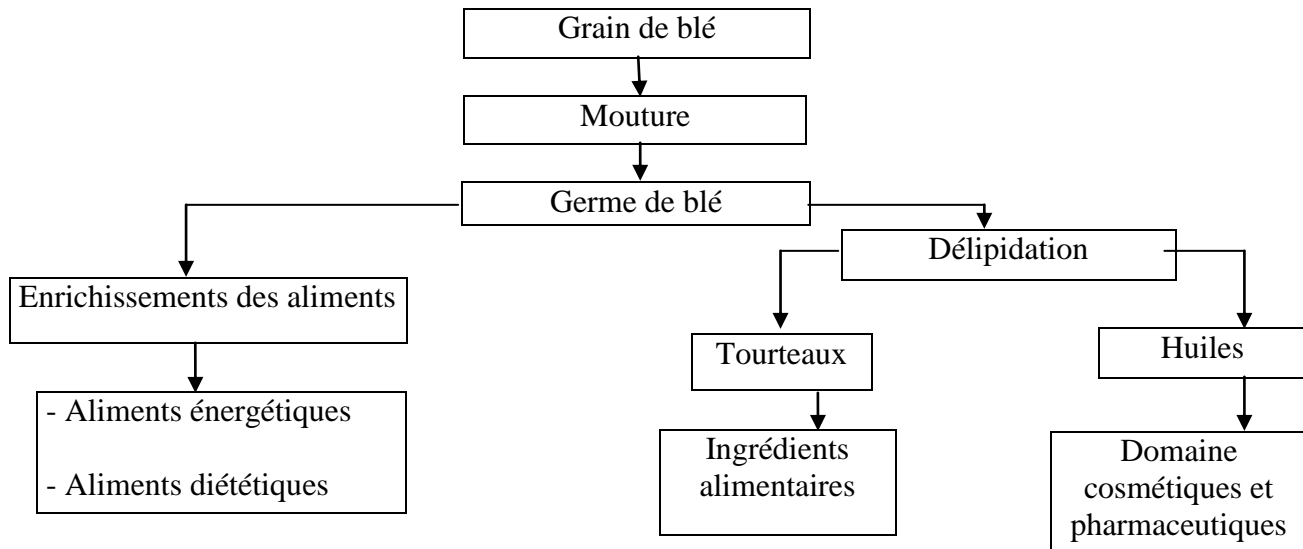
### 12. Valorisations en agro-alimentaire

La valorisation de germe de blé, sous produit de meunerie, présente un double intérêt : sur le plan économique ainsi que sur le plan nutritionnelle et qualitatif. En effet, la récupération du germe de blé permet.

La fabrication d'aliment diététique à haute teneur en protéines pour les enfants en croissance.

- ❖ La fabrication d'aliments de régime et d'aliment à finalité thérapeutique
- ❖ La fabrication d'aliment à haute valeur énergétique L'enrichissement de certains aliments afin de constituer un produit de haute valeur énergétique

- ❖ Les huiles obtenues après délipidation sont des huiles très demandées que ce soit par les industries cosmétiques et pharmaceutiques et de traitement de cuirs. Le tourteau récupéré peut lui aussi servir à l'enrichissement de certains produits tels que les biscuits, les pâtes alimentaires et les farines lactées.
- ❖ Donc le germe de blé peut être utilisé dans plusieurs domaines (Anonyme 2011).



**Figure 02 :** Récapitulatif des différentes valorisations du germe de blé (Anonyme, 2011).

## 12.1. Domaines d'applications

### 12.1.1. Domaine cosmétique

C'est surtout l'huile de germe de blé qui peut être utilisée dans tous les produits cosmétiques fini, comme actif ou support de la phase grasse, sans limitation de proportion. Son intérêt dans ce domaine est dû à ses propriétés régénérantes résultant de sa forte teneur insaponifiable et surtout en vitamine E. elle est restructurant et renforce par conséquent la barrière cutanée. Elle participe ainsi à un maintien d'une bonne hydratation de l'épiderme. L'huile de germe de blé est encore un excellent conditionneur cutané et participe, en formulation, à l'élaboration de la phase grasse.

L'ensemble de ces propriétés en fait un ingrédient particulièrement recommandé dans :

- ❖ Des shampoings pour cheveux abimés et fragiles.
- ❖ Des soins restructurant pour les contours des yeux.
- ❖ Des crèmes de jour pour peaux sèche et abimes.



- ❖ Des crèmes anti- rides.
- ❖ Des produits régénérant pour peaux mature.
- ❖ Des huiles corporelles.
- ❖ Des crèmes émollients pour les mains.
- ❖ Des baumes à lèvres.

### 12.1.2. Domaine thérapeutique

A l'énoncé des propriétés multiples et remarquables des nombreux éléments qui constituent le germe de blé, on peut avoir la tentation de considérer celui-ci comme une panacée capable de guérir de certaines maladies. En effet, il est conseillé la consommation régulière de germe de blé dans les cas suivants : allaitement, anémie, Croissance, décalcification, déminéralisation, fatigue, frigidité, grosses, impuissance, lymphatisme, rachitisme (Ahmed Messaoud N, 2013).

### 12.1.3. Domaine alimentaire

L'enrichissement par le germe de blé, 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 de suppléments protéiques potentiels pour la diète humaine. Son importance est surtout à dû ses supérieures qualités nutritionnelles. Il offre 3 fois plus de protéines de haute valeur biologique, des gras, des sucres et des minéraux. En outre, le germe de blé est connu comme la plus riche source en tocophérol et aussi une source de B1, B2, B6, B9. Du point de vue des hautes valeurs nutritives et son goût, le germe de blé offre une excellente source en protéines et vitamines pour la fortification des produits alimentaires (Anonyme, 2011).

Le germe de blé est commercialisé soit en farine ou paillettes (saveur douceâtre peu agréable) soit sous forme de produits enrichis.

Exemples d'aliments enrichis par le germe de blé :

- ❖ Petit déjeuners au germe de blé.
- ❖ Farine composée.
- ❖ Pates au germe de blé, potage.
- ❖ Pain au germe de blé.
- ❖ Farine au germe de blé.
- ❖ Biscuits au germe de blé, galettes.

### **12.2. Autre forme de germe de blé**

En outre de l'utilisation du germe de blé comme un ingrédient alimentaire, on peut bénéficier de ses propriétés nutritionnelles en consommant un autre produit « le blé germé », en faisant germer nous même le blé et. En effet pour les raisons que nous venons de développer il existe une synergie du produit naturel dans sa mystérieuse totalité et cette synergie propre au fruit de la germination du blé doit nous inciter à consommer le blé germé plutôt que le germe seul (Ahmed Messaoud N, 2013).

# **Chapitre II**

## **Les laits fermentés**

## 1. Définition des laits fermentés

On appelle lait fermenté un produit laitier obtenu par la fermentation du lait fabriqué à base de produits obtenus à partir de lait avec ou sans modification de composition, par l'action de micro-organismes appropriés et résultant dans la réduction du pH avec ou sans coagulation (précipitation isoélectrique). Ces levains (micro-organismes) doivent être viables, actifs et abondants dans le produit à la date de durabilité minimale (Lannabi I et Sal AR, 2015).

## 2. Propriétés du lait fermenté

Les yaourts et les laits fermentés, au même titre que le lait, sont des aliments intéressants d'un point de vue nutritionnel (richesse en calcium et en vitamines, équilibre entre les fractions glucidiques, protéiques et lipidiques). En outre, ils présentent un certain nombre d'avantages par rapport au lait non transformé (Sodini et Béal., 2012). L'acide lactique est légèrement antiseptique: cette acidité inhibe le développement de germes pathogènes dans le tube digestif du consommateur.

## 3. Différents laits fermentés

### 3.1. Yaourt

Le yaourt ou yoghourt est le lait fermenté le plus consommé. Il résulte de la fermentation du lait par deux bactéries lactiques thermophiles : *Streptococcus salivarius*, Subsp. *Thermophilus* (anciennement dénommé *Str. Thermophilus*) et *Lactobacillus delbrukii* Subsp. *Bulgaricus* (anciennement dénommé *L. bulgaricus*). Cette fermentation conduit à la prise en masse du lait, le coagulum obtenue est ferme, sans exsudation du lactosérum. Il peut être consommé en l'état solide ou après brassage lui donnant une consistance crémeuse ou liquide. Il peut aussi être congelé et consommé comme une glace.

### 3.2. Raib

Le raib est un lait caillé traditionnellement, obtenue après acidification spontanée à température ambiante du lait cru durant une période allant de 24 à 72 h selon la saison. Le raib est consommé tel quel ou transformé. Parmi les types du raib :

**a. Raib traditionnel :** C'est un lait fermenté, la coagulation est obtenue ou résulte de la flore

microbienne originelle et de contamination, avec ou sans addition des acides organiques (citron, vinaigre) (Guerzani, 2003).

**b. Raib industriel :** C'est un lait entier ou écrémé, pasteurisé, fermenté, obtenue par la fermentation naturelle après ensemencement par des levains lactiques. La coagulation est obtenue par l'activité des ferments avec ou sans addition des substances coagulantes (présure, pepsine) pendant une durée 20 à 24 heures à 37°C (Guerzani, 2003).

### **3.3. Koumis**

C'est un lait fermenté issu essentiellement d'une double fermentation lactique et alcoolique du lactose. Selon l'acidité et la teneur en alcool, on distingue diverse types de koumis : doux, moyen, fort. La flore microbienne du koumis est constituée principalement par des bactéries lactiques (Michel *et al.*, 2000 ;Vignola.2002).

### **3.4. Kéfir**

C'est un lait fermenté alcoolisé, caractérisé par une texture visqueuse et un gout fortement acide et un léger arôme de levure et d'alcool. Le ferment utilisé pour la préparation du kéfir est le grain de kéfir, l'inoculum a l'apparence de petits choux- fleurs qui se compose de protéines de polysaccharides et d'un mélange de levures, bactéries lactiques, bactéries acétique (Lamontagne.2002).

### **3.5. L'ben**

C'est un lait fermenté acidifié, de grande consommation au long de la saison chaude. Il est obtenu par un caillage lactique allant de 3 à 8 heures par des ferments mésophiles. Ce type de lait fermenté fera l'objet de notre étude.

## **4. Historique du yaourt**

Originnaire d'Asie, le mot yaourt (yoghourt ou yogourt) provient de « yoghurmark » qui signifie « épaissir ». Les écrits les plus anciens relatifs aux yaourts sont attribués à Pline l'Ancien, celui-ci ayant remarqué que certaines tribus savaient « épaissir le lait en une matière d'une agréable acidité ». Il existe des preuves de l'existence de produits laitiers fermentés dans un but alimentaire depuis au moins le III<sup>e</sup> millénaire av. J.-C (Lablondele.2007). Dans le sillage des découvertes de Louis Pasteur sur la fermentation lactique, denombreux chercheurs s'intéressent aux micro-organismes présents dans le lait. En1905, le Bulgare StamenGrigorov

a découvert, la bactérie *Lactobacillus bulgaricus* qui donne l'acidité au yaourt (Lablondele.2007). Les yaourts et les produits fermentés frais, identifiés comme aliments bénéfiques pour la santé, sont aujourd'hui des produits de grande consommation. Ainsi, selon une enquête du Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière, la production de yaourt et d'autres laits fermentés ne cesse de croître. La dynamique actuelle de ce marché oblige donc les industriels à formuler sans cesse de nouveaux produits laitiers frais (Enkelejda.2004).

## **5. Définition**

Le yaourt est un lait fermenté obtenu par la multiplication dans le lait de deux bactéries lactiques spécifiques associées: *Streptococcus thermophiles* et *Lactobacillus bulgaricus*. Ces bactéries lactiques sont cultivées sur du lait préalablement pasteurisé, dans le but d'éliminer la plus grande partie ou la totalité de la flore microbienne préexistante. Après la fermentation, le yaourt est refroidi à une température comprise entre 1 et 10°C, à l'exclusion de tout autre traitement thermique, il est alors prêt à être consommé (Zaidi A, 2018).

## **6. Matières premières et ingrédients utilisés pour la production du yaourt**

La principale matière première pour la fabrication des yaourts est le lait essentiellement le lait de vache, il est constitué d'environ 88% d'eau et de 12% de matière sèche contenant des glucides, protéines, des lipides et des minéraux. D'autre part, il est possible d'utiliser soit du lait entier soit du lait partiellement ou totalement écrémé ou les taux en matière grasse de l'ordre 3.5%, 1% et 0% (Ahmed Messaoud N, 2013).

## **7. Classification des yaourts**

Il existe trois différents types de yaourts :

### **7.1. Le yaourt ferme**

Après l'ensemencement, la fermentation et le conditionnement ont lieu en pots qui passent à l'étuve. Les bactéries se reproduisent par millions et s'attaquent au lactose qui est transformé partiellement en acide lactique. Ce dernier modifie la structure des protéines. Qui forment alors un gel, lorsque les yaourts ont atteint le degré d'activité voulu (80-90°D), ils passent en chambre froide ventilée ou en tunnel de refroidissement, et sont stockés à 2-4°C.

Ce sont généralement des yoghourts nature et aromatisé (Anonyme, 2009).

### **7.2. Le yaourt brassé**

Les yoghourts a caillé brassé ou bulgares sont plus liquides. En effet, la fermentation s'effectue dans les cuves, en vrac lorsque l'acidité atteint 100°D, le caillé est brassé puis refroidi avant d'être conditionné en pots, qui sont stockés en chambre froide (Anonyme, 2009). Ce sont généralement des yaourts veloutés naturels ou à la pulpe de fruit ou yaourt avec morceaux de fruits.

### **7.3. Le yaourt à boire**

Il se différencie du yaourt brassé par son état liquide qui l'assimile à une boisson. Sa fluidité est obtenue par une diminution en matière sèche. Il peut être nature ou aromatisé (Chanden, 2006).

## **8. Caractéristiques générales de bactéries du yaourt**

### **8.1. Streptococcus thermophilus**

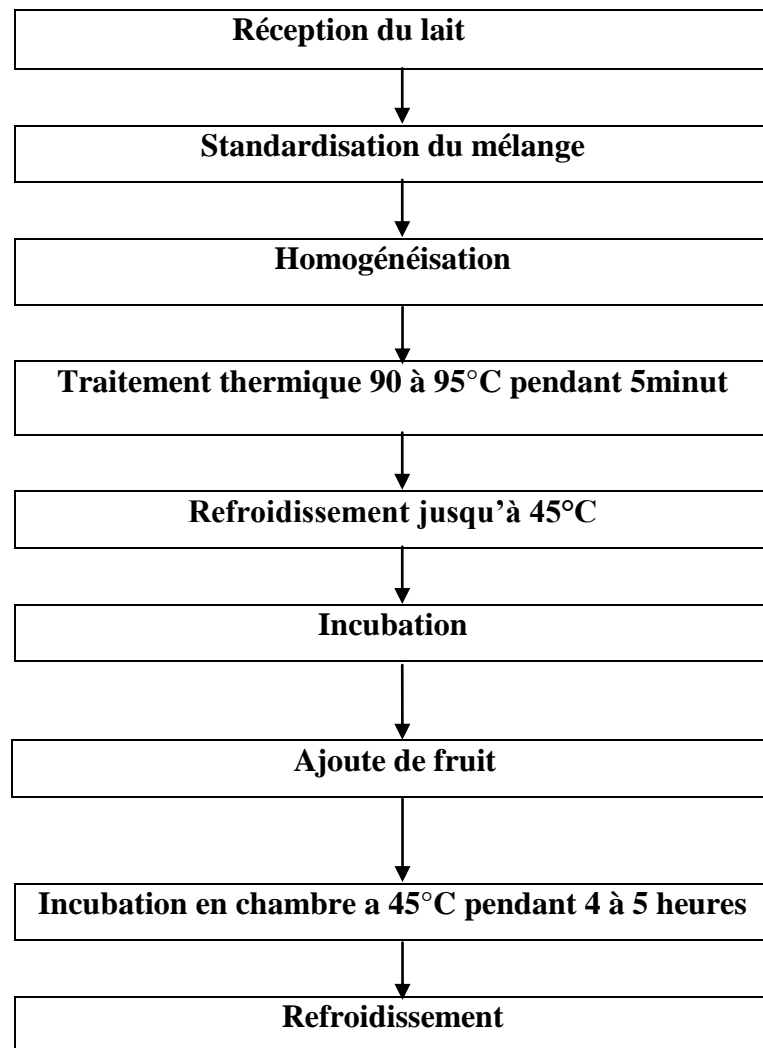
Le rôle principal de St. Thermophilus est la fermentation du lactose du lait en acide lactique et en plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de sa texture dans les laits fermentés. Elle augmente la viscosité du lait par production de polysaccharides (Bergamairer, 2002).

### **8.2. Lactobacillus bulgaricus**

C'est un bacille Gram+, immobile, asporulé, micro aérophile (Doleyres, 2003) et thermophile. Cette bactérie possède un mécanisme strictement fermentaire avec production exclusive d'acide lactique à partir des hexoses. Sa température optimale de croissance est approximativement 42°C. Elle a un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptique et hygiénique du yaourt (Marty-Teysssetet Garel, 2000).

## **9. Procédés de fabrication**

Les étapes de fabrication peuvent différer selon qu'on a affaire à un yaourt «étuvé» dont la fermentation se fait après conditionnement en pots et le yaourt «brassé », dont la fermentation se fait en cuve. Le coagulum obtenu dans ce dernier cas est dilacéré pour être rendu plus ou moins visqueux, puis conditionné en pots.



**Figure 03** : Diagramme de fabrication des yaourts (Nadjri I, 2019).

### 9.1. Réception du lait

Il est généralement reconnu qu'on ne peut faire un produit de qualité avec une matière première de mauvaise qualité. Dans cet esprit, il est primordial de mettre en place dès la réception du lait ou toutes autres matières premières, des méthodes et des procédures rapides et simple permettant de détecter les anomalies et les pertes possibles de contrôle (Amellal-Chibane, 2008).

### 9.2. Standardisation du mélange

Pour bien assimiler l'importance de la standardisation ou de l'enrichissement du lait sur la qualité finale du yaourt, il est nécessaire de donner le rôle de chaque composante du lait, le gras à un effet sur l'onctuosité et la sensation de douceur à la bouche. Le lactose est la



matière première utilisée pour l'acidification et a un faible pouvoir sucrant, soit quatre fois plus faible que celui de sucre. Les protéines, de par leur coagulation et leur capacité de liaison avec l'eau, agissent sur la texture, particulièrement sur la viscosité, la consistance, l'élasticité et la fermeté. Les minéraux, comme des boulons travaillent à la stabilisation de gel (Vignola, C. I. 2002).

**9.3. Homogénéisation**

Elle a principalement des effets sur deux composantes du lait, soit la matière grasse et les protéines. Le tableau 07 donne les causes possibles d'homogénéisation inadéquate d'un mélange et les incidences sur la qualité du yaourt.

**Tableau 07:** Causes possibles d'homogénéisation inadéquate d'un mélange et les incidences sur la qualité du yaourt (Vignola, C. I. 2002).

<b>Cause</b>	<b>Incidences sur la qualité du yaourt</b>
<b>Pression Trop faible</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Séparation du gras, obtention de deux phases (présence d'une surface très crémeuse).</li> <li>➤ Présence d'un goût d'eau dans le produit non uniformité de la couleur.</li> <li>➤ Produit plus liquide, donc une consistance et une viscosité moindres.</li> <li>➤ Synérèse pression trop forte.</li> </ul>
<b>Pression Trop forte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Diminution dans l'onctuosité.</li> <li>➤ Viscosité et consistance inappropriées en raison d'un bris des protéines, produit plus liquide.</li> <li>➤ Présence de mousse ou de bulles à la surface.</li> </ul>

#### 9.4. Traitement thermique

Une fois la préparation du lait terminée, celui-ci est soumise à un traitement thermique de pasteurisation (90°C à 95°C pendant 3 à 5 min). Ce traitement permet de : Créer des conditions favorables au développement des bactéries lactiques, Détruire les bactéries pathogènes et indésirables, et inactiver les inhibiteurs de croissance (Paci kora, 2004; Jeante *al.*, 2008). Le traitement thermique a également un effet sur la conformation tridimensionnelle des protéines, induisant la modification de leurs propriétés fonctionnelles. Il dénature la majorité des protéines du lactosérum (85%) qui se fixent ainsi sur les molécules de caséines. En fin, il modifie les équilibres salins, en entraînant une augmentation de la taille des micelles de caséines, de leur stabilité et de la qualité de l'eau liée (Mahaut *et al.*, 2000).

#### 9.5. Fermentation lactique

Cette étape généralement appelée phase d'acidification est l'étape caractéristique de la fabrication du yaourt, on peut la décomposer en phase d'ensemencement et phase d'incubation.

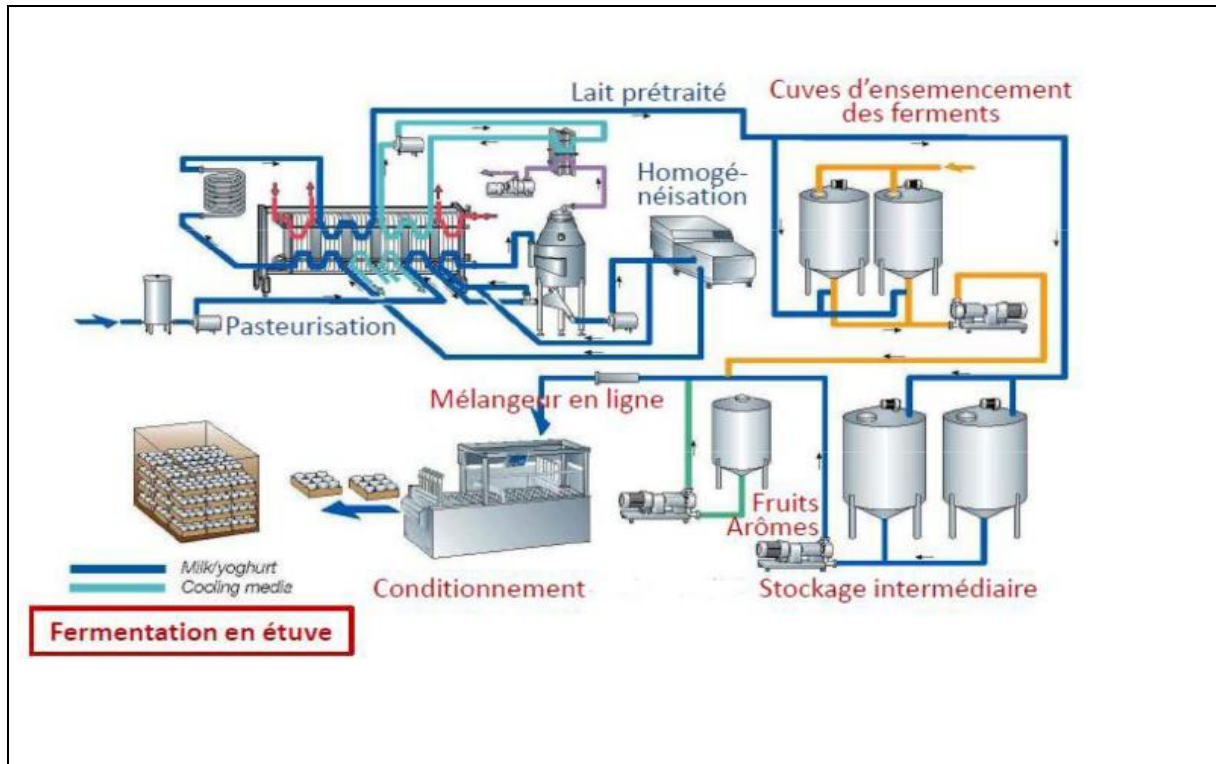
##### 9.5.1. Ensemencement

Après le traitement thermique, le lait est refroidi à la température de fermentation, mis en cuve etensemencé. L'incubation se fait à l'aide d'un levain comprenant exclusivement une ou plusieurs souches de chacune des bactéries spécifiques du yaourt: *Streptococcus salivarius*. *Thermophilus*, et *Lactobacillus delbrueckii* sous-espèce. *Bulgaricus*. Habituellement, on utilise une culture fournie par un laboratoire spécialisé sous forme liquide, Lyophilisée ou congelée. Le lait, amené à une température généralement voisine de 45 °C (entre 42 et 46 °C), estensemencé. Une bonne agitation est nécessaire pour rendre parfaitement homogène le mélange lait ferment. Dans les usines importantes, l'ensemencement se fait en continu. La température optimale de développement du Streptocoque est de 42 -45 °C; celle du Lactobacille de 47-50 °C (Chandan *et al*, 2006). C'est après l'ensemencement que se différencient les procédés de fabrication des yaourts ferme et brassé.

##### 9.5.2. Fermentation du yaourt ferme

Le levain est ajouté au lait ramené à une température entre 42 et 45°C, à raison de 2%, cette addition se faisant en général en continu. Le lait est alors conditionné en pots et ceux-ci sont placés dans une étuve à une température située entre 42 et 45°C, pendant 2 à 3 h, jusqu'à

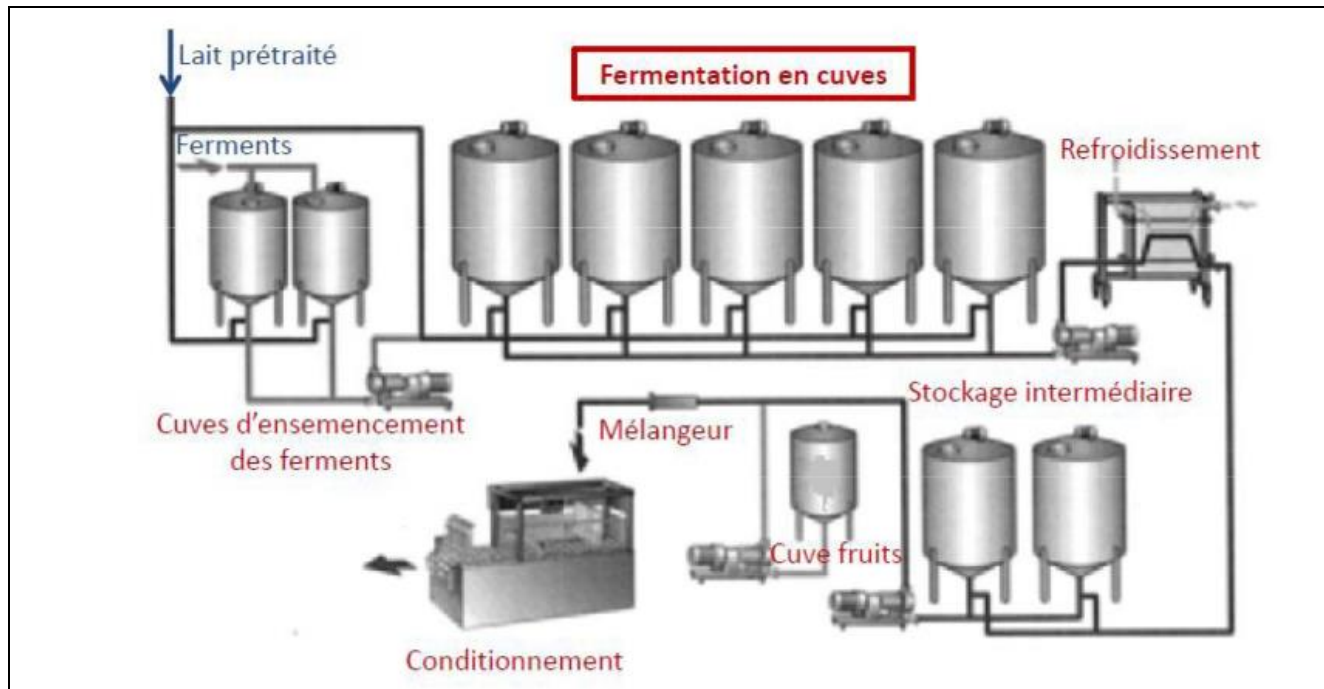
obtention de l'acidité désirée (environ 1% d'acide lactique). Pour les yaourts aromatisés, l'adjonction des arômes de fruits a été réalisée avant la fermentation. La fermentation est stoppée par refroidissement des pots dans des chambres froides fortement ventilées ou dans des tunnels de refroidissement, puis les pots sont stockés à 2-4°C (Nadjri I, 2019).



**Figure 04 :** Diagramme de fabrication du yaourt ferme (Nadjri I, 2019).

### 9.5.3. Fermentation du yaourt brassé

Le lait est maintenu dans un tank à une température entre 42 et 45°C. Après addition du levain, la fermentation se déroule dans le tank. Quand l'acidité désirée est atteinte (environ 1% d'acide lactique), le lait coagulé est brassé, puis refroidi dans un échangeur de température et conditionné dans des pots qui sont aussitôt stockés à 2 à 4°C. Dans le cas des yaourts avec des fruits, une partie du sucre est ajoutée avant la fermentation. L'autre partie est apportée avec les préparations de fruits, ajoutées après refroidissement du caillé. La teneur du lait en saccharose, avant la fermentation, peut atteindre, voire dépasser, 8% et cela peut alors entraîner un ralentissement de la fermentation lactique (Tamime et Robinson, 2000).



**Figure 05 :** Diagramme de fabrication du yaourt brassé (Nadjri I, 2019).

## 9.6. Conditionnement et stockage

L'ajout éventuel des fruits intervient avant le conditionnement. Enfin, les yaourts, conditionnés dans des pots en verre ou en plastique, sont stockés en chambre froide à 4°C. A ce stade, ils sont prêts à être consommés. La durée limite de leur consommation est de 28 jours (Paci kora, 2004; Luquet et Carrieu, 2005). Pendant le stockage, les bactéries lactiques maintiennent une activité réduite. Cette évolution, appelée post-acidification, se traduit par une légère baisse du pH, surtout pendant les 2 premiers jours de stockage (Amellal-Chibane, 2008).

## 10. Les intérêts nutritionnels du yaourt

### 10.1. Amélioration de la digestibilité du lactose

La présence de bactéries lactiques vivantes permet une meilleure assimilation du lactose chez les sujets déficients en lactase. La lactase bactérienne est en effet toujours active lors du passage des bactéries dans le tractus intestinal, elle hydrolyse le lactose résiduel contenu dans le yaourt (30 g/L). Il a été établi que les bactéries doivent être vivantes dans le yaourt au moment de sa consommation pour que cette fonctionnalité soit active (Béal et Sodini ,2003).

**10.2. Amélioration de la digestibilité des protéines**

L'assimilation des protéines du lait est meilleure s'il est consommé sous forme de yaourt ou de lait fermenté. En effet, du fait de l'activité protéolytique des bactéries lactiques, les produits fermentés contiennent plus d'acides aminés libres que le lait avant la fermentation. De plus, les protéines contenues dans ces produits sont plus digestes que celles du lait. Leur structure, plus ouverte après le traitement thermique et la coagulation, facilite l'action des enzymes protéolytiques pendant le transit intestinal (Béal et Sodini ,2003).

**10.3. Amélioration de la digestibilité de la matière grasse**

Bien que l'activité lipolytique soit faible, une augmentation significative en acides gras libres dans un yaourt est constatée (Jeantet *et al.*, 2008).

**10.4. Richesse en sels minéraux**

Le yaourt est riche en calcium, l'acidité et le lactose qui l'accompagne améliorent l'absorption du calcium et les oligoéléments (phosphore et magnésium) .Le calcium assimilé assurent une très bonne déminéralisation osseuse (Jeantet *et al.*, 2008).

**10.5. Action sur les vitamines**

Certaines vitamines sont consommé par les bactéries lactiques (vitamine B12), d'autres sont produits (acide folique) (Martin, 2004).

**Deuxième partie**

**Recherche**

**Expérimentale**

# **Chapitre I**

## **Matériel et méthodes**

## **1. Cadre de l'étude**

Ce travail a été réalisé dans le but d'optimiser la qualité nutritionnelle d'un yaourt à boire en valorisant un co-produit de la transformation céréalière « le germe de blé dur » avec une bonne formulation, allant de la maîtrise de la matière première, des souches lactiques, de la dose d'incorporation du co-produit céréalière et enfin avec une appréciation organoleptique des essais de yaourts fabriqués.

## **2. Lieu de l'étude**

L'étude a été effectuée du 09 avril au 14 mai 2023, au niveau du laboratoire des Sciences et Techniques de Production Animale « LSTPA », situé au niveau de l'atelier agricole de l'université Abdelhamid IBN BADIS de Mostaganem, Route de Hassi Mamèche.

## **3. Préparation du matériel biologique- contrôle et formulation des essais de yaourt à boire**

### **3. 1. Stabilisation thermique du germe de blé**

Après la récupération de germe de blé du moulin, sa durée de vie est très limitée à cause de sa richesse en lipides, de sa teneur en humidité (> à15%) et de sa richesse en enzymes. Le germe de blé pour être stabilisé subit un traitement thermique (qui consiste à placer le germe dans un four ventilé à 75°C sous agitation pendant 03 heures) pour ramener son humidité à 10% en moyenne et pour inhiber les enzymes de dégradation.

### **3. 2. Broyage de germe de blé**

Après séchage du germe de blé, le broyage a été réalisé au laboratoire LSTPA dans un broyeur expérimental de type « Broyeur IKA / N°70/4712 ». Les farines de germe de blé obtenues ont été conservées à +4C° et les prélèvements pour analyses ont été effectués au fur et à mesure des besoins.

### **3. 3. Caractérisation physico-chimique du lait préparé**

- Extrait sec total
- Matière protéique
- Matière grasse
- Lactose
- PH



**❖ Observation**

La caractérisation physico-chimique du lait préparé pour nos essais de yaourt à boire ont été réalisés par un lactoscan milk analyzer de référence « Lactoscan ULTRASONIC/ N°16161 » utilisant comme principe de la spectroscopie IR (infra-rouge) (en annexe A)

**4. Caractérisation physico-chimique du sirop de sucre préparé**

- Brix (par réfractomètre référence KRVSS/ N° DE75167706AR4).

Détermination du Brix

**➤ Définition**

Le Brix est la mesure des matières solides du sucre dans une solution liquide. Elle est généralement utilisée pour déterminer la teneur en sucre dans les produits alimentaires liquides (Scher, 2003).

**➤ Principe**

Le degré Brix, également appelé indice réfractométrique, est basé sur la réfraction de la lumière ; les réfractomètres donnent par simple lecture, l'extrait sec soluble d'un liquide sucré à une température déterminée.

**➤ Mode opératoire**

La cuvette du réfractomètre est remplie avec le produit à analyser. La lecture se fait par simple sur l'oculaire du réfractomètre.

- Extrait sec total (par dessicateur infra-rouge référence IAAXIS N° 378).

**5. Caractérisation physico-chimique du germe de blé**

- Extrait sec total (par dessicateur infra-rouge, référence IAAXIS N° 378).

- Humidité (par dessicateur infra-rouge, référence IAAXIS N° 378).

- Taux de cendres (par four à moufle, référence SAED N° 286118).

**- Détermination du taux de cendres ou de la teneur en cendres (Norme ISO:2171-1980)**

C'est le résidu solide obtenu après incinération (dans un four à moufle) de 5g grammes de farine de germe de blé à 900°C jusqu'à combustion complète de la matière organique. Le

taux de cendres est déterminé par rapport à la matière sèche sel on la formule suivante :

$$\text{Cendres (\%)} = M1 \times \frac{100}{M0} + \frac{100}{100 - H}$$

**M0**: masse de la prise d'essai (en gramme).

**M1**: masse du résidu (en gramme).

**H** : teneur en eau de l'échantillon en % en masse, de l'échantillon pour l'essai.

Taux de cellulose (par la méthode de Weende, référence....)

**-Détermination de la teneur en cellulose: (AFNOR, NFV03-040, FEV.1997)**

Le principe consiste, après dégraissage de la farine de germe de blé, en a traitement du produit à ébullition, par une solution d'acide sulfurique de concentration déterminée, puis séparation et lavage de l'insoluble. L'insoluble obtenu est repris par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration déterminée, après séparation, lavage, dessiccation, et pesée du résidu insoluble la perte de masse par incinération est déterminée.

Le taux de cellulose exprimé en pourcentage est donné par la formule suivante

$$\% \text{ Cellulose} = \frac{P1 - P2}{M} \times 100$$

**Ou:**

**P1**: poids du creuset après séchage.

**P2** : poids du creuset après incinération.

**M**: prise d'essai.

- Taux protéique (par appareil Kjeldahl, référence NA 1158-1990, ISO 1871)

**- Détermination du taux protéique ou de la teneur en protéines totales**

L'azote total est dosé par la méthode KJELDHAL (Norme NA 1158-1990, ISO 1871), dont le principe consiste à minéraliser l'échantillon de poudre de germe de blé par l'acide sulfurique concentré en présence d'un catalyseur. L'azote

organique est ainsi transformé en azote ammoniacal, l'ammoniac est déplacé par la lessive de soude, l'azote est dosé après l'avoir piégé dans de l'acide borique en présence d'un indicateur coloré.

Le coefficient de conversion de l'azote en protéines totales retenu est de 5,7 pour la farine de blé (Bourdet, 1976).

Les résultats sont exprimés en pourcentage de protéines rapporté à la matière sèche.

- Taux lipidique (par appareil de Soxhlet, référence NA 1158-1990, ISO 1871)
- **Détermination du taux lipidique ou de la teneur en lipides brutes (Norme AFNOR NF.VO3-713,1980)**

L'extraction des lipides de la farine de germe de blé a été réalisée dans un appareil de type SOXHLET par l'éther de pétrole pendant 5 heures. Le taux des lipides dans la farine de germe de blé est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Taux des lipides}(\%) = \frac{P_f - P_i}{M} \times 100$$

**Ou :**

**Pf:** poids du ballon contenant les lipides (en gramme).

**Pi:** poids initial (ballon vide) (en gramme).

**M:** prise d'essai.

## **6. Formulation et caractérisation physico-chimique des yaourts à boire formulés**

Les taux d'incorporation de la farine de germe ont été choisis comme suit : 0,5 - 1 et 1,5% selon les recommandations de la fédération internationale du lait FIL 2018. Voir diagramme de fabrication ci-dessous.

Le levain de bactéries lactiques a été préparé à partir du souchier du laboratoire de recherche des sciences et techniques de production animale issu des travaux de Dahou *et al.*, 2016.

## 7. Diagramme de fabrication du yaourt à boire

### ➤ Procédé de préparation du yaourt à boire

- Le diagramme de la préparation du yaourt à boire a été établi comme suit :
- Reconstitution des laits avec une poudre de lait low-heat avec de l'eau déminéralisée à 40°C
- Pasteurisation à 92°C avec chambrage de 2 minutes
- Refroidissement de la préparation laitière à 42°C
- Ensemencement du lait avec 3% de levain lactique thermophile
- Incubation à 42°C pendant 4H30
- Contrôle du PH (pour atteindre un PH iso-électrique de 4,6)
- Décaillage et brassage à 15°C
- Incorporation du germe de blé à diverses doses expérimentales (0,5- 1 et 1,5%) en mélange avec le sirop de saccharose.
- Mélange homogène de la préparation
- Refroidissement à 04°C
- Conservation à DLC de 21 jours.

## 8. Contrôle de la qualité microbiologique et physico-chimique des yaourts préparés

La recherche des microorganismes dans tous les produits laitiers destinés à la consommation humaine est obligatoire, car certains d'entre eux pourraient être à l'origine de maladies infectieuses microbiennes, de toxi-infections alimentaires collectives (TIAC), et d'altération de certains produits. Ces microorganismes constituent les paramètres ou les critères microbiologiques à rechercher dans ces produits (Guiraud, 2003). Le but des analyses microbiologiques est d'assurer que les différents yaourts préparés sont de bonne qualité microbiologique. Toutefois, avant de procéder à ces analyses, il faut passer par l'étape de préparation.

➤ **Préparation de la solution mère**

Pour la préparation de la solution mère on procède comme suit : Dans un flacon de 250 ml stérilisé, 25 ml de yaourt et 225 ml de diluant (eau physiologique) ont été versés. Toute fois, il faut noter que pour la recherche des salmonelles, le diluant utilisé est l'eau peptonée.

➤ **Préparation des dilutions décimales**

Dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau physiologique, 1 ml de la solution mère est versé pour avoir la dilution  $10^{-1}$ . Ensuite, 1 ml de cette dernière est mélangé avec 9 ml d'eau physiologique pour obtenir la dilution  $10^{-2}$ , et ainsi de suite jusqu'à la dilution  $10^{-6}$ .

➤ **Germes recherchés (voir tableau 08)**

<b>Germes Recherchés</b>	<b>Milieux utilisés</b>	<b>Durée d'incubation</b>	<b>Températures d'incubation (°C)</b>
<b>Flore totale</b>	<b>PCA</b>	<b>24h</b>	<b>30°C</b>
<b>Coliformes totaux</b>	<b>VRBL</b>	<b>48h</b>	<b>37°C</b>
<b>Coliformes fécaux</b>	<b>VRBL</b>	<b>24h</b>	<b>44°C</b>
<b>Levures et Moisissures</b>	<b>SABOURAUD</b>	<b>3jours</b>	<b>25°C</b>
<i>Staphylococcus aureus</i>	<b>GC et Chapman</b>	<b>24h</b>	<b>37°C</b>
<b>Salmonelles</b>	<b>SFB et Hektoen</b>	<b>24 à48 h</b>	<b>37°C</b>
<b>Flore lactique</b>	<b>M17etMRS</b>	<b>24h</b>	<b>37°C</b>

**Observations**

La composition des milieux utilisés et le mode opératoire des analyses sont (en annexe B, C, D)

La qualité physico-chimique des yaourts préparés s'est basée sur le contrôle de :

- L'extrait sec total %.
- Le PH.

- L'acidité °D.
- Matière grasse.
- Matière protéique.
- Lactose.
- La viscosité.

### **-Détermination de la viscosité**

#### ➤ **Définition**

La viscosité du yaourt fait partie des critères de qualité de ce dernier, et ce, quelque soit le type (ferme, brassé ou à boire). La texture du yaourt est évaluée par la mesure de sa viscosité.

La viscosité est définie comme étant la résistance à l'écoulement d'un système soumis à une contrainte tangentielle. Elle est exprimée en N.S/m<sup>2</sup>, Pa. ou centipoises (10<sup>-3</sup> Pa.s).

Celle-ci dépend de 4 paramètres indépendants :

- La nature physico-chimique du produit
- La température du produit
- La pression
- Le gradient de vitesse
- Le temps

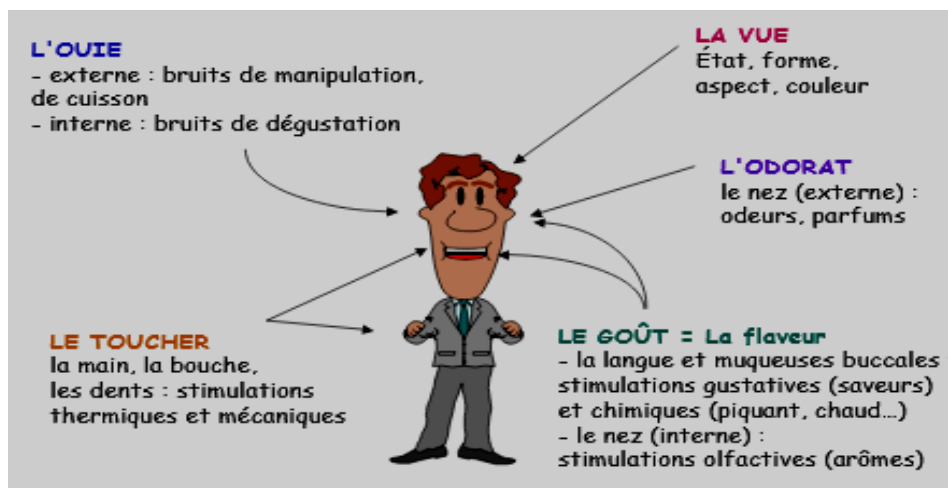
La viscosité du yaourt représente la dureté, l'adhérence, la cohésion et la résistance à l'écoulement des laits fermentés (Vasiljevic *et al.*, 2016). La viscosité s'est faite sur un appareil de type (référence Viscomètre de rotation à Bille RHEOTEST KF3.2/736) et en utilisant la formule décrite sur le manuel de l'appareil.

## **9. L'évaluation sensorielle des yaourts préparés**

L'évaluation sensorielle a été réalisée sur la base d'un test de préférence ou d'acceptabilité. Le test de préférence consiste à comparer les yaourts préparés par rapport à un témoin. L'évaluation sensorielle établie par le va permettre de classer les produits préparés selon un ordre de préférence ou d'acceptabilité du sujet. Cette évaluation

sensorielle consiste à accorder une note sur une échelle établie sur la fiche dégustation (en annexe E) à chacun des yaourts à boire préparés lors de l'étude.

Les cinq sens intervenant dans l'évaluation sensorielle sont définis sur la figure 06.



**Figure 06 :** Les cinq sens intervenant dans l'évaluation sensorielle (Toussain F., 2003)

## 10. Détermination et calcul de la valeur énergétique

Deux principes sont à la base pour l'évaluation de la valeur énergétique d'une denrée:

Toute partie digeste d'un aliment fournit, après son assimilation dans l'organisme, un nombre de calories en rapport avec la quantité ingérée.

Les constituants principaux des aliments (protéines, graisses, hydrate de carbone) peuvent généralement se substituer les uns aux autres (loi de l'isodynamie) il s'ensuit que le nombre total de calories d'une denrée alimentaire s'obtient directement par l'addition des valeurs caloriques des différents nutriments.

- **Valeurs calorique moyennes:**

- Protéines 4Kcal/g (17KJ)
- Lipides 9 Kcal/g (38 KJ)
- Glucides (hydrate de carbone assimilable) 4Kcal/g (17KJ)

- **Calcul de la valeur calorique de denrée**

Après avoir déterminé les teneurs suivantes:

- P.B, protéines brutes(Protides),
- M.G, matière grasse(Lipides),
- C.B, cellulose brute (Fibres alimentaires),
- S.T, sucres totaux. (Sucres+Amidon).

On multiplie les teneurs de chaque composant en (g) gramme par les valeurs caloriques moyennes et on fait la somme d'où l'énergie brute calorique(E.B) est égale à :

$$\mathbf{E.B = 4 \times P.B + 9 \times M.G + 4 \times (C.B + S.T).}$$

La valeur calorique est donnée en Kcal/100g ou 100 ml de denrées ou en KJ/100 g ou 100 ml (1Kcal=4,18 KJ).



# **Chapitre II**

## **Résultats et discussion**

## 1. Caractérisation physico-chimique de la matière première et des ingrédients utilisés

Les résultats de l'analyse physico chimique de la matière première « le lait préparé » et des ingrédients (le sirop de saccharose et le germe de blé dur valorisé) sont représentés sur les tableaux (9 ; 10,11, 12, 13, 14, 15,16).

**Tableau 09:** Résultats de l'analyse physico-chimique du lait préparé.

Les paramètres contrôlés	Résultats	Critères de la FIL
<b>pH</b> : potentiel hydrogène	06.51	6.45 à 6.7
<b>D</b> : Densité à 20°C	1.037	>à 1.035
<b>FP</b> : Point de congélation °C	-0.662°C	-0,650 à -0670
<b>T</b> : Température °C	29°C	10°C (température de réhydratation)
<b>F</b> : Matière grasse %	3.58	2 à 2.5
<b>C</b> : Taux de cendres %	0.529	>à 0.5
<b>S</b> : Matière sèche %	11.75	>à 11.5
<b>P</b> : Protéines %	03.61	>à 3.5
<b>S'</b> : Taux de salinité %	00.80	≤ 0.85
<b>L</b> : Lactose %	05.52	>à 4.5

### 1.1. La qualité physico-chimique du lait préparé

La qualité physico-chimique du lait préparé pour les essais de nos yaourts à boire est conforme aux critères définis par la Fédération Internationale du Lait, FIL 2018 (critères comparatifs sur le tableau N°)

Avec un pH de 6,51, une densité de 1.037 à 20°C, un point de congélation de -0,662°C, une matière sèche de 11,75 % et un taux protéique de 3,61%. Sans oublier le lactose nécessaire à la fermentation lactique >à 5%.

Néanmoins ce lait nécessite un écrémage pour abaisser la matière grasse à 2%.

La qualité d'un lait pour yaourt passe par la maîtrise des éléments variables du lait (les protéines et la matière grasse) et des éléments stables qui sont surtout le lactose et la teneur en

eau représentée dans cette analyse par le point de congélation qui détermine le mouillage des laits.

Nos résultats concordent avec ceux de La Blondel, 2007 et La Montagne, 2002.

### 1.2. La qualité physico-chimique du sirop de saccharose préparé

**Tableau 10:** Résultats du contrôle du brix du sirop de saccharose

Désignation	Brix en °
Sirop de saccharose préparé	28

D'après les résultats obtenus, le sirop de saccharose préparé présente un degré Brix de 28°, cette valeur est conforme à la norme de la Fédération internationale des laiteries (FIL.2018). Avec ce brix (taux de sucre pour 100 ml de volume utilisé par préparation), la consistance et le goût du yaourt préparé sera amélioré

Les sirops sont des solutions aqueuses contenant du sucre et un ou plusieurs principes actifs. Ils sont caractérisés par une consistance visqueuse.

Le sucre est surtout utilisé pour :

- ❖ conserver le produit fini;
- ❖ aider à masquer le goût désagréable que peut apporter le lait et les ingrédients ajoutés ;
- ❖ améliorer le goût ;
- ❖ améliorer la consistance.

La concentration en sucre doit être proche mais inférieure au point de sursaturation: la concentration en sucre doit être dans une préparation yaourt entre 6 et 9 % en masse de produit fini : le yaourt.

- ❖ un pourcentage plus faible rend le yaourt facilement altérable à la conservation car le sirop de saccharose est un très bon nutriment pour les micro-organismes utiles en post-acidification;

- ❖ un pourcentage plus élevé provoque la cristallisation d'une partie du sucre sur le produit fini quand la température de stockage est  $< 4^{\circ}\text{C}$ . Ces critères concordent avec ceux de Sodini et Beal, 2012.
- ❖ Avec ce brix, la dose du sucre dans la masse sera de 7%.

### 1.3. La qualité physico-chimique du broyat du germe de blé dur

**Tableau 11:** Caractéristiques physico-chimiques du broyat de germe de blé dur analysé.

Echantillon obtenu	Glucides Brutes %	Fibres%	Cellulose%	Protéines%	Lipides%	Eau%	Minéraux %	Extrait sec du broyat %
Sarl Sosémie	21%	5,4%	4,1%	26,5%	8,7%	16,2%	3,8%	83,5%

D'après nos résultats, l'échantillon de germe de blé dur obtenu de l'industrie céréalière locale a une teneur en eau de 16,2%. Cette teneur n'est pas conforme pour une incorporation dans un produit laitier fermenté sachant que la tolérance admise pour le germe de blé destiné au traitement thermique de stabilisation avant son utilisation en industrie laitière est égale ou inférieure à 10%.

D'après, Feillet(2000), l'humidité est considérée comme un facteur crucial dans les phénomènes microbiologiques lors de la conservation des matières premières céréalières dont les issus de la transformation céréalière.

La détermination de la teneur en eau des issus de la transformation céréalière dont le germe de blé révèle une importance capitale car elle permet :

- De prévenir le comportement du germe de blé récupéré de la première transformation à une éventuelle conservation et utilisation.
- De déterminer la quantité d'eau à ajouter au cours de la formulation

Une teneur en eau élevée peut entraîner une prolifération microbienne et une activité enzymatique pouvant détériorer la valeur nutritionnelle et la qualité organoleptique du produit (lipolyse, protéolyse et synthèse d'aflatoxines).

L'extrait sec total du broyat de germe de blé dur obtenu est normatif se situant entre 83,5% (norme tolérée supérieure à 82%). Comparant nos résultats à ceux de Adrian, 2004 et de Doumandji et al., 2003, l'extrait sec total des matières premières et des issus de meunerie est déterminant dans le calcul des rendements de toute utilisation alimentaire, soit dans la formulation alimentaire (humaine) et aussi dans la détermination des dates limites de conservation des matières et des produits finis lors de leur stockage.

Le taux de cendres de notre échantillon de germe de blé issus des différentes variétés collectées est entre 3,8. Ce taux se situe bien dans l'intervalle normatif supérieur à 3% et inférieur à 6%.

Ces résultats témoignent probablement la bonne qualité nutritionnelle de notre broyat de germe de blé.

Selon (Aouir, 2003 ; Lebet, 2004 et Novak, 2004), le suivi de la teneur en cendres permet non seulement d'apprécier la qualité nutritionnelle, mais aussi de détecter des contaminations possibles si le taux de cendres dépasse 7%.

Cette variation dans la teneur en cendres peut s'expliquer par un certain nombre de facteurs tels que;

-Le facteur génétique (richesse minérale du grain, la répartition minérale, la dureté et la grosseur du grain).

-Le facteur écologique : sols, climat, façons culturales, amendements, état physiologique et pathologique.

-Les facteurs technologiques (nettoyage, conditionnement, taux d'extraction, diagramme de mouture, traitements particuliers).

La méthode de récupération de germes peut être un facteur pouvant aussi faire varier la teneur en cendres.

Dans notre étude, le taux des lipides du germe de blé est de 8,7% qui sont respectives à la norme définie de 8 à 12%. Il faut noter que les lipides du germe de blé sont de valeur alimentaire et diététique et peuvent être utilisées dans diverses applications alimentaires.

Les lipides du germe de blé sont hydrolysables, oxydables et diminuent la stabilité du germe de blé à la conservation. Pour palier à cette altération on doit procéder à la stabilisation du germe de blé récupéré de la transformation par la température de conservation et une ambiance contrôlée : Chabane et al., 2000 ; Krings et al., 2000 ; Novak, 2004 et Willon, 2005.

La teneur en protéines dans notre broyat de germe de blé valorisé est de 26,5%. Cette teneur montre une bonne qualité du germe de blé utilisé (Zhu et al., 2006).

Ces proportions obtenues sont considérées comme une source d'enrichissement protéique que pourra apporter le germe de blé pour toute formulation alimentaire soit pour notre yaourt.

La fraction protéique du germe de blé dur dans son aspect qualitatif et quantitatif est un élément déterminant dans la formulation alimentaire ainsi que dans la valeur nutritionnelle du produit fini formulé.

Le taux de la cellulose brute dans le broyat de germe de blé est de 4,1%. Ce résultat concorde avec celui de Kapranchikov et al., 2004, où ce taux obtenu, donne un plus à la valeur énergétique et digestible de toute formulation alimentaire.

Les fibres alimentaires qui sont incontestablement nécessaires en technologie alimentaire constituent la composante complémentaire de la cellulose brute des issus céréaliers et représentent dans notre échantillon étudié un taux de 5,4 %. Leur structure linéaire (homopolymère), fibrillante et partiellement cristalline, résistant à l'hydrolyse représente 40% de la masse du péricarpe (Feillet, 2000).

Selon Chabane et al., 2000, cette structure lui confère un certain nombre de propriétés fonctionnelles: Elle peut être utilisée comme agent:

- ❖ Anti -agglomérant,
- ❖ Émulsifiant,
- ❖ Stabilisant,
- ❖ De dispersion,
- ❖ Épaississant,
- ❖ gélifiant, et surtout agent ayant un pouvoir d'absorption en eau élevée. En effet le mélange cellulose-fibres alimentaires peut absorber jusqu'à 11 fois d'eau.

La valeur obtenue lors de la détermination de la teneur en glucides brutes est de 21% dans l'échantillon de germe de blé utilisé. Cette valeur est normative, selon Willon, 2005. Ces glucides bruts constituent un ingrédient alimentaire complémentaire dans toute formulation nutritionnelle.

## 2. Résultats des analyses physico-chimiques des essais de yaourt à boire au broyat de germe de blé

Au jour de préparation, au jour J+10 et à DLC au jour J+21.

**Tableau 12:** Résultats des analyses physico-chimiques des essais de yaourt à boire enrichi avec du broyat de germe de blé dur (du jour de préparation au jour J+10).

Critère analysé	Au jour de préparation	Au jour J+10
Extrait sec total%	18,5	18,7
Matière grasse % (A)	1,7	1,7
Matière protéique% (B)	3,8	3,8
Lactose% (C)	2,1	1,7
Acidité °Dornic	98	104
Ph	4,6	4,4
Viscosité (centipoises)	730	715
Valeur calorique Kcal= (Ax9 kcal) + (Bx 4kcal) + (Cx4kcal)	38,9	37,3

**Tableau 13:** Evolution de la qualité physico-chimique des essais de yaourt à boire enrichi avec du broyat de germe de blé dur (à DLC au jour J+21).

Critère analysé	Témoin	0,5% germe de blé	1% de germe de blé	1,5% de germe de blé
Extrait sec total%	17,2	17,7	17,9	18,1
Matière grasse % (A)	1,7	1,7	1,7	1,7
Matière protéique% (B)	3,4	2,8	2,7	2,58
Lactose% (C)	1,5	1,2	1,4	1,6
Acidité °Dornic	126	128	132	136
PH	3,6	3,5	3,45	3,38
Viscosité (centipoises)	714	697	665	652
Valeur calorique Kcal= (Ax9 kcal) + (Bx 4kcal) + (Cx4kcal)	34,9	31,3	31,7	32,42

D'après les résultats de détermination de l'extrait sec total par rapport à l'échantillon témoin et les 3 essais, on observe une diminution de la valeur de l'extrait sec total des yaourts à boire enrichis avec du broyat de germe de blé, selon La Blondel, 2007, les teneurs en matières sèches laitières pour le yaourt se situaient entre 14 et 16 % avec des valeurs qui varient de 17,2 à 18,7%, dans notre cas une stabilité de la matière sèche à 18% est observée pour le yaourt à boire enrichi avec 1,5% de germe de blé.

Cet extrait sec tend vers la baisse à J+21 à cause des activités métaboliques de la flore lactique qui continue à utiliser les nutriments du substrat, le yaourt à boire, pour leur survie et leur viabilité.

Dans la même optique, la matière protéique sur les yaourts à boire diminue avec leur évolution en conservation et à DLC. Les normes FIL, 2018 prévoient une teneur protéique à DLC autour de 2,5%.

Les valeurs du lactose du produit fini témoin et des 3 essais d'incorporation de broyat de germe de blé donnent une diminution de la valeur du lactose avec l'évolution à DLC des yaourts.

Cette teneur en lactose est expliquée par la post-acidification qui a entraîné la transformation du lactose en acide lactique. La post-acidification expliquée par l'évolution de l'acidité Dornic du jour J à DLC (jour J+21). Selon Vignola, 2002, la conservation réfrigérée du yaourt n'arrête pas complètement l'activité métabolique bactérienne. Ce qui confirme le potentiel hydrogène induit par les hydrolyses des molécules organiques et l'abaissement du pH de la production des yaourts à leur DLC.

Les résultats des valeurs de viscosité montrent une diminution de viscosité avec l'évolution du produit fini.

La viscosité du yaourt témoin au jour de préparation est de 730 Cpa et atteint après 21 jours la valeur 710 Cpa.

Par contre pour les essais préparés avec des enrichissements en broyat de germe de blé de 0,5 à 1,5%, la viscosité passe respectivement de 730 à 697, 665 et 652 Cpa après 21 jours de conservation.



### 3. Résultats des analyses microbiologiques du yaourt à boire enrichi avec du broyat de germe de blé dur

**Tableau 14:** Résultats des analyses microbiologiques du yaourt à boire enrichi avec du broyat de germe de blé dur au jour de préparation.

Germes	Dénombrement germe/ml	Normes JORA N° 35
Coliformes	02	10
Coliformes fécaux	00	1
Staphylococcus aureus	00	10
Levures	18	$< 10^2$
Moisissures	Absence	Absence
Salmonella	Absence	Absence
Flore lactique thermophile à 42°C	$8 \cdot 10^6$	$> 10^6$

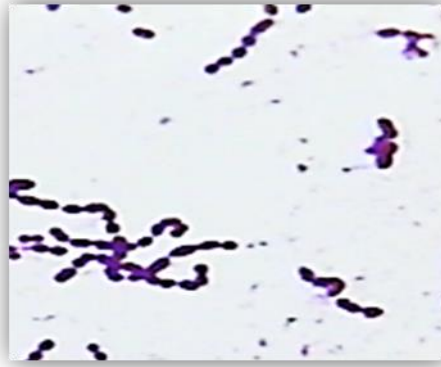
**Tableau 15 :** Résultats des analyses microbiologiques du yaourt à boire enrichi avec du broyat de germe de blé dur au jour J+10

Germes	Dénombrement germe/ml	Normes JORA N° 35
Coliformes	00	10
Coliformes fécaux	00	1
Staphylococcus aureus	00	10
Levures	56	$< 10^2$
Moisissures	Absence	Absence
Salmonella	Absence	Absence
Flore lactique thermophile à 42°C	$1,5 \cdot 10^7$	$> 10^6$

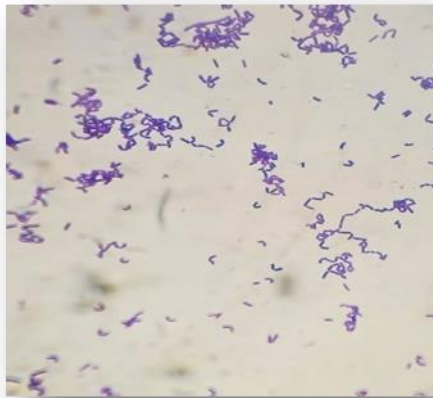
**Tableau 16 :** Résultats des analyses microbiologiques du yaourt à boire enrichi avec du broyat de germe de blé dur au jour J+21.

Germes	Dénombrement germe/ml	Normes JORA N° 35
Coliformes	00	10
Coliformes fécaux	00	1
Staphylococcus aureus	00	10
Levures	82	$< 10^2$
Moisissures	Absence	Absence
Salmonella	Absence	Absence
Flore lactique thermophile à 42°C	$3 \cdot 10^6$	$> 10^6$

On constate d'après la comparaison aux normes du journal officiel Algérien N°35 du, que tous les résultats obtenus sont conformes (seuil de pathogénité et d'altérabilité inférieure à la norme). Les résultats concernant la flore lactique représentée par les 02 bactéries lactiques utilisées dans la production du yaourt (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*), montrent clairement leur parfaite conformité aux normes. La culture de cette flore est très satisfaisante dans le cas d'un yaourt à boire nature enrichi avec du germe de blé. L'incorporation du germe de blé n'a pas influé sur la qualité microbiologique du yaourt. Ceci est probablement lié à la composition du milieu, le broyat de germe de blé est riche en nutriments qui sont indispensables au développement de la flore lactique et la production de métabolites organiques assurant une bio protection du produit même arrivé à DLC. Amellal et al., 2012 a noté que la culture de la flore lactique est importante dans les yaourts enrichis par des issus de la transformation céréalière.



**Figure 07 :** Aspect microscopique du  
Streptococcus thermophilus (grossissement x 100)



**Figure 08 :** Aspect microscopique du  
Lactobacillus bulgaricus (grossissement x 100)

#### 4. L'évaluation sensorielle des yaourts préparés

La plupart des dégustateurs ont préféré le produit témoin soit apprécié pour son état de surface et de sa texture fine non grumeleuse. Pour les autres l'appréciation de l'état de surface et la texture des produits préparés a été en proportion égale sur la formulation N°01 (avec 0,5% de broyat de germe de blé). La plupart des dégustateurs ont trouvé la texture du yaourt visqueuse avec une surface fluide et brillante.

❖ **Sur un aspect visuel :** La plupart des panélistes ont préféré le produit témoin et la

formulation N°01(avec 0,5% de broyat de germe de blé), appréciés pour leur état de surface et leur texture visqueuse.

- ❖ **Sur un aspect olfactif :** La plupart des dégustateurs ont apprécié l'arôme des préparations du yaourt à boire, lactique qui présentant une intensité typée due à la fermentation lactique et le développement de métabolites caractéristiques au yaourt.
- ❖ **Sur un aspect gustatif :** La plupart des dégustateurs ont apprécié l'arôme du yaourt naturel avec une intensité typée.

La classification des dégustateurs ont approuvé à 48% la formulation du yaourt à boire avec 0,5% de broyat de germe de blé , suivie à 46% par le témoin, 4% la préparation avec 1% de broyat de germe de blé et 2% la formulation du yaourt à boire avec 1,5% de broyat de germe de blé.

En effet plus le taux de broyat augmente, plus le produit fini ne présente un goût de gras non apprécié dû aux acides gras libres ramenés par le germe de blé. Cela est confirmé par les travaux réalisés, sur des produits laitiers similaires, par Guichard *et al.*, 2012.

## 5. Valeur énergétique des yaourts préparés

La valeur calorique est donnée en Kcal /100g ou 100 ml de denrées ou en KJ/100 g ou 100ml (1Kcal= 4,18KJ).

La valeur calorique des préparations de yaourts avec du broyat de germe de blé (à DLC) varie de 31,3 à 32,42 kcal /100 g de produit contre 34,9 Kcal % g pour le témoin. Ces valeurs sont en conformité avec celles recommandées par la FIL, 2018 (30 à 40 Kcal pour 100 g de yaourt).

Ces valeurs sont inversement proportionnelles à la richesse du germe de blé en nutriments : la cellulose brute, les fibres alimentaires, les glucides, les lipides et les protéines (Lebet, 2004).

# **Conclusion**

L'objectif du travail présenté dans ce mémoire est la valorisation d'un coproduit de la transformation céréalière en le valorisant dans un la préparation d'un lait fermenté de type yaourt à boire afin d'obtenir un aliment fonctionnel à caractère nutritionnel, améliorant la digestibilité et à effet thérapeutique.

A l'issue des différentes formulations de yaourt, leur suivi à DLC et le test de dégustation, le yaourt à base de 0,5% de germe de blé sous forme de broyat s'est révélé comme la meilleure formulation. En effet, celui-ci présente un faible taux de matière grasse, une force de gel élevée, une légère synérèse. De plus, il se caractérise par une valeur énergétique très appréciable lui attribuant une valeur nutritionnelle et thérapeutique remarquables.

Les résultats des analyses microbiologiques des yaourts préparés et de la viabilité des cultures lactiques utilisées montrent clairement leurs parfaite conformité aux normes, ce qui offre aux yaourts sélaborés une meilleure stabilité et une bonne qualité hygiénique.

Au terme de ce travail, il ressort qu'il est possible de valoriser un sous-produit de la première transformation céréalière, le germe de blé dur afin de produire un yaourt nature sucré. De plus, ce yaourt est enrichi en glucides brutes qui procurent au yaourt une bio protection par les acides organiques produites en post-fermentation du lactose, faisant de lui, un aliment bénéfique pour l'organisme et donc fonctionnel.

En perspectives, cette formulation pourra être améliorée avec l'extraction préalable des lipides du germe de blé pour les valoriser dans d'autres utilisations et améliorer la qualité gustative des yaourts obtenus.

# **Les annexes**

---

## Annexe A

### **a- Matériel utilisé pendant les manipulations**

- Agitateur
- Broyeur
- Bain-marie (memment)
- Balance analytique
- Thermomètre
- PH mètre
- Lactoscan
- Réfractomètre
- Dessiccateur
- Four à moufle
- Appareil de Kjeldahl
- Appareil de SOXHLET
- Viscosimètre
- Centrifugeuse
- Etuve bactériologique (30°C et 45°C)
- Distillateur
- Burette
- Bec benzène
- Autoclave
- Réfrigérateur
- Tube à essai verre
- Papier filtre
- Papier aluminium
- Cellophane plastique

### **b- La verrerie**

- Becher 250 ml
- flacon de 250 ml
- Fioles jaugé de 100 et 300 ml
- Boîtes de pétries en plastiques de 90 mm de diamètre
- Erlen Meyer de 300 ml



- Burette graduée 25ml.
- Cônes bleus
- Propipette 25ml
- Micropipettes (100-1000 ul)
- Pipettes graduée de 0.1, de 10ml et de 25 ml
- Pipettes pasteur
- Eprouvettes graduées (100ml -500ml).

### **c- Réactifs**

- Acide borique
- Acide chlorhydrique
- Acide sulfurique
- Eau distillée
- Ether de pétrole
- Glucose
- Hydroxyde de sodium
- Phénol, Soude
- Sulfate de cuivre
- Sulfate de potassium
- Liqueur de Fehling

## Annexe B

### Composition des solutions de titrage

#### ➤ Solution de NaOH 1mol

Eau distillé .....	1000ml
NaOH.....	40g

#### ➤ Solution de HCL 1mol

Eau distillé .....	100ml
HCL.....	4ml

## Annexe C

### Composition des diluants (g/l)

#### ➤ Eau physiologie 9 /ml

NaCl .....	9g
Eau distillée .....	1000 ml

## Annexe D

### Composition les milieux de culture (g/l)

#### ➤ Eau peptonée tomponnée

Peptone .....	1g
NaCl.....	8,5g

PH 7.2

#### ➤ Bouillons sélénite (L cystine)

Tryptone .....	5g
Lactose.....	4g
Phosphate dissodique.....	10g
Hydrogeno sélénite de sodium.....	4g

---

L-cystine ..... 10mg

PH= 7,2

### Milieux solides

#### ➤ Gélose PCA (Plate Count Agar)

Peptone de caséine.....5g

Extrait de levure.....2,5g

Glucose.....1g

Agar.....18g

Eau distillée q.s. p .....1000 ml

pH =7 ±0.2 à 37°C

#### ➤ Milieu MRS (Man Rogosa et Sharpe)

Extrait de levure .....8g

Extrait de viande .....4g

Acétate de sodium.....5g

Citrate de sodium .....2g

Glucose .....20g

KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> .....2g

MgSO<sub>4</sub>.....0,2g

MnSO<sub>4</sub>.....0,05g

Tween80 .....1ml

Eau distillée q.s. p .....1000 ml

PH= 6.5±0.2 à 37°C

#### ➤ Milieu VRBL

Peptone.....7g

Extrait de levure.....3g

Lactose.....10g

Chlorure de sodium .....5g

Mélange sel biliaire.....1,5g

Cristal violet.....0,002g

---

Rouge neutre.....	0,03g
Agar -agar .....	2 à 18g
Eau distillée.....	1000ml

PH= 7,4.

➤ **Milieu M-17**

Extrait de levure .....	2,5g
Extrait de viande.....	5g
Peptone de caséine .....	2,5g
Peptone de viande .....	2,5g
Peptone de soja .....	5g
Acide ascorbique .....	0,5g
B-glycérophosphate de sodium .....	19g
Agar .....	18g
Sulfate de magnésium .....	0,25g
Eau distillée q.s. p .....	1000ml

PH=7.1±0.2 à 37°C

➤ **Milieu Sabouraud**

Peptone de viande .....	5g
Peptone de caséine .....	5g
Glucose.....	20g
Eau distillée.....	1000 ml

➤ **Milieu Giolitti Cantonii GC**

Peptone de caséine .....	10g
Extrait de levure.....	5g
Extrait de viande.....	5g
Chlorure de lithium.....	5g
Mannitol.....	20g
Chlorure de sodium.....	5g
Glycine.....	1,2g
Pyruvate de sodium .....	3g

---

➤ **Gélose Chapman**

Peptone .....	10g
Extrait de viande.....	1g
Chlorure de sodium.....	75g
Rouge de phénol.....	25g
Mannitol.....	10g
PH=7,5	

➤ **Milieu Hektoen**

Peptone.....	12g
Extrait de levure.....	3g
Lactose.....	12g
Saccharose .....	12g
Salicine .....	2g
Citrate de fer ammoniacal.....	1.5g
Fushine.....	0,1g
Bleu de bromothymol .....	0,065g
NaCl .....	5g
Agar .....	14g
Eau.....	1000 ml
PH=7,6	

## Annexe E

## Fiche d'analyse sensorielle comparative des yaourts à boire

Date :

Nom de dégustateur :

Fonction :

lieu :

Type de yaourt

Examen	Nom du produit	Points à examiner	Vocabulaire
1/Visuel		Etat du yaourt	Surface : lisse, exsudée, fluide Etat : fine, épaisse, brillant
		Produit	Texture : ferme, cassante, sableuse
2/Olfactif		Aromes	Lactique: lait frais, naturel, Autres: Diacétyl, fermenté, Synthétique
		Intensité	Forte, fade, typée,
3/Gustatif		<b>Saveurs</b>	Description de la saveur: Sucrée, acide, amer Description des sensations: Douceur, crémeux, fondant, onctueux Description de la finale bouche: Agréable, très typique, riche en arôme, intense, persistante, plutôt courte

Note d'appréciation sur 10 points: à noter sur la base des résultats formulés par les dégustateurs

Etat du yaourt:

Surface: lisse 0 pts, exsudée: 0pts, fluide: 1pts

Etat : fine 1 pts, épaisse 0,5 pts, brillant: 0,5 pts

Produit

Texture Ferme: 1 pts, cassante: 0pt, sableuse: 0pt, Visqueux 1pts

Arômes: lactique 0,5pts, autres: 0pts

Intensité: typée 0,5 pts autres: 0pts

Description de la saveur: sucrée:0,5 pts, acide: 0,5 pts, amer: 0pts

Description des sensations: Douceur: crémeux: 0,5 pts, fondant 0,5 pts, onctueux: 1pts

Description de la finale bouche: Agréable: 1pts, très typique:0,5pts, riche en arôme:0,5 pts, autres: 0pts

# Liste des références



**A**

**Adrian J. (2004).** La composition du germe de blé et sa valeur nutritionnelle. Ind des céréales N°137. Avril/mai. 913p.

**Anonyme. (2012).** <http://www.composition-des-aliments.fr/analyse-france/germe-ble>.

**Arshad M.U., Anjum F.M., and Zahoor T. (2007).** Nutritional assessment of cookies supplemented with defatted wheat germ. Food Chemistry (102). p123-128.

**Aboudaou M, (2011).** Essai d'incorporation du germe du blé tendre dans une farine à tendance biscuitière. Mémoire de Master en Sciences agronomiques. Université d'E.N.S.A-EL Harrach Alger.

**Ahmed Messaoud N, (2013).** Enrichissement du yaourt brassé en germe de blé tendre. Mémoire de Master Académique en Sciences de la Nature et de la Vie. Université Saad Dahlab de Blida.

**Anonyme, (2011).** <http://www.biolineaires.com/articles/nutrition/256-germes-de-ble.html>

**Anonyme, (2011).** Les bénéfices des yaourts sur la santé : mythe ou réalité ([http://www.doctissimo.fr/html/nutrition/mag\\_2000/mag0811/nu\\_2131\\_mythe.html](http://www.doctissimo.fr/html/nutrition/mag_2000/mag0811/nu_2131_mythe.html))

**Anonyme, (2011).** Mémoire d'ingénieur d'état en science agronomique de Mascara. 145p.

**Anonyme. (2009).** Ministère de l'économie de l'industrie et de l'emploi. (Eds), observation économique de l'achat public.46p.

**Amellal-Chibane, H. (2008).** Aptitude technologiques de quelques variétés communes de dattes : formulation d'un yaourt naturellement sucré et aromatisé. Thèse de doctorat en technologies alimentaires. Faculté des sciences de l'ingénieur. Université Boumerdes. 164p.

**Arbouche, R ., Arbouche, Y., Arbouche , M., Arbouche, HS et Arbouche ,F. (2017).** Valorisation des issues de meunerie de quelques variétés de blé tendre endémiques à Algérie

pour l'alimentation des ruminants. Mémoire de Master en Sciences de la Nature et de la Vie et des sciences de la terre. Université de Ghardaia.

**Adrian J. (2004).** La composition du germe de blé et sa valeur nutritionnelle. Ind des céréales N°137. Avril/mai. Pp 9-13.

**Amellal, H., Benamara, S., Halladj, F., Chibane, M. (2012)** .Characteristics and acceptance of yogurt containing pomegranate (*Punicagranatum*) peel powder. Archives Des Sciences Vol65, No.11;Pp 289-300.

**Aouir A., 2003:** Caractéristiques physico-chimiques et nutritionnelles des fibres alimentaires des quelques céréales. Thèse de Magister .I.N.AEL-HARRACH, ALGER, 150p.

## B

**Bourson Y. (2009).**Mouture de blé tendre et technique d'obtention de la farine. Technique de l'ingénieur. Décembre F6 175-1.

**Bergamairer, D. (2002).** Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de *lb.rhamnosusrw* 9595m d'un milieu à base de perméat de lactosérum. Thèse doctorat, université de Laval, Canada.149 p.

**Béal, C., Sodini, I. (2003).** Fabrication des yaourts et des laits fermentés. Techniques de l'ingénieur, F-Article F6315.18p.

## C

**Chandan Ramesh C., White Charles II., Kilara Arun., Hui YH. (2006).** Manufacturing yogurt and fermented milks. USA: Blackweel publishing. 359 p.

**Chabane R., et Terrache N. (2000).**Extraction et caractérisation physico-chimique de l'huile de germe de blé. Thèse d'ingénieur, INA.

**D**

**Doleyres, Y. (2003).** Production en continue du ferment lactique probiotique par la technologie des cellules immobilisées. Thèse Doctorat. Université de Laval. Canada. 148p.

**Dahou A.A, Homrani A., Bensaleh F., Bekada A. et Meghoufel N. (2016).** Caractérisation phénotypique et génotypique de deux *Lactobacillus* isolés d'un fromage traditionnel frais type J'ben. *Afrique SCIENCE* 12(6) (2016) 14 - 22 14 ISSN 1813-548X. <http://www.afriquescience.info>

**Doumandji A., Doumandji S., Doumandji-Mitiche B., 2003:** Technologie de transformation des blés et problèmes dus aux insectes au Stock, Algérie. Off. Pub. Univ., Alger, 67p.

**E**

**Enkelejda, P. (2004).** Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception de la texture et de la saveur. Thèse de doctorat en Science des Aliments. Institut national agronomique paris grignon.205p.

**F**

**F.A.O.STAT. (2008).**FAO agricultural statistics. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. (<<http://faostat.fao.org>>).

**Feillet, P. (2000).**Le grain de blé composition et utilisation .INRA paris. 308p.

**Franconie H., Chastan et M., et Sigaut, F. (2010).** Couscous, boulgour et polenta. Transformer et consommer les céréales dans le monde. Ed : Karthala, Paris.

**Fatma, L.A., Amr, A.R., Abdel rahman, M.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(8): 3139-3147.

**Feillet P. (2000).** Legrain de blé composition et utilisation. INRA Paris. p308.

**FIL. (2018).** The reference ISO 707 I.D.F. De fined standars for microbiological and chemical analysis of milk, walk products and milk powder. Rome. Italy : 75-125.

## G

**Gauvard, C., Delibera, A., et Zink, M. (2002).** Dictionnaire du Moyen Age : « Famine», Presse Universitaire de France, « céréaliculture ».Paris. P.239-240.

**Guerzani, J. (2003).** Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic bacteria in (fermented milk), p1-11.

**Guiraud, J. P. (2003).** Microbiologie Alimentaire. Edition Dunod. Paris, p136-139.

**Guichard, E., Genot, C., Voilley, A. (2012).** Texture et flaveur des aliments : Vers une conception maîtrisée. Éducation Educagri, Pp297.

**Guiraud J.P(2012).** Microbilogie alimentaire, Collection Dunod. 696 pages

## H

**Hassan, H.M.M., Afify, A.S., Basyiony, A.E., et Ahmed, G.T. (2010).** Nutritional and Functional Properties of Defatted Wheat Protein Isolates. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(2): 348-358.

## I

**Ibanoglu E. (2002).** Kinetic study on colour changes in wheat germ due to heat. *Journal of Food Engineering* (51). p 209-213.

**J**

**J.O.R.A.** N°86 du 18 Novembre 1998 (Article 2 Page 22) Arrêté interministériel du 16 jourada-ethania 1419 correspondant au 7 octobre 1998 relatif aux spécifications techniques des yaourts et aux modalités de leurs mises à la consommation.

**Jeantet, R., Croguennes, T., Mahaut, M., Schuck, P., Brulé, G. (2008).** Les produits laitiers. Ed Techniques et Documentations. *Lavoisier*-Paris .185p.

**Journal Officiel Algérien**, JORA N°35 du 27 mai 1998.

**Journal Officiel Algérien**, JORA N°39 du 02 juillet 2017.

**K**

**Kapranichikov V.S., Zherebtsov N.A., and Popova T.N. (2004).** Purification and characterization of Lipase from Wheat (*Triticumaestivum*L.)germ. *Applied biochemistry and microbiology*, vol.40N°1.pp84-88.

**Krings U., El-Saharty Y.S., El ZeanyB.A., PabelB., and BergerR.G. (2000).** Antioxidantactivityofextractsfromroastedwheatgerm.*FoodChemistry*(71).pp91-95.

**L**

**Leslie Jacquemin. (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.

**Lorbi Z ., 2022.** Impact des pratiques culturelles sur le rendement des céréales. Mémoire de Master Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie. Université Mohamed Khider de Biskra.

**Lannabi, I., et Sal., AR. (2015).** Analyse microbiologique d'un produit laitier (Yaourt);enquête alimentaire .Mémoire de Master des Sciences de la Nature et de la Vie.

Université des Frères Mentouri Constantine.

**Lamontagne, M. (2002).** Produits laitiers fermentés, dans : Sciences et technologie du lait. Transformation du lait–Canada : presses internationales polytechniques, 600 p.

**Lablondel, C. (2007).** Les laits fermentés : vos alliés pour une meilleure santé.3p.

**Luquet, F. M., Carrieu, G. (2005).** Bactéries lactiques et probiotiques. Collection sciences et techniques agroalimentaires, Ed lavoisier tec et Doc, Paris .307p.

**La Blondel, C. (2007).**Les laits fermentés: vos alliés pour une meilleure santé. Pp.3.

**La Montagne, M. (2002).**Produits laitiers fermentés .In Science et technologie du lait: Transformationdulait.Chapitre8.Vignola C.I, Ed Pressesinter nationales. Polytechnique, Pp93-139. 557.

**Lebet, V. (2004).**Utilisation in dustrielle du germe de blé. Importance de la stabilisation. Ind des céréales N°137.avril/mai. pp14-16.

## M

**Moller S. (2000).** La reconstitution du lait. Edition: INA. Paris. P: 36.

**Mckevith B.,( 2004).** Nutritional aspects of cereals. Nutrition Bulletin, 29(2), 111-142

**Michael, J., Black, J., Derek Bewley et Peter Hunter. (2006).** The Encyclopedia of Seeds : Science, Technology and Uses, *CAB International*.143P.

**Michel, M., Romain, J., Gerard, B., et Pierre, S. (2000).** Les produits industriels laitiers, Edition technique et documentation

**Marty-Teyssset, C., et Garel, J.R. (2000).** Increased production of hydrogen peroxide by *Lactobacillus Delbrueckii ssp Bulgaricusup* on aeration. In: Involvement. *Applied onenvironmental Microbiology*, 66: 262-267.

**Mahaut, M., Jeantet, R., Brulé, G., Schuck, P. (2000).** Les produits industriels laitiers. Tech&Doc, *Lavoisier*, Paris.178p.

**Martin, M. (2004).**Technologie des laits de consommation. Ed. Lait. Candia Direction développement technique.135p.

## N

**Nakasaki, K., Yanagisawa, M., Kobayashi, K. (2008).** Microbiological quality of fermented milk produced by repeated-batch culture. *Journal of Bioscience and bioengineering*, 105(1): 73, 76.

**Nagai, T., Makino, S., Ikegami, S., Itoh, H., Yamada, H. (2011).** Effects of oral administration of yogurt fermented with *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus* OLL1073R-1 and its exopolysaccharides against influenza virus infection in mice. *International Immunopharmacology*11, 2246-2250.

**Nuret H. (1991).**La mouture de blé tendre. In : les industries de premières transformations des céréales.

**Nadjri, I. (2019).** Effet de substitution de la poudre de lait par un système fonctionnel dans la fabrication d'un lait fermenté de type yaourt brassé. Mémoire de Master en Sciences de la Nature et de la Vie. Université Abdelhamid Ibn Badis –Mostaganem.

**NovakM.H. (2004).**Valorisation non alimentaires des céréales. pp10-22.Document farr wal, faculté universitaire des services agronomiques de Gembloux.

## P

**Paci kora, E. (2004).**Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brasse aromatisé: quels impacts respectifs sur la perception et de la texture et de la saveur. Thèse de doctorat présentée à l'Institut National Agronomique. Paris. Grignon.205p.

**R**

**Rohman, A., Riyanto, S., Yuniarti, N., Saputra, W.R., Utami, R et Mulatsih, W. (2010).** Antioxidant activity, total phenolic, and total flavonoid of extracts and fractions of red fruit (*Pandanusconioideus* La m). *International Food Research Journal*, 17, 97-106.

**Romain, J., Thomas, C., Pierre, S., Gérard, B. (2007).** *Science des aliments. Lavoisier.* Paris.143p.

**Rizzello C.G., Nionelli L., CODA R., D'angelis M., and Gobbetti M. (2010).** Effect of sourdough fermentation on stabilization, and chemical and nutritional characteristics of wheat germ. *Food Chemistry* (119). p 1079-1089.

**S**

**Sudha M.L., Srivastava A.K., and Leelavathi K. (2007).** Studies on pasting and structural characteristics of thermally treated wheat germ. *Eur Food Res Technol* (225). p 351-357.

**Srivastava A. K., Sudha M.L., Baskaran V., and Leelavathi K. (2007).** Studies on heat stabilized wheat germ and its influence on rheological characteristics of dough. *Eur Food Res Technol* (224). p365-372.

**Sjövall O., Virtalaine T., Lapvetela'Inen A., and Kallio H. (2000).** Development of Rancidity in Wheat Germ Analyzed by Headspace Gas Chromatography and Sensory Analysis. *Journal. Agric. Food Chem.*, 48, p 3522-3527.

**Sodini, I., et Beal, C. (2012).** Fabrication des yaourts et laits fermentés. *Techniques de l'Ingénieur (F 6315)*. Paris-France. 16p.

**Scher, J. (2003).** Rhéologie, texture et texturation des produits alimentaires. *In Technique de l'ingénieur, traité Agroalimentaire, F.3300*. Pp 2-15.

**Sodini, I. et Beal, C. (2012).** Fabrication des yaourts et laits fermentés. *Techniques de l'Ingénieur (F6315)*. Paris-France: Pp16.



**T**

**Tamime A.Y., et Robinson R.K. (2000).** Yaourt Science and Technology, deuxième édition. Woodhead Publishing Limited. Cambridge, England. p 4 – 58

**Toussain, F. (2003).** Les Etapes de l'Analyse Sensorielle, Objectif de l'Analyse Sensorielle et les Descripteurs du Produit. Technologie Appliquée, Site web : Techno Resto.org. 128 p.

**U**

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

**V**

**Vasiljevic T., Mckechnie S ., Donkor O.N., Sah B.N.P., 2016,** Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre -rich pineapple peel powder during refrigerated storage. Ed; Journal international de laiterie. *Sydney-Australie*. p 978-986.

**Vignola, C.I., (2002).** Science et technologie du lait : transformation du lait. Ed *Lavoisier*, Paris, Pp600.

**W**

**Willm C. (2005).** Extraction de germe en mouture du blé tendre ,2<sup>ème</sup> partie: avec sassage et autres procédés .Ind des céréales, N°142. Avril/Mai .pp12-16.

**Z**

**Zhu K., and Zhou H. (2005).** Purification and characterization of a novel glycoprotein from wheat germ water-soluble extracts. *Process Biochemistry* (40). p1469-1474.

**Zaidi, A. (2018).** Essai de fabrication du yaourt nature à boire à base du lait de chamelle. Mémoire de Master en Agronomie Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.

**Zhu K. X., Zhou, H. M., and Qian H.F. (2006).** Proteins extracted from de fattened wheat germ: Nutritional and structural properties. *Cereal Chemistry*(83). Pp 69-75.