

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Sciences Alimentaires
Option : Production et Transformation Laitière



Réf:.....

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

MASTER

Thème

**Elaboration d'un yaourt aromatisé enrichi
avec de la semoule au blé complet au niveau
de la laiterie DANONE DJURDJURA**

Présenté par :

MANSOUR DALILA ET IDIRI RAHIM

Soutenu le : **29 Juin 2019**

Devant le jury composé de :

Mme MERZOUK H.
Mme BERKATI S.
Melle TOUATI N.

MAA
MAA
MAA

President
Examineur
Encadreur

Année universitaire : 2018 / 2019

Remerciements

Avant tout nous tenons à remercier Dieu le tout puissant qui nous a accordé santé et courage pour mener ce travail jusqu'au bout.

On tient à remercier notre promotrice Mme Touati N pour la qualité de son encadrement, sa constante disponibilité, ses conseils, ses compétences scientifiques, qui nous ont permis d'élargir nos connaissances.

On remercie Mme Merzouk H. de nous avoir fait l'honneur de présider les membres de jury, et Mme Berkati S. d'avoir examiné notre travail.

On n'oublie pas de remercier l'équipe qualité et laboratoire Recherche et développement de l'unité DANONE spécialement Mr Bouazza Mouloud, Kaci Ahmed, Yazid Izichouchen, Mouloud Ayadi, Mr Hallil Nassim, Mr Aïteche Farid, Mr Faouzi Mors, ainsi Mme Hallil Thanina pour son encadrement durant notre stage au sein de l'unité et sans oublier l'équipe du laboratoire de Microbiologie Alimentaire, laboratoire physicochimique et laboratoire process pour leurs aides.

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

Dédicaces

En cette mémorable occasion de notre soutenance, Je tiens à dédier ce travail :

A Dieu pour m'avoir donné la force de persévérer et garder l'espoir pour mon avenir

A mémoire de ma très chère grand-mère qui m'aimait et qui me traitait toujours comme un bébé

A la mémoire de mon oncle qui me soutenait avec toute forme

A ma mère et à ma deuxième mère Lalla qui m'ont soutenu dans les petits et grands moments

A mon grand frère Ghani qui était un père pour moi et qui a fait tous son possible et a sacrifié beaucoup de choses pour que je sois là où je suis maintenant

A mes adorables frères Saïd et Rabia qui sont mes deux piliers de vie

A mes adorables sœurs Ghania Rabiaa et Saida qui n'ont pas cessé de me conseiller et consoler avec toutes forme de tendresse

A mes beaux frères Amar, Saïd et Farouk pour leur encouragement

A mes charmants neveux Rayane, Masténe et Ayléne

A ma jolie nièce Elena

A mon futur mari qui m'a aidé durant mon mémoire et qui n'a pas arrêté de m'encourager, un grand merci pour lui

A ma belle famille

A mes adorables amies et sœurs Kahina, Nissa, Vanessa, Fati la fleur, Toubba, Chaatouta, Zouzou, Sonia, Lynda, Loubna

A mes amis qui n'ont pas arrêté de me faire sourire Foufou, Walid, Naim, Khaled, Houhou

A mon binôme qui était un ami pour moi durant 7 ans et a toute sa famille

A toute la promo PTL 2018/2019

A toute la famille Mansour et à tous ceux qui me connaissent

Dalila

Dédicaces

En cette mémorable occasion de notre soutenance, Je tiens à dédier ce travail :

A dieu pour m'avoir donné la force de persévérer et garder l'espoir pour mon avenir

A mes très chers parents qui m'ont soutenu durant toute ma vie et qui m'ont encouragé

A mes adorables sœurs Eldjida qui était une deuxième mère, Nassima qui me rendait toujours l'humeur, Fairouz qui est la chouchou de la maison

A mes deux oncles Idris et Madani qui sont des amis pour moi

A toute la famille Idiri

A mes Frères non amis Ahmed et Mazigh

A mes amis Zouzou, Sonia, Hamza, Walid, Massi, Halim

A ma binôme Dalila et sa famille

A Farid qui nous a aidé à plusieurs reprises

A toute la promo PTL 2018/2019

Rahim

Liste des abréviations

TS : Triptone Sel

BM: Bain marie

AUTO: Autoclavage

DLC : Date Limite de Consommation

RAS : Rien A Signaler

VRBG: Violet Red Bile Glucose Agar

PCA:Plate Count Agar

OGA:Oxytétracycline Glucose Agar

MG : Matière Grasse

MP : Matière Protéique

EST : Extrait Sec Total

CST Bche : Consistance en bouche

Cst en cuilre : Consistance en cuillère

MRS : Milieu de Man Rogosa et Sharpe

M17 : Milieu de tarzaghi

Liste des figures

Figure 1: Ferments lactiques du yaourt 4
Figure 2: Histologie du grain de blé (Surget et Barron, 2005)..... 10
Figure 3 : Diagramme de fabrication du Yaourt brassé à la semoule. 19
Figure 4 : Suivi du pH du yaourt jusqu'à la DLC. 28
Figure 5 : Suivi de la viscosité du yaourt jusqu'à la DLC. 29
Figure 6 : Evaluation des différents critères selon les experts. 30
Figure 7 : Notes données par les jurés..... 31

Liste des tableaux

Tableau I : Composition générale du lait de vache 2
Tableau II: Composition en nutriments de la semoule..... 11
Tableau III: Analyses microbiologiques effectuées pour la semoule..... 15
Tableau IV: Recherche et dénombrement es bactéries lactiques 20
Tableau V: Teneur en composés phénoliques et activité antioxydant de la semoule utilisée..... 22
Tableau VI: Teneur en MP, MG et humidité de la semoule utilisée..... 23
Tableau VII: Résultats microbiologiques effectuées sur la semoule. 23
Tableau VIII: Résultats des analyses physicochimiques effectuées sur la masse blanche. 24
Tableau IX : Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur la masse blanche. 24
Tableau X: Résultats des analyses physico-chimiques des yaourts Cremix et Activia à la semoule..... 24
Tableau XI: Résultats des analyses physico-chimiques du yaourt Activia à la semoule. 25
Tableau XII : Teneur en bactéries lactiques dans la première journée. 27

Liste des figures et tableaux en annexes

Figure 1 : Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux.
Figure 2 : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.
Figure 3 : Courbe d'étalonnage d'acide ascorbique du DPPH.
Figure 4 : Diagramme de fabrication de la masse blanche.
Figure 5 : Diagramme de fabrication de la semoule.
Tableau 1 : Suivi du pH et viscosité jusqu'à DLC.

Table des matières

Liste des abréviations

Liste des figures et tableaux

Introduction 1

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur le lait et produits laitiers 2

1. Définition du lait 2

1.1. Composition du lait 2

2. Définition du yaourt 2

2.1. Classification 3

2.2. Matières premières et ingrédients 3

2.2.1. Matières premières 3

2.2.2. Ingrédients 5

2.3. Technologie de fabrication du yaourt brassé 5

2.4. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt 8

II. Généralités sur le blé 10

1. Définition et Composition du grain de blé 10

2. Définition et composition de la semoule 11

Partie expérimentale

I. Matériel et méthodes 13

1. Semoule utilisée 13

1.1. Analyses physicochimiques effectuées sur la semoule 13

1.1.1. Dosage des polyphénols totaux 13

1.1.2. Dosage des flavonoïdes 13

1.1.3. Activité antioxydante 14

1.2. Analyses microbiologiques effectuées sur la semoule 15

2. Préparation et analyses de la masse blanche 15

2.1. Analyses physico-chimiques 15

2.1.1. Mesure du pH 15

2.1.2. Mesure de la viscosité 16

2.1.3. Mesure de l'extrait sec 16

2.1.4. Mesure du Brix 16

2.2. Analyses microbiologiques 18

3. Yaourt à la semoule 18

3.1. Analyses microbiologiques et physicochimiques 18

3.2. Analyse sensorielle 20

3.3. Dénombrement des bactéries lactiques 20

3.4. Analyse Stress 21

3. Etude statistique 21

II. Résultats et discussion	22
1. Semoule.....	22
1.1. Analyses physicochimiques.....	22
1.1.1. Teneur en polyphenols totaux, flavonoïdes et activité anti-oxydante	22
1.1.2. Teneurs en MP, MG et humidité.....	23
1.2. Analyses microbiologiques	23
2. Masse blanche.....	23
2.1. Analyses physico-chimiques.....	23
2.2. Analyses microbiologiques	24
3. Yaourt brassé à la semoule.....	24
3.1. Résultats des deux préparations élaborées	24
4. Yaourt Activia à la semoule	25
4.1. Paramètres physicochimiques	25
4.1.1. pH.....	25
4.1.2 Viscosité	26
4.1.3 Extrait sec total.....	26
4.1.4 Brix	26
4.1.5 Matière grasse	26
4.1.6 Matière protéique	27
4.2 Paramètres microbiologiques.....	27
4.3 Suivi des paramètres physicochimiques et microbiologiques du yaourt à la semoule.....	27
4.3.1. Paramètres microbiologiques	27
4.3.2. Paramètres physico-chimiques	28
4.3.3. Suivi de l'analyse Stress	29
4.4. Analyse sensorielle du yaourt à la semoule.....	30
4.4.1. Notes d'appréciation générale du produit	31
Conclusion	32
Références bibliographiques	
Annexes	

Introduction

Le lait et les produits laitiers occupent une place primordiale dans l'alimentation humaine par leur grande diversité, nature, présentation, goût et usage : leur qualité fondamentale réside le plus souvent dans leur composition nutritionnelle, en particulier leur richesse en calcium, protéines, vitamines, minéraux et oligo-éléments (**Tamine et Robinson, 1999**).

Les laits fermentés sont largement produits dans de nombreux pays. Ce procédé est l'un des plus vieux utilisés pour augmenter la durée de conservation, il a été pratiqué par les Hommes depuis des milliers d'années (**Savadogo et al., 2011**). Dans les pays industrialisés, les laits fermentés constituent une part importante et croissante de la consommation alimentaire (**Bouhnik, 1993**).

Parmi ces laits fermentés, le yaourt est un produit laitier populaire qui fournit des quantités importantes de substances nutritives. Il a été associé à une large gamme d'effets positifs sur la santé. La qualité sensorielle du yaourt est l'un des facteurs les plus importants qui influence sur le choix des consommateurs (**Fernanda et al., 2013**).

Sur le marché, il existe plusieurs types de yaourts avec des fruits frais, des fruits secs ou encore des céréales. Parmi ces derniers on retrouve le blé qui est un produit de première nécessité à l'échelle mondiale. Son importance dépasse le rôle traditionnel considéré comme aliment. Il constitue la principale base du régime alimentaire pour les consommateurs. Il présente, un rôle social, économique et politique dans la plupart des pays du monde (**Ammar, 2015**).

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail. Nous avons ainsi pour objectif, à travers cette synthèse, de décrire et de montrer l'importance la céréale du blé et son produit de mouture qui est dans notre cas la semoule. Ainsi son incorporation dans un yaourt brassé pour avoir les bienfaits des deux produits.

I. Généralités sur le lait et produits laitiers

1. Définition du lait

Le lait destiné à l'alimentation humaine a été défini en 1908, lors du premier congrès international pour la répression des fraudes alimentaires, comme « produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli, proprement et ne pas contenir de colostrum » (**Larpent, 1997**).

Selon le journal officiel de la république démocratique algérienne, la dénomination « Lait cru » est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenue par une ou plusieurs traites sans aucune addition ou soustraction et n'ayant pas été soumis à un traitement thermique (**J.O.R.A, 1993**).

1.1. Composition du lait

Le lait est un produit complexe dont la composition en glucides, protéines, sels minéraux est remarquablement équilibrée (Tableau I), par contre, il présente un déficit en fer assimilable, et contient peu de vitamine C (**Alais et Linden, 1997**).

Tableau I : Composition générale du lait de vache (Vignola, 2002).

Constituants majeurs	Variations limites (%)	Valeur moyenne (%)
Eau	85,5 – 89,5	87,5
Matière grasse	2,4 – 5,5	3,7
Protéines	2,9 – 5,0	3,2
Glucides	3,6 – 5,5	4,6
Minéraux	0,7 – 0,9	0,8

2. Définition du yaourt

La dénomination **yaourt (ou yoghourt)** est réservée au lait fermenté obtenu, selon les usages légaux et constants, par le développement des seules bactéries lactiques thermophiles spécifiques dites *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, qui doivent être ensemencées simultanément et se trouver vivantes dans le produit fini jusqu'à la Date Limite de Consommation, à raison d'au moins 10 millions de bactéries par gramme rapportées à la partie lactée. De plus, la quantité d'acide lactique libre contenue dans 100g de yaourt ne doit pas être inférieure à 0,7 g (**Codex Alimentaire, 2011**).

2.1. Classification

Il existe en fait plusieurs types de classification :

2.1.1. Selon leur texture

- Les yaourts "fermes": la fermentation a lieu directement en pots ; ce sont généralement des yaourts nature ou aromatisés.
- Les yaourts "brassés": la fermentation a lieu en cuve avant brassage ; ce sont des yaourts veloutés natures ou aux fruits (**Jeantet et al., 2007**).
- Les yaourts "à boire": qui après avoir été brassés sont battus dans des cuves avant d'être conditionnés (**Fredot, 2005**).

2.1.2. Selon la teneur en matières grasses

- Les yaourts maigres: à partir du lait totalement écrémé (0% de matière grasse).
- Les yaourts partiellement écrémés: à partir du lait partiellement écrémé (1% minimum de matières grasses)
- Les yaourts gras: à partir du lait entier (3,5 % de matières grasses) (**Luquet, 1985**).

2.2. Matières premières et ingrédients

2.2.1. Matières premières

2.2.1.1. Poudre de lait

La principale matière première pour la fabrication des yaourts est la poudre du lait préparée essentiellement à partir d'un lait de vache frais récolté quotidiennement après écrémage et pasteurisation. Le lait ici est concentré puis séché, supplémenté en vitamines disponibles à la demande (**Veillemard, 1989**).

2.2.1.2. Eau de process

L'eau est l'élément majeur dans l'industrie laitière vu son large spectre d'utilisation. Afin d'être mélangé à d'autres ingrédients pour la fabrication du yaourt, l'eau doit présenter les caractères de pureté microbiologiques et physico-chimiques d'une eau potable.

Selon **Divet et Schulhof (1980)**, l'eau de process est un produit élaboré dont les caractéristiques répondent très strictement aux critères définis par le code de la santé publique ; et ceci quelle que soit la qualité de la matière première à partir de laquelle l'eau est élaborée.

2.2.1.3. Ferments lactiques

La fermentation lactique est l'un des plus anciens procédés de conservation des aliments. En biologie, un ferment désigne un micro-organisme responsable d'une fermentation (Figure 1). Il s'agit des bactéries dans le cas du yaourt qui fera coagulé le lait : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* (**Luquet et al., 2005**)

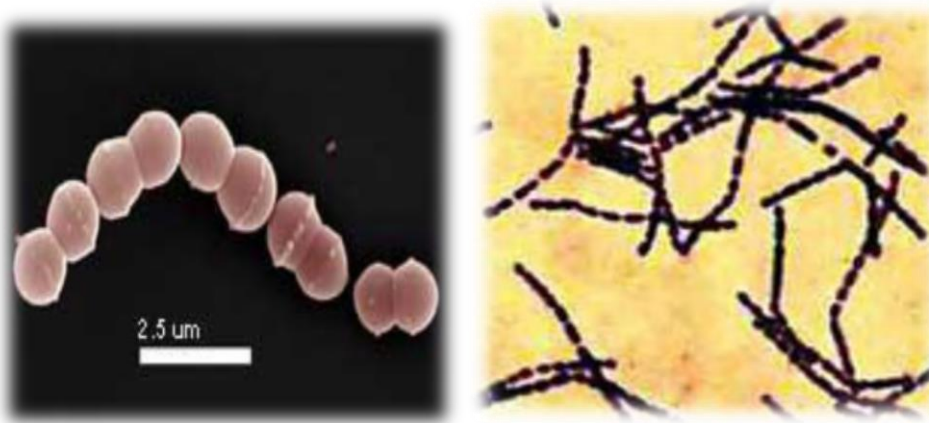


Figure 1: Ferments lactiques du yaourt

On appelle bactéries lactiques des bactéries Gram+, coques « Streptocoque » ou bacilles «Lactobacille» qui produisent de l'acide lactique par voie fermentaire. Beaucoup se rencontrent dans les produits laitiers (**Hemme et al., 1980**)

a. Streptococcus : Il s'agit de coques Gram+, asporulés, immobiles, aérobies facultatifs, généralement groupés en paires et surtout en chaînes de longueur variable. Ils sont catalase négative, se développent à 37°C, leur fermentation est homolactique.

b. Lactobacillus : il s'agit de bacilles souvent allongés, Gram+, parfois groupés en paires ou en chaînes, généralement immobiles. Ils sont catalase négatifs, anaérobies facultatifs, se développent à 45°C. Leur fermentation est homolactique (**Guiraud et Rosec, 2004**).

➤ **Effet symbiotique des deux souches**

St. Thermophilus et *Lb. Bulgaricus* se développent en association (appelée proto-coopération) dans des cultures mixtes ayant un intérêt à la fois d'ordre technologique et nutritionnel. Ces bactéries, par leur activité acidifiante, ont un effet bénéfique du point de vue qualité hygiénique du produit. En parallèle, elles engendrent des produits secondaires(aromes) qui contribuent à la qualité organoleptiques du yaourt. D'un point de vue nutritionnel, l'activité fermentaire de ces espèces lactiques favorise une solubilisation des différents constituants du lait, améliorant ainsi leur biodisponibilité (**Courtin et al., 2002**).

c. Le bifidus

Bifidobacterium (anciennement *Lactobacilles bifidus*) est un bacille présent dans la flore intestinale du nouveau-né. Il est utilisé dans certains yaourts (probiotiques). Sa présence entraîne un effet anti-infectieux au niveau intestinal à cause de la présence d'un facteur bifidogène (**Guiraud, 2003**).

2.2.2. Ingrédients

Une multitude d'ingrédients peut être incorporée dans le yaourt. On peut les classer comme suit:

2.2.2.1. Sucre

Le sucre (saccharose) est une substance extraite du jus de la canne à sucre ou de la betterave sucrière par divers procédés chimiques (**Kleiner, 2007**). Les sucres conférant une saveur spécifique peuvent être ajoutés au yaourt dans la limite de 30% en poids du produit fini. Le ou les sucres ajoutés sont l'hydrate de carbone autorisé par la réglementation en vigueur (**Ministère du commerce, 1998**).

Il est préférable d'ajouter le sucre avant la pasteurisation du lait, car le traitement thermique du lait sucré détruit les levures et les moisissures osmophiles présentes dans le sucre : par ailleurs, la consistance du yaourt s'en trouve améliorée (**Lamontagne, 2002**).

2.2.2.2. Fruits

Les fruits dans les yaourts sont apportés sous forme de préparations de fruits avec ou sans sucres ajoutés. Les agents de texture, incorporés dans la préparation de fruit, participent également à l'amélioration de la texture des yaourts. Les fruits les plus consommés sont les fruits rouges et les fruits exotiques (**Vignola, 2002**).

2.2.2.3. Arôme

Un produit alimentaire contient de nombreux composés odorants, que l'on peut percevoir de deux manières, soit par voie nasale directe, ce qui caractérise l'odeur, soit par voie rétronasale lorsque l'aliment est placé dans la bouche, ce qui donne naissance à l'arôme (**Richard et Multon, 1992**).

2.3. Technologie de fabrication du yaourt brassé

2.3.1. Choix du lait

La principale matière première pour la fabrication des yaourts est le lait dont, pour l'essentiel, le lait de vache. Il peut être soit du lait frais, soit du lait recombinaison (à partir de lait en poudre maigre et de la matière grasse laitière anhydre), soit du lait reconstitué (à partir de la poudre de lait) (**Luquet et Corrieu, 2005**). Le lait ne doit pas non plus contenir de résidus de substances tels que les antibiotiques, mycotoxines, métaux lourds, radioéléments artificiels à des taux qui dépassent le niveau de tolérance admis (**Frédot, 2005**).

2.3.2. Étapes de fabrication du yaourt

Les procédés de fabrication des yaourts se caractérisent par trois grandes étapes : la préparation du lait, la fermentation et les traitements post-fermentaires du produit (**Béal et Sodini, 2005**).

2.3.2.1. Préparation du lait

➤ **Réception et stockage**

Le lait frais, collecté au plus tard 72 h après la traite, arrive en camions-citernes réfrigérés à l'unité de production. Il est contrôlé lors de la réception, pompé et filtré pour éliminer les résidus solides, puis stocké à froid (< 5 °C) dans des tanks stériles. Une légère thermisation à 60-65 °C, au moyen d'un échangeur à plaques, peut être pratiquée si le lait est stocké plus d'une journée à l'usine (**Béal et Sodini, 2005**).

➤ **Standardisation**

En fabrication de yaourt, le lait doit être standardisé en matières grasses, enrichi en protéines, et éventuellement, sucré, pour répondre aux spécifications nutritionnelles (**Béal et Sodini, 2005**).

➤ **Addition éventuelle de sucre**

Le lait peut être additionné de sucre avant la fermentation, à hauteur de 5 à 10 %. Le sucre est généralement constitué de saccharose, cristallisé ou sous forme liquide (sirop) (**Béal et Sodini, 2005**).

➤ **Agents texturants**

L'ajout d'additifs (agent de texture, etc..) dans les yaourts sont autorisés par la réglementation de la majorité des pays, mais pas en Algérie (de nature végétale). Dans ce cas, les produits sont appelés "produits laitiers frais fermentés" (**Luquet, 2005**).

2.3.2.2. Homogénéisation

Ce traitement est pratiqué dans le cas des laits gras (25.106 Pa à 55-60C°) soit en phase montante de la pasteurisation, soit en phase descendante, mais avec des risques de recontamination dans ce cas (**Mahaut et al.,2000**).

L'homogénéation du lait à plusieurs objectifs :

- Elle améliore la fermentation des gels obtenus après fermentation (**Romain et al., 2007**).

- Réduit la taille des globules gras (**Romain et al., 2008**). Elle évite la remontée de la matière grasse pendant la coagulation, améliore la rétention d'eau (**Mahaut et al. 2000**).
- L'homogénéisation augmente la sensibilité des microorganismes lors du traitement thermique (**Vignola et al., 2002**).

2.3.2.3. Traitement thermique

Le lait enrichi subit un traitement thermique à 90-95°C pendant 3 à 5 min (**Mahaut, 2000**).

Ce traitement thermique a trois conséquences :

- Il détruit les microorganismes pathogènes (**Bourgois et al., 1996**) et indésirables (bactéries, levures, moisissures) (**Mahaut et al., 2000**).
- Dénature environ 80% des protéines solubles du lait (**Bourgois et al., 1996**) ce qui permet également d'accroître la rétention de l'eau et d'améliorer la texture du yaourt et sa stabilité (**Mahaut et al., 2000**).
- Il favorise la croissance des bactéries de levain dans le lait chauffé (**Bourgois et al., 1996**).

2.3.2.4. Dégazage

Le dégazage du lait est une étape importante, elle permet d'assurer une bonne croissance des bactéries lactiques et l'acidification du lait. Les systèmes utilisés pour les mélanges des poudres sont source d'incorporation d'oxygène; il est donc possible d'observer des inhibitions de croissance des bactéries lactiques à cause d'une forte concentration en oxygène dissous dans le mix laitier. Il demeure impératif d'installer un système de dégazage après le préchauffage pour retirer l'air (et donc l'oxygène dissous) du lait. Son principe est celui d'une cloche à vide où une dépression partielle (0,3 à 0,4 bar absolu) est réalisée aux environs de 80°C. Il est associé, en général, à une réincorporation des condensats afin de ne plus modifier l'extrait sec du lait de départ (**Luquet et Corrieu, 2005**).

2.3.2.5. Refroidissement et fermentation du lait

Après la pasteurisation, le lait est refroidi à la température d'ensemencement souhaitée, habituellement de 40 à 45°C.

À l'issue de son prétraitement, le lait, éventuellement additionné de sucre, estensemencé. La culture se déroule de façon discontinue, ce qui se traduit par une évolution des concentrations et des caractéristiques physico-chimiques (notamment du pH) au cours du temps. L'arrêt de la fermentation est provoqué par un refroidissement rapide du produit (**Béal et Sodini, 2003**).

2.3.2.6. Traitement post-fermentaire-Brassage

Le brassage du coagulum, qui intervient uniquement en production de yaourts brassés, est réalisé avant le refroidissement. Il est effectué soit par brassage lent, à l'aide d'hélices marines, dans la cuve de fermentation, soit, le plus souvent, par pompage du gel, en amont de l'échangeur thermique. Afin de lisser le gel et d'éviter la présence de grains dans le produit, le coagulum peut passer au travers d'un filtre ou traverser une tête de lissage (**Béal et Sodini, 2003**).

2.3.2.7. Refroidissement du coagulum

Dans la phase finale de l'incubation, lorsqu'est obtenu le pH voulu (environ 4,2-4,6), le yaourt doit être refroidi à 15-22°C. Ceci bloque temporairement une ultérieure augmentation de l'acidité.

2.3.2.8. Addition d'autres ingrédients

Les autres ingrédients classiquement ajoutés sont des préparations contenant des fruits, des céréales, des arômes ainsi que des colorants. Leur incorporation s'effectue soit avant la fermentation pour les yaourts fermes soit avant le conditionnement pour les yaourts brassés.

2.3.2.9. Conditionnement et stockage

Les yaourts sont généralement conditionnés dans deux types de matériaux d'emballage : le verre, réservé aux produits haut de gamme, ou le plastique.

Le remplissage et le dosage des pots sont effectués par des pompes volumétriques, sous air filtré. Les pots sont fermés de façon hermétique par thermoscellage, en utilisant des opercules décontaminés par rayonnement infrarouge.

Les pots sont ensuite imprimés d'une date limite de consommation et d'un code permettant d'assurer leur traçabilité. Les lots, de 2 à 16 pots, sont confectionnés grâce à une sur-emballeuse (**Béal et Sodini, 2003**).

Après leur fabrication, les yaourts doivent être maintenus à une température maximale de +6°C pendant leur transport, stockage ainsi que lors de la mise en vente (**Arrêté algérien; 1999**).

2.4. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt

Traditionnellement, et plus particulièrement depuis les travaux de Metchnikoff sur le yaourt au début de ce siècle, les produits laitiers fermentés jouissent d'une image positive quant à leurs relations avec la santé (**FAO, 1995**).

- Amélioration de l'absorption du lactose : la présence des bactéries lactiques (BL) dans le yaourt permet une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactase (**Mahaut et al., 2000**).
- Amélioration de la digestibilité des protéines: la fermentation est une prédigestion due aux activités protéolytiques des ferments du yaourt (**Debry, 2001**).
- Amélioration de la digestibilité de la matière grasse : bien que l'activité lipolytique des BL soit peu élevée, il ya une augmentation significative de la teneur en acides gras libres dans le yaourt. De plus l'homogénéisation améliore la digestibilité (**Mahaut et al., 2000**).
- Activité antimicrobienne : le yaourt a un rôle préventif contre les infections gastro-intestinales. L'intérêt du yaourt dans le traitement des diarrhées infantiles a été démontré par de nombreux auteurs tels que : Jeantet Romain, Croguennec Thomas... ets. (**Mahaut et al., 2000**).
- Stimulation du système immunitaire : des effets immunorégulateurs bénéfiques des BL ont été rapportés lors des pathologies suivantes : diarrhées virales, allergies alimentaires se manifestants par de l'eczéma a topique, maladies inflammatoires chroniques intestinales et certaines formes de cancers (**Luquet et Corrieu, 2005**).
- Action hypocholestérolémiante : La consommation du yaourt permet de prévenir les maladies coronariennes et serait plus efficace que le lait pour maintenir une cholestérolémie basse (**Mahaut et al., 2000**).

II. Généralités sur le blé

1. Définition et Composition du grain de blé

Le blé dur (*Triticum durum ssp. Durum*) une graminée annuelle de hauteur moyenne dont le limbe des feuilles est aplatie. L'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs parfaites (Soltner, 1998). Le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent (Bozzini, 1988).

La classification botanique de cette plante est donnée selon Linné comme suit :

Famille :	<i>Gramineae</i>
Sous-famille :	<i>Festucoideae</i>
Tribu :	<i>TriticeaeAveneae</i>
Sous-Tribu :	<i>Triticineae</i>
Genre :	<i>Triticum</i>
Espèce :	<i>Triticum durum Desf</i>
Nom commun :	Blé dur (<i>Triticum durum Desf.</i>)

Le grain de blé est constitué de trois grandes parties le germe, l'albumen et les enveloppes. Sa composition précise est illustrée dans la figure 2.

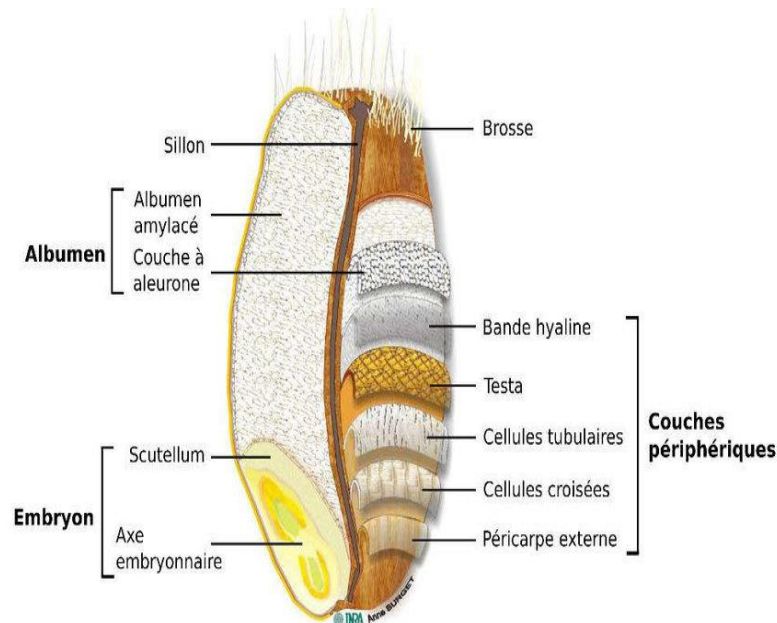


Figure 2: Histologie du grain de blé (Surget et Barron, 2005).

Le blé dur (*Triticum durum*) se distingue du blé tendre par des caractéristiques génétiques morphologiques et physiologiques. Sur le plan technologique, la structure vitreuse de son amande lui confère l'aptitude particulière à être transformé en semoule (Abecassis, 1991).

2. Définition et composition de la semoule

La semoule de blé dur est le produit obtenu à partir des grains de blé dur (*Triticum durum* Desf.) par procédés de mouture ou de broyage (Figure 5, annexe 2) au cours desquels le son et le germe sont essentiellement éliminés, le reste étant broyé à un degré de finesse adéquat. La semoule complète de blé dur est préparée par procédé de broyage similaire, mais le son et une partie du germe sont préservés (Codex Alimentaire, 2007).

Il existe plusieurs types de semoules : semoule fine, semoule moyenne, semoule grosse, semoule complète et semoule sans son.

La semoule contient plusieurs variétés de nutriments qui sont bénéfiques pour le corps, ils sont présentés dans le tableau II.

Tableau II: Composition en nutriments de la semoule.

Pour 100 g	Semoule de blé
Glucides	72,8 g
Fibres	3,9 g
Matières grasses	1,1 g
Protéines	12,7 g
Acide folique	72 µg
Niacine	3,3 mg
Thiamine	0,3 mg
Fer	1,2 mg
Potassium	186 mg
Phosphore	136 mg
Magnésium	47 mg
Zinc	1,1 mg

9. 6. Propriétés nutritionnelles et thérapeutique du blé et ses dérivés

-Gluten (protides ou protéines) : le gluten se trouve uniquement dans le grain de blé. A l'état naturel, dans l'amande, il ne s'appelle pas gluten : ce sont deux matières la gliadine et la gluténine qui associées à l'eau produisent le gluten (gens intolérants au gluten)

- Pour 100 g de semoule, on retrouve 23 g de glucides, uniquement sous forme d'amidons. Ces sucres dits à assimilation lente vont ainsi fournir au corps de l'énergie sur une longue durée. La semoule est ainsi un aliment idéal dans le cadre d'une activité sportive.

- la semoule ne contient pas aucune matière grasse et des proportions variées de vitamines surtout la classe de vitamine B.
- On trouve dans la semoule 4 g de protéines, éléments permettant la fabrication des tissus de notre corps. Mais aussi des traces de fibres, idéales pour le transit intestinal et des sels minéraux, indispensables à notre organisme.
- Le blé et produits à base de blé possèdent une bonne activité antioxydants grâce à la présence de composés phénoliques et de caroténoïdes notamment la lutéine.
- Le germe et le son de blé contiennent des vitamines de la famille B qui jouent le rôle de coenzymes participant au métabolisme du corps humain. Ils contiennent de la vitamine E ou tocophérol (très puissant antioxydants) ainsi que la vitamine K qui participe à la coagulation du sang.
- Le blé et les produits à base de blé contiennent des quantités intéressantes, mais variables, de fibres alimentaires qui peuvent contribuer à la prévention des maladies cardiovasculaires, au contrôle du diabète de type 2 et serait associée à un plus faible risque de cancer du côlon.
- Les phytostérols sont des composés des végétaux qui ont une structure qui s'apparente à celle du cholestérol. Ils sont retrouvés dans le blé et contribuent à diminuer significativement l'absorption du cholestérol dans le sang.
- Le son et le germe de blé sont d'excellentes sources de phosphore et magnésium qui jouent un rôle essentiel dans la formation et le maintien de la santé des os et des dents. Le fer et le cuivre qui entrent dans la formation des globules rouges. Le zinc et le sélénium qui jouent un rôle de cofacteurs enzymatiques...etc.(**Kumar et al., 2011**).

I. Matériel et méthodes

1. Semoule utilisée

1Kg de semoule, de marque SISOU fabriquée à Bouira, a été achetée dans une épicerie. La semoule a été tamisée pour obtenir un diamètre qui varie entre 500 et 700 μm puis a subi une légère torréfaction et divisée en deux quantités : l'une autoclavée à 95°C/3min, l'autre est mise dans un bain marie à 95°C/3 min.

1.1. Analyses physicochimiques effectuées sur la semoule

1.1.1. Dosage des polyphénols totaux

➤ Principe

La méthode utilisée pour le dosage des polyphénols totaux est celle au Folin-Ciocalteu. Ce réactif est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMO}_{12}\text{O}_{40}$). Il est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en un mélange d'oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}), la coloration produite présente un maximum d'absorption aux environs de 720-750nm, dont l'intensité est proportionnelle à la quantité des composés phénoliques (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

➤ Mode opératoire

Le dosage des composés phénoliques totaux a été effectué par la méthode décrite par **Skergetet al., (2004)** avec le réactif de Folin-Ciocalteu: 0,5 mL d'extrait dilué, 2,5 mL de Folin-Ciocalteu (dilué 10 fois avec de l'eau), on a ajouté 2 mL de Na_2CO_3 (75 g / L). L'échantillon a été incubé pendant 5 min à 50°C. Un témoin a été préparé en substituant l'extrait par le solvant d'extraction. L'absorbance a été mesurée à 760 nm. Les résultats sont exprimés en équivalent milligramme d'acide gallique par gramme de poudre (mg EAG/g de poudre), selon la courbe d'étalonnage établie avec ce standard (Figure 1, annexe I).

1.1.2. Dosage des flavonoïdes

➤ Principe

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle libre, en position 5, susceptible de donner, en présence de chlorure d'aluminium, un complexe jaunâtre par chélation des ions Al^{+3} . La coloration jaune produite est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présents dans l'extrait (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

➤ Mode opératoire

La méthode au trichlorure d'aluminium (**Bahorun et al.**, 1996) est utilisée pour quantifier les flavonoïdes dans les extraits. À 1 mL d'échantillon ou standard (préparés dans le méthanol) est ajouté 1 ml de la solution d' AlCl_3 (2% dans le méthanol). Après 10 minutes d'incubation, l'absorbance est mesurée à 430 nm. Les résultats sont exprimés en équivalent milligramme de quercétine (Figure 2, annexe 1) par gramme de poudre (mg EQ/g poudre).

1.1.3. Activité antioxydante

➤ Principe

Le composé chimique 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyle (α,α -diphenyl- β -picrylhydrazyle) fut l'un des premiers radicaux libres utilisé pour étudier la relation structure-activité antioxydants des composés phénoliques (**Brand-williams et al.** 1995). Il possède un électron non apparié sur un atome du pont d'azote. Du fait de cette délocalisation, les molécules du radical ne forment pas des dimères (DPPH• reste dans sa forme monomère relativement stable à température ordinaire). La délocalisation provoque aussi la couleur bleue bien caractéristique de la solution de DPPH•. La mesure de l'efficacité d'un antioxydant se fait en mesurant la diminution de la coloration bleue, due à une recombinaison des radicaux DPPH•, mesurable par spectrophotométrie à 515-518 nm.

➤ Mode opératoire

La solution de DPPH à 63.4 mM (25 mg dans 100 ml de méthanol 90%) est préparée à l'avance. Chaque composé phénolique a été dissout dans une solution de 70% éthanol-30% eau distillée. Des volumes de 0.1 mL de la solution à tester ont été mélangés avec 3.9 mL de la solution du DPPH. Le mélange réactionnel est agité vigoureusement pendant 10 secondes, on l'incube pendant 30 min puis on mesure les absorbances à 515 nm par un spectrophotomètre. L'acide ascorbique est utilisé comme standard (Figure 3, annexe I) pour la courbe d'étalonnage (**Popoviciet al.**, 2009).

Le reste des analyses qui correspondent à la matière protéique (MP), matière grasse (MG) et humidité ont été réalisées au niveau du laboratoire ANALAB, qui travaille en collaboration avec l'entreprise DANONE.

1.2. Analyses microbiologiques effectuées sur la semoule

10g de semoule ont été additionnés à 90mL du diluant Triptone Sel (TS) pour préparer la solution mère puis une dilution décimale a été réalisée. Trois analyses ont été effectuées (Tableau III), à partir de cette dilution, à savoir la recherche et le dénombrement des entérobactéries, la flore totale et les levures et moisissures.

Tableau III: Analyses microbiologiques effectuées pour la semoule

Analyse	Milieu de culture	Temps d'incubation	Norme
Entérobactéries	VRBG	24h	Entreprise
Flore totale	PCA	3 jours	Entreprise
Levures et moisissures	OGA	6 jours	entreprise

VRBG : Violet Red Bile Glucose Agar

PCA : Plate Count Agar

OGA :Oxytétracycline Glucose Agar

Les trois ensemencements sont effectués en masse en une seule couche à l'exception de la recherche d'entérobactéries qui est réalisée en double couche.

2. Préparation et analyses de la masse blanche

La masse blanche correspond à du yaourt brassé sucré préparé selon le diagramme de fabrication d'un yaourt brassé (Figure 4, annexe II). Différentes analyses physicochimiques et microbiologiques ont été effectuées sur ce produit.

2.1. Analyses physico-chimiques

2.1.1. Mesure du pH

➤ *Principe*

Le pH, exprimant l'acidité ou l'alcalinité d'un milieu, est égal au logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ions H⁺. La mesure du pH de l'échantillon est effectuée par un pH-mètre (Amiot et Britten, 2002).

➤ *Mode opératoire*

Introduire l'électrode du pH-mètre et la sonde de la température dans le pot contenant le yaourt à 10°C. Le résultat s'affiche sur l'écran de l'appareil.

2.1.2. Mesure de la viscosité

➤ Principe

La viscosité du yaourt représente la dureté, l'adhérence, la cohésion et la résistance à l'écoulement des laits fermentés (**Vasiljevic et al, 2016**).

➤ Mode opératoire

Le produit doit être à une température homogène de 10°C. On abaisse le module dans le produit jusqu'au repère situé au-dessus du disque puis on fait démarrer le programme de mesure. La valeur est affichée sur l'écran du viscosimètre en g.

Pour convertir la viscosité du g en mili pascal on suit la formule suivante :

$$\text{Viscosité(g)} * 1520 = \text{viscosité en mPa}$$

2.1.3. Mesure de l'extrait sec

➤ Principe

La matière sèche est la fraction massique des substances restantes après dessiccation complète de l'échantillon. Elle est exprimée en pourcentage ou en g/L (**Nongonierma et al, 2006**).

➤ Mode opératoire

Placer la coupelle (capsule) sur la balance du dessiccateur, tarer, peser 3g de l'échantillon dans cette coupelle puis étaler bien le produit, ensuite baisser le capot de l'appareil et la dessiccation commence automatiquement. Le taux de l'extrait sec est directement déterminé par l'appareil en pourcentage(%).

2.1.4. Mesure du Brix

Le degré Brix est la mesure de la matière sèche soluble qui est exprimée en pourcentage. Dans le secteur de l'agroalimentaire le réfractomètre est couramment utilisé pour déterminer la teneur en sucre d'un produit alimentaire tels que les jus de fruits, confiture, ...etc. La mesure du degré Brix est fortement liée à la température car elle a une influence sur l'indice de réfraction. La valeur est affichée sur l'écran du réfractomètre (**Dongare, 2015**).

2.1.5. Teneur en matière protéique (MP)

➤ Principe

La méthode de Kjeldahl est basée sur la minéralisation de l'échantillon avec un mélange d'acide sulfurique (H_2SO_4 95-98%) concentré de sulfate de potassium en présence de sulfate de cuivre comme catalyseur de conversion de l'azote organique en azote ammoniacal. Le minéralisat obtenu sera distillé en présence d'hydroxyde de sodium (NaOH 40%) et l'ammoniac libéré est récupéré dans une solution d'acide borique (H_3BO_3) additionnée d'un indicateur coloré. L'ammoniac récupéré dans l'acide borique est titré avec une solution standard d'acide chlorhydrique **ISO 8968-1 :2001(F), FIL 20-1 :2001(F)**.

Le calcul de la teneur en azote à partir de la quantité d'ammoniac produite est déterminé selon l'expression des résultats décrite par la formule suivante :

$$m_N = \frac{1.4(V_s - V_b)C_{\text{HCl}}}{m_{\text{éch}}}$$

Où :

m_N : la teneur en azote de l'échantillon pour essai, exprimé sous forme de pourcentage(M/M)

V_s : Volume en millilitre de la solution volumétrique standard de l'acide chlorhydrique utilisé dans la détermination de l'échantillon exprimé en 0.05 millilitre prés.

V_b : Volume en millilitre de la solution volumétrique standard de l'acide chlorhydrique utilisé dans l'essai à blanc exprimé en 0.05 millilitre prés.

C_{HCl} : Molarité exacte de la solution volumétrique standard d'acide chlorhydrique.

$m_{\text{éch}}$: masse de prise d'essai en gramme exprimé en 0.01 milligramme prés.

➤ Expression des résultats

Dès qu'il y a changement de couleur du rouge brique au bleu, arrêter la titration et lire la chute de la burette.

➤ Calcul de la teneur en protéine brute

Le calcul de la teneur en protéine brute de l'échantillon est effectué à l'aide de la formule suivante :

$$m_p = m_N * 6.38$$

Où :

m_p : est la teneur en matière azotée totale de l'échantillon pour essai, exprimé sous forme de pourcentage en masse.

m_N : est la teneur en azote de l'échantillon pour essai, exprimé sous forme de pourcentage en masse.

6.38 : est le coefficient multiplicateur généralement admis pour exprimer la teneur en azote en tant que teneur en matière azotée totale.

2.1.6. Teneur en matière grasse (MG) (GERBER- ISO 1211)

Prendre 11 mL du produit dans un butyromètre, ajouter 10 mL d'acide sulfurique (H_2SO_4) de densité 1.82, rajouter 1 mL d'alcool isoamylique puis agiter et centrifuger pendant 10 minutes. Lire la teneur sur le butyromètre gradué.

2.2. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques réalisées correspondent aux entérobactéries, levures et moisissures. 1mL de la masse blanche, diluée dans 9mL du diluant TS, est ensemencé en masse avec une gélose spécifique puis incubé. Le principe et le mode opératoire sont les mêmes utilisés pour la semoule dans le tableau III.

3. Yaourt à la semoule

Le diagramme de fabrication du yaourt élaboré est présenté dans la figure 3.

On a pris des pots de 60g de masse blanche auxquels on a ajouté des concentrations de semoule qui sont de : 3.6g, 4.8g et 6g correspondant à 6%, 8% et 10% du poids de la masse blanche respectivement. Avant qu'on choisisse la recette définitive de notre yaourt, on a procédé à deux préparations :

- La première préparation consiste à prendre une masse blanche du yaourt brassé Cremix additionné de pourcentages de 6% ,8%, 10% de semoule.
- La deuxième préparation est constituée d'une masse blanche du yaourt brassé Activia aux fruits avec les mêmes pourcentages de semoule.

3.1. Analyses microbiologiques et physicochimiques

Les analyses effectuées pour le yaourt élaboré sont les mêmes analyses que la masse blanche qui sont : pH, Viscosité, Brix, MP, MG ainsi que la recherche des Entérobactéries, levures et moisissures. On suit les mêmes principes et modes opératoires utilisés précédemment.

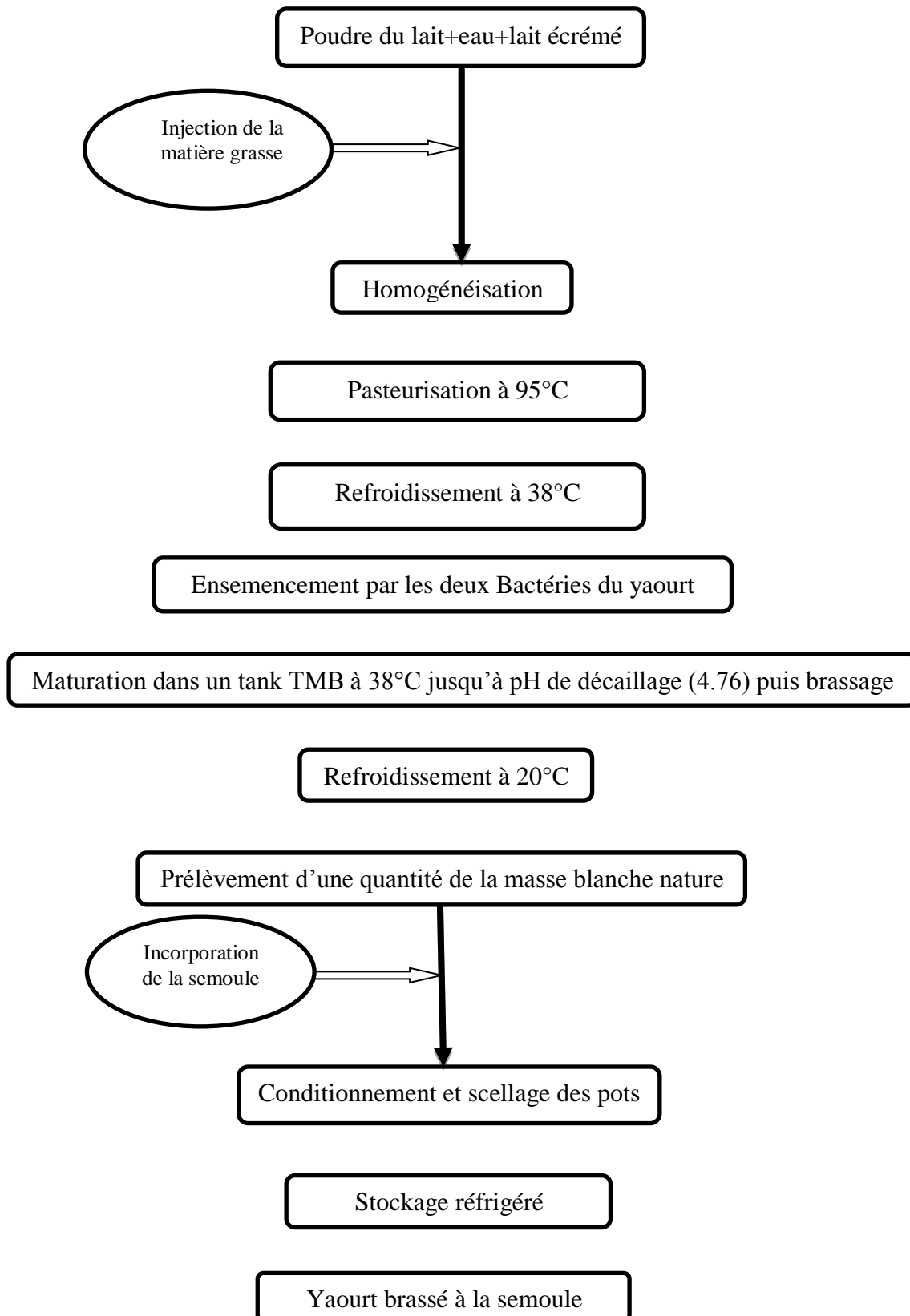


Figure 3 : Diagramme de fabrication du Yaourt élaboré.

3.2. Evaluation sensorielle

L'analyse sensorielle est définie comme l'examen des propriétés organoleptiques d'un produit par les organes de sens (**Norme NF ISO 5492, 1992**).

Le panel dégustateurs est composé de 10 jurés experts qui sont les techniciens de laboratoire qualité de l'entreprise. Deux yaourt aromatisés fraise et vanille et un sans arôme additionnés avec les trois concentrations en semoule ont été présentés au jury et les ont évalués selon la consistance en bouche, en cuillère, la couleur, l'arôme et le sucre. Après dégustation, les jurés ont donné une note de 1 à 5 selon leur préférence par rapport à chaque critère et une note finale.

3.3. Dénombrement des bactéries lactiques

➤ Principe

Ensemencement de dilutions décimales de l'échantillon à analyser, dans des milieux spécifiques et appropriés à la croissance des espèces recherchées.

➤ Mode opératoire

Préparation des dilutions de 10^{-1} à 10^{-7} à partir d'un pot de yaourt dans de l'eau peptonée. Introduire 1ml des deux dernières dilutions dans une boîte de Pétri, puis verser la gélose correspondante pour chaque germe, les boîtes sont ensemencées en une seule couche. Incuber en anaérobiose et à 37°C pendant 72 h pour les Lactobacilles et le Bifidus et en aérobie à 44°C pendant 48 h pour les Streptocoques. Les milieux de culture sont présentés dans le tableau IV :

Tableau IV: Recherche et dénombrement es bactéries lactiques

Bactérie	Milieu de culture	Mode d'ensemencement	Temps d'incubation
<i>Streptococcus Thermophilus</i>	M17	En masse	48h à 44°C
<i>Lactobacillus Bulgaricus</i>	MRS	En masse	72h à 37°C
<i>Bifidus</i>	TOS	En masse	72h à 37°C

Lecture :

$$\frac{\Sigma C}{(n1+0.1n2)d}$$

Où : ΣC : la Somme des colonies comptées sur toutes les boîtes contenant entre 10 et 300 colonies

$n1$: est le nombre de boîtes comptées à la dilution la plus faible.

$n2$: est le nombre de boîtes comptées à la dilution la plus élevée.

d : est la valeur correspondant à la dilution des premiers dénombrements retenus.

3.4. Analyse Stress

Des échantillons de produit fini sont mis dans des conditions défavorables dites stressantes pour voir leurs stabilités. Un certain nombre de pots dans une chambre à 25°C pendant 10 jours et d'autres dans une autre chambre à 30°C pendant 3 jours ; après cette durée d'incubation, on vérifie le bombage du pot, l'odeur, l'aspect et la présence ou non de colonies dans les échantillons.

4. Etude statistique

Les résultats rapportés sur les paramètres physicochimiques (pH, viscosité, EST, BRIX, MG et MP) ainsi que le suivi du pH et de la viscosité sur 28 jours du yaourt à la semoule élaboré sont exprimés par les moyennes plus ou moins les écarts types standards de trois mesures. Pour la comparaison des résultats obtenus, une ANOVA est réalisé à l'aide d'un logiciel (STATISTICA 5,5) et le degré de signification des données est pris à la probabilité ($P < 0.05$).

II. Résultats et discussion

1. Semoule

1.1. Analyses physicochimiques

1.1.1. Teneur en polyphénols totaux, flavonoïdes et activité anti-oxydante

Les teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes ainsi que l'activité scavenger du radical DPPH sont résumé dans le tableau V.

Tableau V: Teneur en composés phénoliques et activité antioxydant de la semoule utilisée.

Analyse	Résultat pour 100g de semoule
Polyphénols totaux	41.03mg \pm 2.05
Flavonoïdes	2.67mg \pm 0.3
Activité anti-oxydante	1mg \pm 0.0

D'après le tableau V, la teneur en polyphénols de la semoule est de 41.03mg \pm 2.05 mg EAG/100g de semoule et celle des flavonoïdes est de 2.67 \pm 0.3mg EQ/100g de semoule. La teneur en polyphénols totaux retrouvée par Khan et al. (2013) est de 0,76 \pm 0,07 mg EAG/g de semoule ce qui est largement supérieur à la valeur retrouvée dans cette étude. Zilic et al. (2011) ont rapporté des valeurs de polyphénols totaux et flavonoïdes variant de 1,52 à 1,65 mg EC/ g de poids sec et 0,027 à 0,031mgEC/g de poids sec, respectivement pour quatre variétés de blé dur. Dans une étude menée par Dykes et Rooney (2007) sur un certain nombre de céréales, la teneur en flavonoïdes dans la graine de blé complet est de 1,34 mg/g, dans le son de blé la teneur est de 4,52 mg/g et dans l'avoine cette teneur est de 0,65 mg/g.

Pour l'activité antioxydants mesurée avec le DPPH en équivalent milligramme Trolox par 100g de poids sec (mg EqTrolox/100g de PS) la valeur trouvée dans cette étude est de 1mg EqTrolox/100g de PS. L'étude menée par Khan et al. (2005) a rapporté une valeur de 9,20 \pm 0,31 μ mol EqTrolox/g de semoule, Ragaee et al. (2006) ont, dans leur étude, trouvé une valeur de 4,33 \pm 0,17 μ mol EqTrolox/g de blé dur.

1.1.2. Teneurs en MP, MG et humidité

Les résultats de la MP, MG et l'humidité sont présentés dans le tableau VI.

Tableau VI: Teneur en MP, MG et humidité de la semoule utilisée

Analyse	Résultat	Norme (codex standard)
Humidité	10%	/
Matière grasse	9.36%	/
Matière protéique	20.06%	>11.5 %

D'après les résultats obtenus par ANALAB on constate que la semoule a un taux de protéine élevé par rapport à la norme, pauvre en matière grasse et un taux d'humidité faible, ce qui lui confère sa valeur car le meilleur blé c'est le blé mature dans des conditions de chaleur élevées donc un taux d'humidité très minime.

1.2. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques ont pour objectif d'assurer que les produits présentent une bonne qualité hygiénique. Les résultats des analyses microbiologiques des germes recherchés sont présentés dans le tableau VII.

Tableau VII: Résultats microbiologiques effectuées sur la semoule.

Analyses	Résultats	Norme
Entérobactéries	Absence	Interne
Flore totale	Absence	Interne
Levures et moisissures	Absence	Interne

D'après les résultats du tableau VII, on constate une absence totale des trois germes recherchés qui est conforme à la norme interne de l'entreprise. Cela est due au fait que la semoule a subi une torréfaction puis un autoclavage. Ces traitements vont inhiber les bactéries pathogènes ainsi que les bactéries recherchées. Leur absence signifie aussi le respect des bonnes pratiques de fabrication et hygiéniques.

2. Masse blanche

2.1. Analyses physico-chimiques

Les résultats des différents paramètres physicochimiques de la masse blanche sont présentés dans le tableau VIII.

Tableau VIII: Résultats des analyses physicochimiques effectuées sur la masse blanche.

Analyse	Masse blanche
pH	4.55
Viscosité(mPa)	16.1
Brix(%)	14.63
MG(g)	3.01
MP(g)	3.37
EST(%)	21.54

2.2. Analyses microbiologiques

Les analyses effectuées sont réalisées pour s'assurer de la qualité hygiénique du produit. Les résultats sont présentés dans le tableau IX.

Tableau IX: Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur la masse blanche.

Analyse	Résultat	Norme
Entérobactéries	Absence	Interne
Levures et moisissures	Absence	Interne

3. Yaourt brassé à la semoule

3.1. Résultats des deux préparations élaborées

Les résultats obtenus avec la masse blanche de Cremix et Activia sont présentés dans le tableau X.

Tableau X: Résultats des analyses physico-chimiques des yaourts Cremix et Activia à la semoule.

		Yaourt Cremix		
Dose	pH	Viscosité(mPa)	Extrait sec (%)	Brix(%)
6%Auto	4.53	23.6	26.68	18.78
8% Auto	4.54	25.8	28.89	19.23
10% Auto	4.59	26.9	30.36	19.28
		Yaourt Activia		
6% Auto	4.51	30.1	24.26	15.78
8% Auto	4.59	34.9	25.58	15.86
10% Auto	4.63	38.1	26.82	16.07

Les résultats obtenus pour les deux types de yaourt étaient satisfaisants mais la texture du Cremix était trop condensée et pas assez onctueuse contrairement au yaourt Activia. C'est donc avec cette dernière que le yaourt enrichi en semoule a été élaboré

4. Yaourt Activia à la semoule

4.1. Paramètres physicochimiques

Les résultats obtenus avec la masse blanche d'Activia aux fruits étaient satisfaisants et appréciables vue la légèreté de sa texture et son onctuosité.

La mesure du pH, viscosité, EST, Brix ont été refaits ainsi que la MG et MP

-La semoule a subi deux types de traitements : le premier est un traitement au bain marie et le deuxième à l'autoclave. Les résultats sont présentés dans le tableau XI.

Tableau XI: Résultats des analyses physico-chimiques du yaourt Activia à la semoule.

Produit	pH	Viscosité (mPa)	EST (%)	BRIX (%)	MG(g)	MP(g)
6% BM	4.62± 0.02c	25.83±1.22bc	25.81±0.13 d	15.94±0.05a	3.2±0.05b	3.75±0.005c
8% BM	4.64± 0.01bc	26.23±1.25b	25.07±0.04 e	16.25±0.005a	3.29±0.06a	3.80±0.005b
10% BM	4.66±0.005 ab	33.37±1.05a	27.6±0.05a	16.22±0.18a	3.18±0.05b	3.95±0.005a
6% AUTO	4.64± 0.02bc	24.5±0.6c	24.80±0.08 f	16.09±0.12a	3.19±0.01b	3.74±0.01c
8% AUTO	4.68±0.02a	25.2±0.7bc	26.33±0.14 c	16.27±0.11a	3.26±0.04ab	3.80±0.005b
10% AUTO	4.66±0.02a b	33.38±0.5a	27.08±0.02 b	16.31±0.06a	3.20±0.05b	3.96±0.005a

BM: Bain Marie ; Auto: Autoclavé

Les valeurs portant les mêmes lettres sur la même colonnne révèlent aucune différence (P<0,05).

4.1.1. pH

Le pH du yaourt élaboré varie de 4,62 à 4,68, le yaourt 8% autoclavé a donné le pH le plus élevé alors que le 6% BM a donné le pH le plus bas. Ce dernier est néanmoins proche du pH de la masse blanche qui est de 4,55. Cela pourrait être dû à la dégradation des protéines de la semoule ou bien celles du yaourt. Pour le reste des échantillons, on n'observe pas de différences entre eux à p<0,05. La mesure du pH nous renseigne sur l'état de fraîcheur du lait, le pH d'un lait normal est neutre. Cependant, s'il y a prolifération des bactéries lactiques, une partie du lactose sera fermentée en acide lactique, entraînant ainsi une baisse du pH.

4.1.2 Viscosité

La transformation du lait en yaourt s'accompagne de la mise en place d'une structure complexe et d'un changement important des propriétés rhéologiques en passant d'un liquide newtonien à un gel viscoélastique à destruction non réversible (**Paci Kora, 2004**).

Pour les deux méthodes de traitement utilisées, Auto et BM, la viscosité des échantillons à la même concentration en semoule n'a révélé aucune différence significative à $p < 0,05$. Cela veut dire que ces traitements n'ont pas d'influence sur la fermeté du yaourt élaboré.

La viscosité, en revanche, augmente avec l'augmentation de la concentration en semoule et varie de 24.5 ± 0.6 g à 33.38 ± 1.05 g obtenu avec le yaourt 10%. Cela peut être dû au gonflement de la semoule par l'absorption du lactosérum qui va modifier le diamètre de celle-ci qui était entre 500 et 700 μ m comme cela peut être aussi due à la formation du gluten grâce à l'association de la gluténine et la gliadine donnant ainsi un yaourt de texture plus visqueuse (**FFAS 2016**).

4.1.3. Extrait sec total

Des différences significatives sont observées pour les six échantillons élaborés, plus la concentration en semoule est élevée plus l'extrait sec est élevé. L'extrait sec total du yaourt élaboré varie de 24.80 ± 0.08 % (BM6 %) à 27.6 ± 0.05 % (Auto 10%) toutefois, toutes ces valeurs sont supérieures à celle de la masse blanche (21.54%). Cela peut être dû à l'ajout d'une masse sèche qui est la semoule à la masse blanche.

4.1.4. Brix

Aucune différence n'est observé pour le degré Brix entre les six échantillons à $p < 0,05$. Le brix du yaourt est aux alentours de 16% et est supérieur à celui de la masse blanche (14.63%). Cela peut être expliqué par la légère dégradation de l'amidon qui est un sucre complexe composé d'une longue chaîne glucosidique dégradée sous l'influence des bactéries lactiques.

4.1.5 Matière grasse

Il n'y a pas de changement entre le yaourt élaboré (3.2g) et la masse blanche (3.01g) Aucune différence n'est observée entre les échantillons élaborés, car la semoule ne contient pas de matière grasse.

4.1.6 Matière protéique

D'après les résultats du tableau XI, on constate que la matière protéique augmente à mesure que la concentration en semoule augmente, aucune différence n'est constatée pour la méthode de traitement de la semoule utilisée à $p < 0,05$

La matière protéique du yaourt varie de $3.74 \pm 0.01g$ à $3.95 \pm 0.005g$, elle est supérieure à celle de la masse blanche (3.37g). Cela peut s'expliquer par la richesse de la semoule en protéines (Zahid, 2010).

4.2 Paramètres microbiologiques

Une absence totale des entérobactéries ainsi que les levures et moisissures a été constatée. Cela indique l'efficacité du traitement thermique utilisé, d'un système de nettoyage bien approprié et aussi l'utilisation d'un emballage en plastique thermoformé à une température supérieure à $140^{\circ}C$ qui permet d'éliminer toute forme pathogène.

La transformation du Lactose en acide lactique par les bactéries lactiques diminue fortement le pH du lait et assure une protection contre le développement de nombreux germes pathogènes (Lounes, 1994).

4.3 Suivi des paramètres physicochimiques et microbiologiques du yaourt à la semoule

Sur les six échantillons élaborés, entre les deux méthodes (BM et Auto), aucune différence n'a été observée sur les paramètres étudiés. Toutefois, l'autoclavage étant une méthode qui évite la contamination des échantillons, le choix s'est porté sur celle-ci pour continuer le suivi des paramètres physico-chimiques et microbiologiques.

4.3.1. Paramètres microbiologiques

Des dilutions décimales sont réalisées de 10^{-1} à 10^{-7} . Les deux dernières ont été prises (Tableau XII) pour le dénombrement car elles donnent un résultat fiable.

Tableau XII : Teneur en bactéries lactiques dans la première journée.

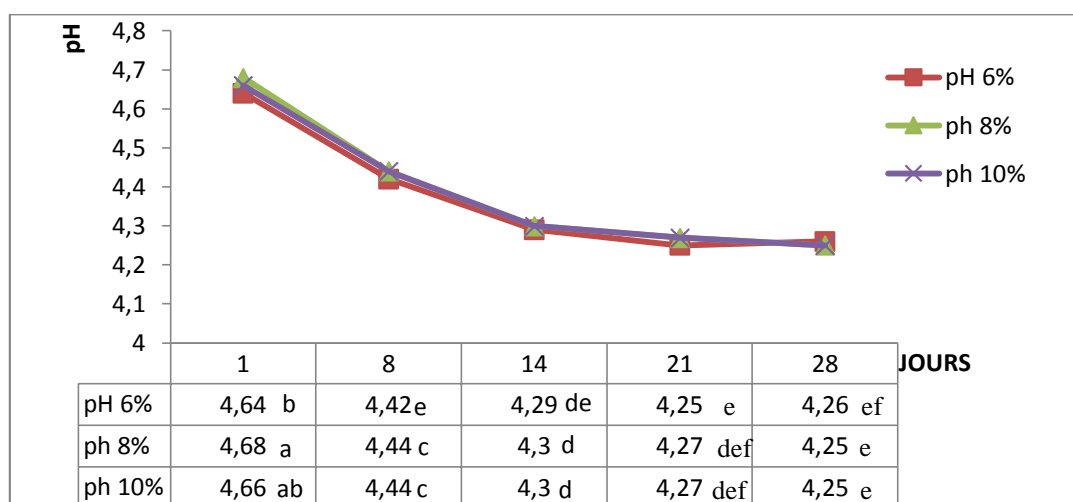
Jours	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>		<i>Streptococcus thermophilus</i>		<i>Bifidus</i>	
	10^{-6}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-7}
J+1	2.2×10^8	7.9×10^7	64×10^7	94×10^7	9×10^7	6.8×10^7

Les résultats obtenus sont conformes aux normes de l'entreprise. La présence des trois bactéries dans le yaourt en abondance est obligatoire car elles jouent un rôle essentiel dans la

conservation et l'innocuité des aliments, par la production des acides organiques et d'autres composés antimicrobiens ; comme les bactériocines qui inhibent la croissance des germes pathogènes ou de contamination (Corthier et al., 2001).

4.3.2. Paramètres physico-chimiques

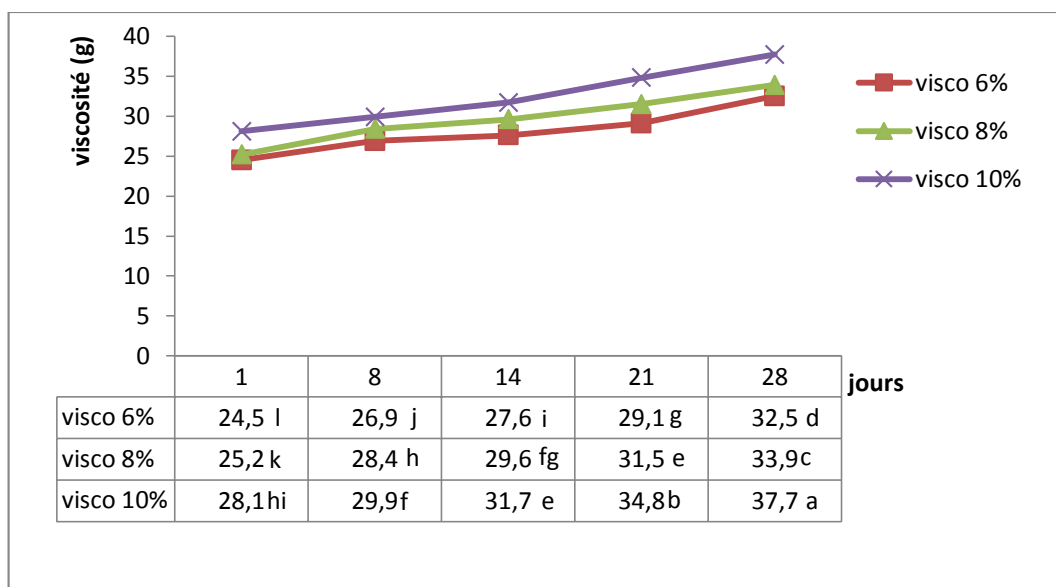
Le suivi des paramètres physico-chimiques (pH et viscosité) du yaourt à la semoule complète permet de savoir son impact sur la masse blanche. Les deux paramètres selon les journées sont présentés dans les figures 4 et 5 et tableau I annexe I.



Les valeurs portant les mêmes lettres sur la même ne révèlent aucune différence (P<0,05).

Figure 4 : Suivi du pH du yaourt jusqu'à la DLC.

La variation de la concentration en semoule dans le yaourt n'a aucune influence sur le pH. Ce dernier diminue, significativement, en fonction du temps pour passer de 4,68 à J+1 (concentration en semoule de 8%) à 4,25 à J+28 (concentration en semoule de 8 et 10%). Cette diminution est due à l'activité des bactéries lactiques en continuant de dégrader le lactose en acide lactique (Ghozlane, 2012).



Les valeurs portant les mêmes lettres sur la même ne révèlent aucune différence ($P < 0,05$).

Figure 5 : Suivi de la viscosité du yaourt jusqu'à la DLC.

On remarque une augmentation significative à $p < 0,05$ de la viscosité en fonction du temps, pour passer d'une valeur de $24,5 \pm 0,1$ g pour le yaourt à la semoule 6% à J+1 jusqu'à atteindre une valeur de $37,7 \pm 0,1$ g pour la yaourt à la semoule 10% à J+28. La concentration de la semoule dans le yaourt a un impact sur sa viscosité, cela s'explique par l'absorption du lactosérum par la semoule donnant lieu un yaourt de plus en plus visqueux grâce aussi à la diminution du pH car il y a une relation inversement proportionnelle entre le pH et la viscosité. La baisse du pH entraîne une augmentation de la viscosité par déminéralisation de la caséine en formant un réseau de caséines avec des liaisons hydrophobes donnant ainsi un gel de viscosité plus grande.

4.3.3. Suivi de l'analyse Stress

Pour s'assurer de la qualité du yaourt, on a procédé à l'analyse STRESS et cela en mettant le yaourt dans des conditions favorables pour son altération c'est-à-dire développement de plusieurs microorganismes surtout les levures et moisissures.

Le yaourt a conservé sa structure et ses caractéristiques après l'avoir mis à 30°C pendant 3 jours et à 25°C pendant 10 jours où il n'a montré aucun gonflement ni dégagement d'odeur désagréable ce qui signifie que le produit est conforme aux normes de l'entreprise. Cette conformité reflète le bon déroulement de tout le processus de fabrication, l'efficacité du traitement thermique appliqué, la bonne qualité du packaging utilisé ainsi que le respect des conditions d'hygiène.

4.4. Analyse sensorielle du yaourt à la semoule

Le yaourt sans arôme et la concentration 10% de semoule ont été écartés par les jurés. Les arômes fraise (F) et vanille (V) aux concentrations 6 et 8% ont été évalués selon différents critères sensoriels et les notes d'appréciation des jurés sont mentionnées sur la figure 6

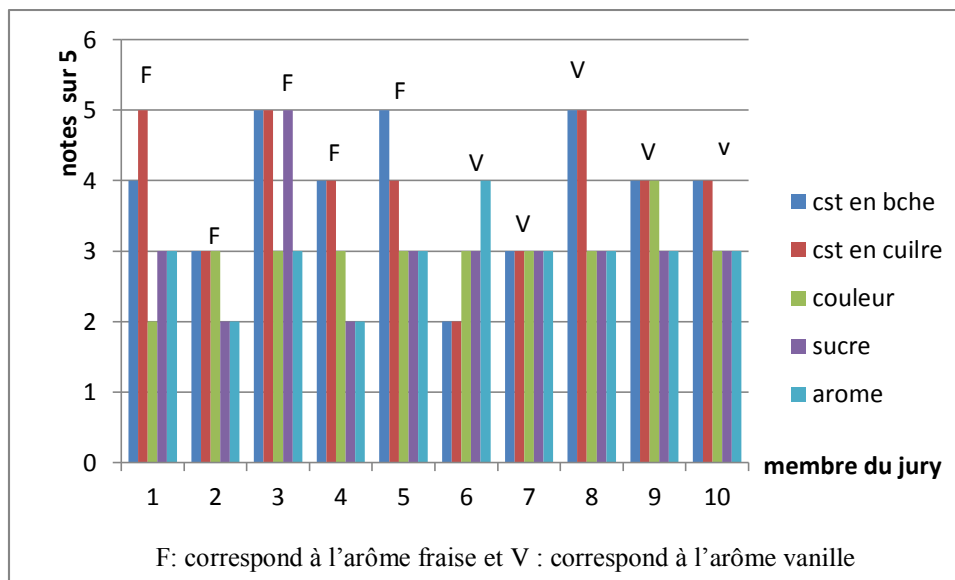


Figure 6 : Evaluation des différents critères selon les experts.

➤ Consistance

Sur les 10 jurés experts, sept d'entre eux ont apprécié la consistance en donnant une note de 5 et 4. Les jurés 2 et 7 ont moyennement apprécié en donnant une note de 3 par contre le 6^{ème} juré n'a pas trop aimé et a donné une note de 2.

➤ Sucre

Sur les 10 jurés experts, seule le 3^{ème} juré a trouvé que le yaourt était très sucré par rapport aux 7 autres jurés qui ont trouvé que le taux de sucre était moyen et ont donné une note de 3. Par contre le 2^{ème} et 4^{ème} jurés ont trouvé que le yaourt n'était pas assez sucré ils ont alors donné une note de 2.

➤ La couleur

Les 9 jurés ont constaté la couleur de la semoule dans le yaourt, l'ont apprécié et ont donné une note de 4 et 3 sauf le 1^{er} juré qui a donné la note de 2.

➤ Arme

Le 6^{ème} juré a trouvé que l'arôme était assez prononcé et a donné une note de 4 par contre sept autres ont donné une note de 3 alors que le 2^{ème} et 4^{ème} jurés ont donné une note de 2.

4.4.1. Notes d'appréciation générale du produit

En plus des notes attribuées par les dix jurés sur les critères sensorielles du yaourt élaboré, une note d'appréciation générale de celui-ci, allant de 1 à 5 a été attribuée par ces mêmes jurés et les résultats sont présentés dans la figure 7.

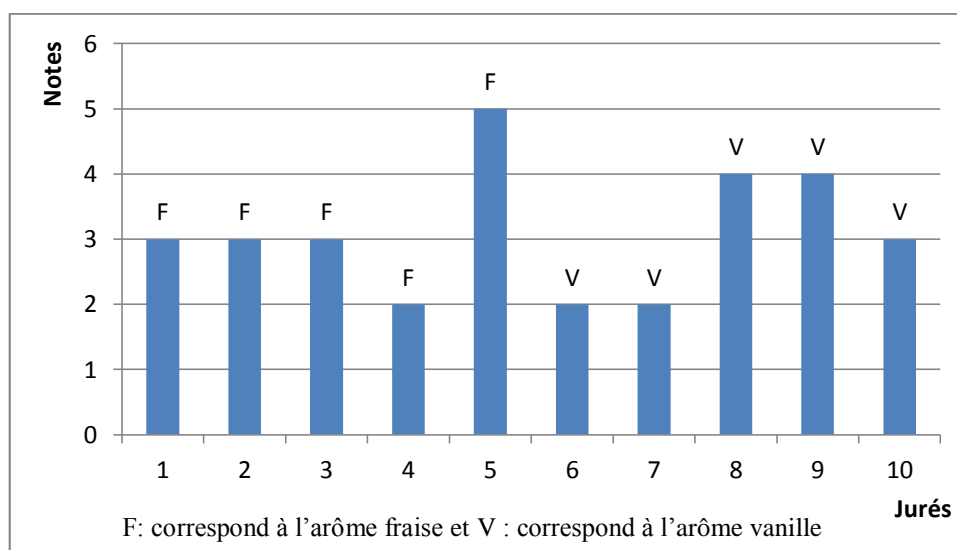


Figure 7 : Notes données par les jurés.

Sur les 10 jurés, 7 ont aimé le yaourt en donnant une note de 3 à 5, alors que les 3 restants n'ont pas trop aimé et ont donné une note de 2.

Conclusion

L'objectif de la présente étude est de formuler un yaourt brassé enrichi à la semoule complète. Pour cela, nous avons effectué un stage pratique au niveau de la laiterie Danone. Ce stage nous a permis d'élaborer notre produit dans de bonnes conditions, enrichir nos connaissances dans le domaine laitier et plus spécialement le yaourt, et aussi approfondir dans les analyses du yaourt et le contrôle de qualité.

- Le yaourt élaboré est caractérisé par un pH légèrement acide (4.60), un extrait sec total de 24-27%, une viscosité de 24-33g, une teneur de brix (16%), une teneur en matière protéique de 3.74-3.96, une teneur en matière grasse de 3.19-3.26 tous ces résultats sont conformes aux normes internes de l'entreprise Danone.
- Le résultat obtenu après l'analyse microbiologique de la semoule et le produit fini montre l'absence totale des entérobactéries, levures et moisissures.
- L'incorporation de la semoule dans le yaourt formulé a permis de l'enrichir en protéines, fibres, polyphénols et flavonoïdes qui sont bénéfiques pour la santé.
- Au cours de l'analyse sensorielle, le yaourt à la semoule complète, avec les deux arômes fraise et vanille a été apprécié dans l'ensemble par le panel dégustateur.

Il aurait été souhaitable de continuer le suivi des analyses microbiologiques du yaourt jusqu'à la DLC ou même après pour rendre compte de la viabilité des bactéries lactiques et si c'est possible d'augmenter la DLC du yaourt brassé à la semoule, ou bien ajouter d'autres céréales telles que l'avoine, l'orge ou même le son de blé vue sa richesse en composés bénéfiques pour la santé humaine.

1. **Art.3 Arrêté du 27 octobre 1999** relatif aux spécifications du lait en poudre industriel et aux conditions et modalités de sa présentation, sa détention, son utilisation et sa commercialisation.
2. **Amiot. J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P., Simpson R. 2002.** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyses du lait. IN« science et technologie du lait». Tec et Doc LAVOISIER. pp :1 73.
3. **Abecassis. J., 1991 :** La mouture du blé dur. In, les industries de première transformation des céréales. (In GODON B. et WILLM C.).Ed. Tec et Doc- Apria : 362-393.
4. **Ammar M ., 2015.** Organisation de la chaine logistique dans la filière céréales en Algérie états des lieux et perspective. Thèse de doctorat de CIHEAM Montpellier : p17-20.
5. **Bahrún. T., Gressier. B., Trotin. F., Brunet. C., Dine. T., Luykx. M., et al. 1996.** Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittel-forschung*. Vol 46. N11.p1086-1089.
6. **Bozzini. A., 1988.** Origin distribution and production of durum wheat in the world in Fabriani G, et L Lintas C. (Ed) durum chemistry and technology. AACC (Minnesota) Etats –Unis : p1-16.
7. **Béal. C., et Sodini. I., 2003.** Fabrication des yaourts et des laits fermentés in technique d'ingénieur. *Traité agroalimentaire* .Paris .f6315.17p.
8. **Bourgois. C. M. Mescle. M., et Zucca. J.F., 1996.** Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Ed : Tec et Doc. Paris. Lavoisier, PP 139 -290.
9. **Dykes, L. et Rooney. L. 2007.** Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. *Cereal foods world* 52(3):105-111.
10. **Khan, I., A. Yousif, S. K. Johnson, and S. Gamlath. 2013.** Effect of sorghum flour addition on resistant starch content, phenolic profile and antioxidant capacity of durum wheat pasta. *Food Research International* 54(1):578-586.
11. **Ragae, S., E.-S. M. Abdel-Aal, and M. Noaman. 2006.** Antioxidant activity and nutrient composition of selected cereals for food use. *Food Chemistry* 98(1):32-38.
12. **Žilić, S., V. H.-T. Šukalović, D. Dodig, V. Maksimović, M. Maksimović, and Z. Basić. 2011.** Antioxidant activity of small grain cereals caused by phenolics and lipid soluble antioxidants. *Journal of Cereal Science* 54(3):417-424.

13. **Bouhnik. Y., 1993.** Probiotiques, bactéries probiotiques, levains Survie et effets chez l'homme des bactéries ingérées dans les laits fermentés. Ed INSERM hôpital Saint-Lazare - Paris, France. p 241.
14. **Brand-Williams W., Cuvelier M.E., Berset C. 1995.** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel–Wissenschaft und Technologie*, 28 : 25-30.
15. **Codex alimentarius 2^{ème} Edition 2011.** Lait et produit laitiers. Rome.
16. **Codex standard 178-1991 :** Norme codex pour la semoule et farine de blé dur.
17. **Courtin. C. M., Delcour J.A. L. 2002.** Arabinoxylans and endoxylanases in wheat flour bread-making. *Journal of cereal science*. Vol 35. N 3. P 225-253.
18. **Debry. G. 2001.** Lait, Nutrition et santé. Ed Tec et Doc.
19. **Divet. L et Shulhof.P. 1980.** Le traitement des eaux, presse universitaire de France.
20. **Drouault, S., Corthier, G. 2001 :** Effets des bactéries lactiques ingérées avec des laits fermentés sur la santé *Veterinary Research*, 2001, vol. 32, no 2, p. 101-117.
21. **Dongare M.L., Buchade A.D., 2015.** Refractive Index based Optical Brix Measurement Technique with Equilateral Angle Prism for Sugar and Allied Industries. *International Journal for Light and Electron Optics*. Pune - India; 05-137.
22. **FAO, 1995.** Le lait et les produits dans la nutrition humaine. Collection FAO : Alimentation et nutrition n028. Amazon, Rome, Italie.
23. **FAS, 2016.** Fond Français pour l'Alimentation et la Santé. Source des lieux <<Le gluten>> : p1-7.
24. **Feillet, P. 2000.** Le grain de blé : composition et utilisation. Paris, FRA : Edition INRA : p308.
25. **Fredot, E. 2005.** Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier:10-14 p 397.
26. **Hemme D.W., Nardi M., 1980.** Variation de l'équipement enzymatique de *Streptococcus thermophilus*, p 111.
27. **Ghozlane, D. 2012.** Isolement et caractérisation des bactéries lactiques productrices d'arômes. Thèse de doctorat.
28. **Guiraud J.P., et Rosec J.P. 2004.** Technique général de dénombrement. In : " Pratique des normes en microbiologie alimentaire". Afnor p. 67-68.
29. **Guiraud J.P., 2003 :** microbiologie alimentaire Edition Dound. 652 p.
30. **J.O.R.A.n°69, 1993.** Arrêté interministériel du 29 Safar 1414 correspondant au 18 août 1993 relatif aux spécifications et à la représentation de certains laits de consommation. P. 16.

31. **Kleiner. H. 2007.** A Cathepsin D-cleaved 16 KDa form of prolactin mediates postpartum cardiomyopathy. *Cell*. Vol 128. N3. P 589-600.
32. **Kumar, P., R. Yadava, B. Gollen, S. Kumar, R. K. Verma, and S. Yadav. 2011.** Nutritional contents and medicinal properties of wheat: a review. *Life Sciences and Medicine Research* 22:1-10.
33. **Richard, H. and J.-L. Multon. 1992.** Les arômes alimentaires. Tec & Doc-Lavoisier Paris.
34. **Lamontagne M., 2002.** Produits laitiers fermentés. Science et technologie du lait, Ed polytechnique, Québec. Pp 443-469.
35. **Larpent J.P., 1997.** Microbiologie alimentaire. Techniques de laboratoire. Paris. Ed. Technique et documentation. 273 p.
36. **Lounes A., 1994.** Laits fermentés par les bactéries lactiques. In : " bactéries lactiques II". Volume II. Edition Lorica. Saint George. pp 135-153.
37. **Luquet F.M., Corrieu G., 2005.**Bactéries lactiques et probiotiques Ed Lavoisier Tec et Doc 2005.
38. **Luquet F.M 1985 .**Lait et produits laitiers : vache, brebis, chèvre,. Vol 2 : les produits laitiers : transformation et technologie. Ed Tec et Doc Lavoisier Paris. p 20.
39. **Mahaut M., Jeantet R., Brulé G. et schuck P., 2000.** Les produits industriels laitiers. Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris. Pp 26-37-31-33-200.
40. **Mahaut. M. 2000.** Initiation à la technologie fromagère. Ed Technique et Documentation Lavoisier. p 185.
41. **Ministère du commerce 1998.**Les dispositifs de contrôle de la qualité des aliments en Algérie.
42. **Nongonierma. A., Voilley. A., Cayot. P., Le Quéré. J. L., Springett. M. 2006.**Mecanisms of extraction of aroma compounds from foods, using adsorbents. Effect of various parameters. *Food revieux international*, vol 22. N1.p 51-94.
43. **Paci Kora. E. 2004.** Interractions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt beassé aromatisé : Quels impacts respectifs sur la perception de la texture et la flaveur ?. Thèse de doctorat science des aliments. Institut national agronomique. Paris- Grignon. P 46.
44. **Popovici. M., Menou. N., Clima. S., Opsomer. W., Kaczer. B.,et al. 2009.** Composition influence on the physical and electrical properties of SRXTI1-OX y-based metal-insulator-metal capacitors prepared by atomic layer deposition using TIN bottom electrodes. *Journal of applied physics*. Vol 106. N9. P94-101.

45. **Rebereau-Gayon. P. 1968.** Les composés phénoliques des végétaux. Ed: Dunod, Paris. 10-26.
46. **Richard, H. and J.-L. Multon. 1992.** Les arômes alimentaires. Tec & Doc-Lavoisier Paris.
47. **Romain. H., 2007.** Caractérisation des régulateurs transcriptionnels Rgg et étude du rôle de la protéine Rgg0182 de *Streptococcus thermophilus*.
48. **Savado A., Alfred S., 2011.** La flore microbienne et les propriétés fonctionnelles des yaourts et laits fermentés Traore. Int. J. Biol. Chem. Sci-Ouagadougou, Burkina Faso... 5(5): 2057-2075
49. **Skerget M., Kontnik P., Hadolin M., Hras A.R., Simonic M. and Knez,Z. 2005.** Phenols ,proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities .Food chemistry. 89:191-198.
50. **Surget et Barron 2005.** Histologie du grain de blé. Industrie des céréales 145 : p 3-7.
51. **Surget-Groba. Y., Crochet. P. A ., Chaline. O., Debain.C., CHeylan. M. 2004.** Speciation in mountains: Phylogeography and phylogeny of the rock lizards genus *Iberolacerta*. Molecular phelogenetics and evolution. Vol 30. N3.p860-866.
52. **Soltner.H.1998.** Evaluation of a new fragmentation score of the QRS complex for risk stratification using a hight TC-SQUID magnetocardiography-system. The official Journal of the INT. Society for Holter and Noninvasive electrocardiology INC.ANE. vol 3. N3.p61.
53. **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 ; 978-986.
54. **Veillemard, 1989.** Implication de la RhoGAP Rgd1p dans la polarité cellulaire chez les levures *Saccharomyces cerevisiae* et *Candida albicans*.
55. **Vignola, 2002.** Science et technologie du lait ; transformation du lait. Ed Lavoisier, Paris. P 600.
56. **Zahid A., 2010.** Mécanismes cellulaires et moléculaires régissant le métabolisme des semences de céréales Rôle du réseau rédoxines- Système antioxydant dans la prédiction de la qualité germinative. Thèse de doctorat présenté à l'université de Toulouse pour l'obtention du grade de Docteur universitaire : p18-45.

Annexe I

Tableau 1 : Suivi du pH et viscosité jusqu'à DLC.

Jours	pH			Viscosité		
	6%	8%	10%	6%	8%	10%
J+1	4.64±0.02b	4.68±0.02a	4.66±0.02ab	24.5±0.11	25.2±0.8k	28.1±0.1hi
J+8	4.42±0.02c	4.44±0.02c	4.44±0.02c	26.9±0.3j	28.4±0.2h	29.9±0.2f
J+14	4.29±0.02de	4.30±0.02d	4.30±0.02d	27.6±0.1i	29.6±0.8fg	31.7±0.1e
J+21	4.25±0.01e	4.27±0.02def	4.27±0.02def	29.1±0.2g	31.5±0.5e	34.8±0.2b
J+28	4.26±0.02ef	4.25±0.02e	4.25±0.02e	32.5±0.05d	33.9±0.5c	37.7±0.1a

Les valeurs portants des lettres différentes pour la viscosité et le pH sont significativement différentes à $p < 0,05$

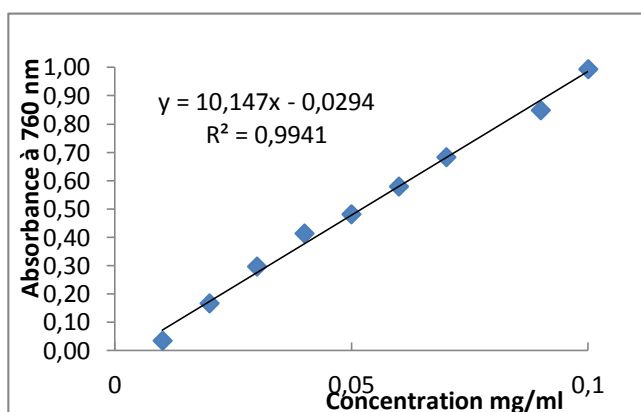


Figure 1 : Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux

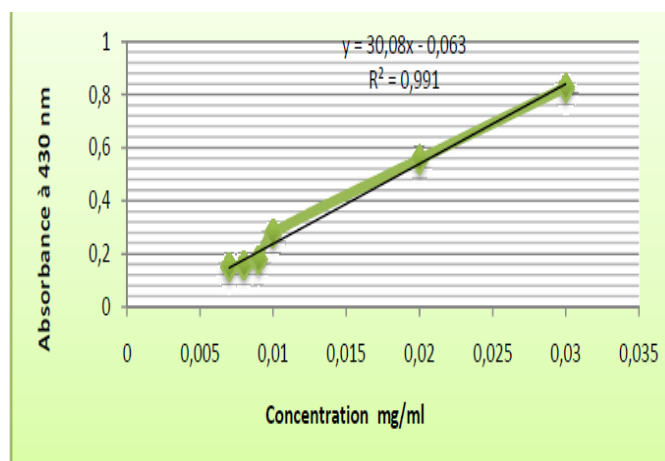


Figure 2 : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes

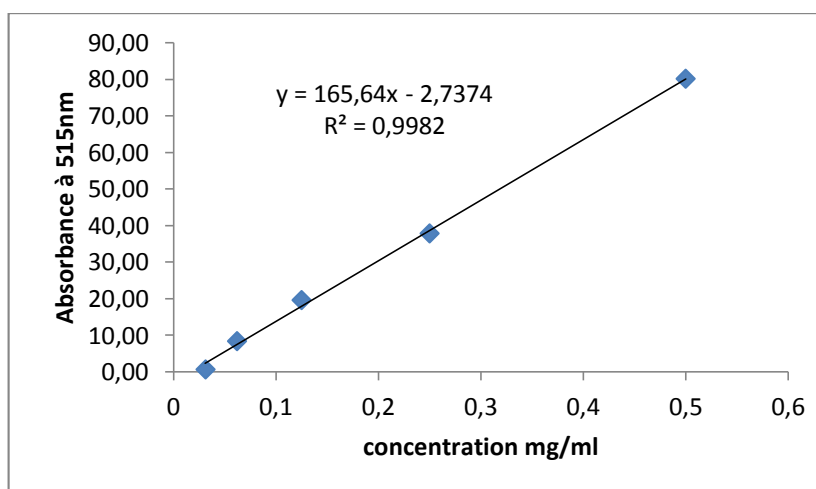


Figure 3 : courbe d'étalonnage d'acide ascorbique du DPPH.

Annexe II

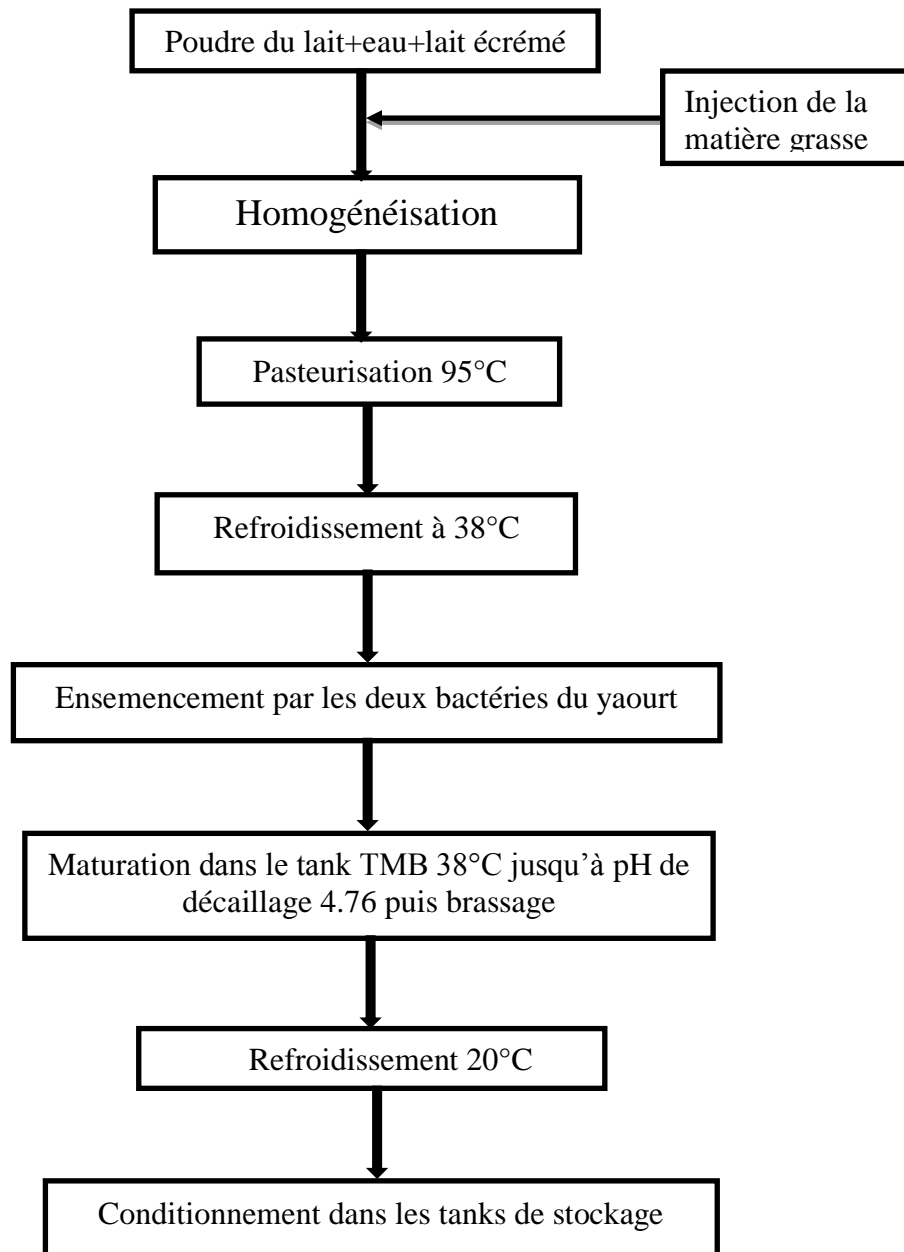


Figure 4 : Diagramme de fabrication de la masse blanche.

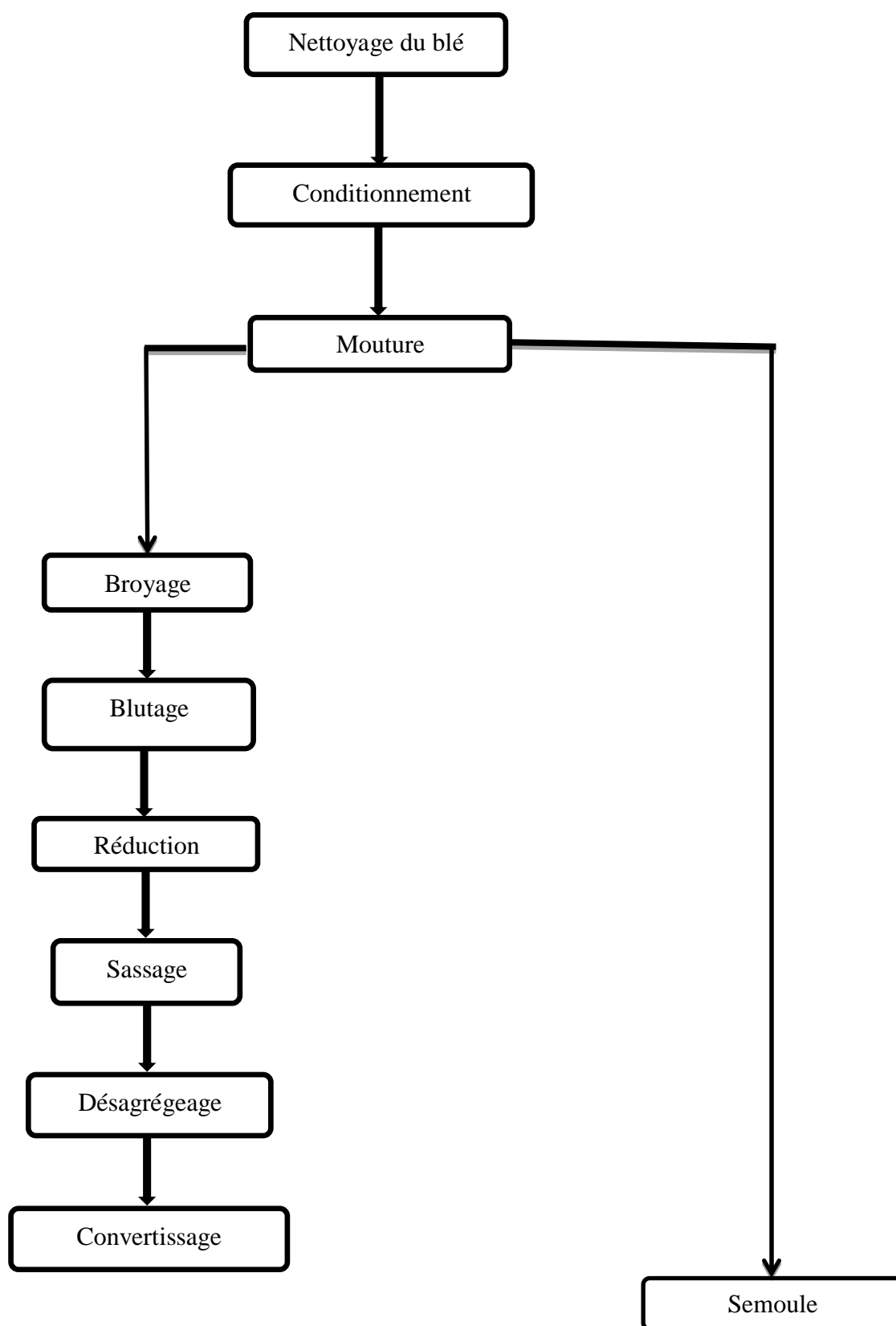


Figure 5 : Diagramme de fabrication de la semoule.

Résumé

Notre travail porte sur l'enrichissement d'un yaourt brassé Danone avec la semoule du blé complet (*Triticum durum Desf*), formuler ainsi une nouvelle recette. Afin de valoriser cette céréale, plusieurs analyses microbiologiques et physico-chimiques ont été réalisées sur le yaourt élaboré et sur la semoule elle-même.

Les propriétés microbiologiques (recherche d'entérobactéries, levures et moisissures), physico-chimiques (pH, viscosité, extrait sec, Brix, matière protéique, matière grasse) et les propriétés sensorielles (consistance, gout, sucre, arôme, couleur, texture) ont révélé l'intérêt de l'ajout de la semoule au yaourt brassé Danone. En effet, l'addition de la semoule dans le yaourt permet d'obtenir un produit enrichi non seulement en glucose, vitamines, sels minéraux mais surtout en protéines.

Mots clés : yaourt, semoule du blé complet *Triticum durum Desf*, analyses physico-chimiques, analyses microbiologiques.

Abstract

Our work is about the enrichment of a brewed yogurt Danone with semolina from a complete wheat (*Triticum durum Desf*), to formulate a new recipe. In order to valorize this cereal, several microbiological and physico-chemical analyses have been achieved on the elaborate yogurt and on the semolina itself.

The microbiological properties (research of enterobacteriaceae, yeasts and moulds), physico-chemical (pH, viscosity, dry extract, Brix, proteins, fat matter) and sensory properties (consistence, taste, sugar, aroma, color, and texture) revealed the interest of the addition of the semolina to brewed yogurt Danone. Indeed, the addition of semolina in yogurt permits to get a yogurt not only enriched in glucose, vitamins, and mineral salts but also and specially in proteins.

Key words: yogurt, semolina of wheat complete *Triticum durum Desf*, physico-chemical analyses, microbiological analyses.