

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mouloud MAMMARI de Tizi Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département de Biochimie - Microbiologie

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme

DE MASTER EN ALIMENTATION HUMAINE ET QUALITE DES PRODUITS

Thème

**Essai de fabrication de yaourts brassés aromatisés à base
de lait de vache et lait de soja. Étude comparative des
différents paramètres**

Présenté par :

M^{elle}. ASSAM Thinhinane

M^{elle}. IDIRI Farida

Devant le jury composé de :

Président : M^f. AMROUCHE T. Maitre de conférences classe A à l'U.M.M.T.O.

Promotrice : M^{elle}. LAMMI S. Maitre assistante classe B à l'U.M.M.T.O.

Examineur : M^f. SADOUDI R. Maitre de conférences classe B à l'U.M.M.T.O.

Examineur : M^f. TITOUCHE Y. Maitre assistante classe B à l'U.M.M.T.O.

Invité : M^mc : MEDJKANE L. Représentant de l'unité MATINALE (Tifra Lait)

Année universitaire 2014 - 2015

Remerciements

Tous d'abord, nous remercions le bon Dieu, le tout puissant, de nous avoir donné le courage, la force et la volonté de mener à long notre travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude aux personnes, qui grâce à leurs aides, notre travail a vu le jour :

Notre promotrice M^{elle} LAMMI S. maitre assistante à l'UMMTO, pour avoir accepté de diriger ce travail et pour tous ses conseils avisés.

Que nos vifs remerciements aillent à M^{me} MEDJKANE L, pour nous avoir permis de réaliser notre travail au sein de l' entreprise « SARL MATINALE» à Tizi-Ouzou.

Tout le personnel de la laiterie « MATINALE », pour leurs aides à la réalisation de ce travail surtout SOUHILA et OUARDA.

Nous exprimons notre reconnaissance à Monsieur AMROUCHE T., Maitre de conférences à l'UMMTO qui nous fait l'honneur de présider le jury. Nous remercions également, Monsieur SADOUDI R., Maitre de conférences à l'UMMTO et monsieur TITOUCHE Y. Maitre assistante classe B qui ont accepté d'examiner ce mémoire.

Que tous les participants aux séances d'évaluation sensorielle trouvent ici, l'expression de nos sincères remerciements pour leur disponibilité et leur application.

Farida et Thinhinane



Dédicace



Je tiens à dédier ce travail à :

- ❖ *La mémoire de mon défunt père. J'espère que je serai toujours à la hauteur de ses espérances ;*
- ❖ *Ma très chère mère, mes frères (Fateh, Salah, Farhat, Hafid et Moumouh) et sœurs (Nacera, Leila, Sabiha et Djamila) pour leur encouragement ;*
- ❖ *Mon très chère Rafik, qui m'a motivé et soutenu tout au long de ce travail ;*
- ❖ *Mes quatre adorables: Malika, Reziqa, Chanez et Madiha ;*
- ❖ *Tous mes camarades et ami(e)s (Rezak, , Younes, Mouh, Karim, Djamel, Nourdine, Radia, Jouza, Kahina, Lydia, Wiwiz, Souad, Samia, Sabrina, Cylia, Lydoucha, Katia, Bina, Dihia et Simar ;*
- ❖ *Mon binôme Tina et sa famille surtout Zouzi;*
- ❖ *Toute ma famille ;*
- ❖ *Tous ceux qui m'ont aidés de près ou de loin surtout Lyfia, Mohammed Amine, Mouloud et Ramdane.*



Farida

Dédicace

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

- ❖ *Mes très chers parents qui m'ont entouré de leur amour et en lesquels j'ai toujours trouvé une source d'encouragement et de réconfort.*
- ❖ *Aux deux prunelles de mes yeux, mon très cher frère : Ahmed et mes chères sœurs : Mélissa et Zouzi ;*
- ❖ *Mes grands parents et Yemma aza*
- ❖ *Mes oncles paternels : Farid, Hamid, Yousef, Mustapha et leurs femmes ainsi que mes cousins et cousines, Ma tante Fariza, à toute la famille Assam ;*
- ❖ *Mes oncles maternels : Rabah, Rachid, Slimane et leurs femmes ainsi que mes cousins et cousines, à la famille Ferhani ;*
- ❖ *Mes tantes : Farida, Malika, Wardia et leurs mariées ainsi que leurs fils et filles ;*
- ❖ *Mes chers confidents Medamine et Amar pour leur réconfort ;*
- ❖ *Tous mes ami(e)s : Amine, Sofiane, Walid, Younes, Rezzak, Mouh, Karim, Lylia, Lydia, Lynda, Nassima, Radia, Kahina, Sabrina, Cylia, Dihia, Samah, Samia, Nawal, Ouiza, warda ; Tina, thiziri*
- ❖ *Toute ma promotion alimentation Humain et qualité des produits 2015*
- ❖ *Ma chér aimable Samia Gadi et ses Sœur : Lydia et Nassima;*
- ❖ *Ma chérie Farida Idiri de m'avoir supporté tout au long de notre mémoire, pour ces encouragements et son soutien, ainsi qu'à son adorable famille surtout « Na Fadhma ».*
- ❖ *Ma cher Lylia Kaced pour son aide et sa présence durant mon mémoire*
- ❖ *Tous ceux qui m'ont aidés de près ou de loin.*

Tina

SOMMAIRE

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	

Première partie: Synthèse bibliographique

Introduction	01
I. Généralités sur le lait de vache	
I.1. Définition.....	03
I.2. Composition	03
I.3. Valeur nutritionnelle	04
I.4. Propriétés physico-chimiques	04
I.5. Qualité	
I.5.1. Organoleptique.....	06
I.5.2. Microbiologique.....	07
I.6. Production et consommation	
I.6.1. Dans le monde.....	08
I.6.2. En Algérie.....	09
II. Le soja	
II.1. Généralités sur la graine de soja	
II.1.1. Historique.....	10
II.1.2. Différents types	10
II.1.3. Composition.....	10
II.1.4. Production	
II.1.4.1. Dans le monde.....	11
II.1.4.2. En Algérie.....	12
II.1.5. Différentes utilisations.....	12
II.2. Le lait de soja (Le <i>Tonyu</i>)	
II.2.1. Définition.....	12
II.2.2. Composition et valeur nutritionnelle	13
II.2.3. Propriétés	
II.2.3.1. Physico-chimiques	15
II.2.3.2. Microbiologiques	15
II.2.3.3. Sensorielles	16
II.2.4. Etapes fondamentales de fabrication du <i>Tonyu</i>	16
III. Généralités sur le yaourt	
III.1. Définition	19
III.2. Valeur nutritionnelle.....	19
III.3. Qualité.....	20
III.3.1. Organoleptique.....	20
III.3.2. Hygiénique.....	21
III.4. Les différents types du yaourt.....	21
III.5. Technologie de fabrication.....	22
III.6. Consommation.....	25

Deuxième partie : Démarche expérimentale

I. Matériel et méthodes

I.1. Préambule.....	27
I.2. Présentation de la laiterie MATINAL (<i>Tifra Lait</i>)	27
I.3. Objectif de l'étude	27
I.4. Démarche expérimentale	28
I.5. Matières premières	28
I.6. Appareillage, produits chimiques et réactifs.....	28
I.7. Processus de fabrication du lait de soja.....	29
I.8. Composition des différents essais.....	30
I.9. Analyses physicochimiques des matières premières	
I.9.1. lait de vache.....	31
I.9.1.1. Mesure du pH et de la température	
I.9.1.2. Détermination de la densité	31
I.9.1.3. Détermination de l'acidité titrable (Dornic)	32
I.9.1.4. Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode acido-butyrométrique de GERBER	32
I.9.1.5. Détermination de l'extrait sec totale (EST) et l'extrait sec dégraissé (ESD).....	33
I.9.1.6. Détermination de taux de protéines.....	33
I.9.1.7. Test d'antibiotique	34
I.9.2. lait de soja	
I.9.2.1. Mesure du pH et de la température	35
I.9.2.2. Détermination de la densité	35
I.9.2.3. Détermination de l'acidité titrable (Dornic)	35
I.9.2.4. Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode acido-butyrométrique de GERBER	35
I.9.2.5. Détermination de l'extrait sec totale (EST) et l'extrait sec dégraissé (ESD).....	35
I.9.2.6. Détermination de taux de protéines.....	35
I.9.3. Mélange de lait de vache et de lait de soja.....	35
I.9.3.1. Mesure du pH et de la température	35
I.9.3.2. Détermination de la densité	35
I.9.3.3. Détermination de l'acidité titrable (Dornic)	35
I.9.3.4. Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode acido-butyrométrique de GERBER	35
I.9.3.5. Détermination de l'extrait sec totale (EST) et l'extrait sec dégraissé (ESD).....	35
I.9.3.6. Détermination de taux de protéines.....	35
I.10. Analyses physico-chimiques des yaourts (YV,YS,YM)	
I.10.1. Mesure du pH et de la température	36
I.10.2. Détermination de l'acidité titrable (Dornic)	36
I.10.3. Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode acido-butyrométrique de GERBER	36
I.10.4. Détermination de l'extrait sec totale (EST) et l'extrait sec dégraissé (ESD).....	36
I.10.5. Détermination du taux de protéines.....	36
I.11. Analyses microbiologiques des produits finis	
I.11.1. Recherche et dénombrement de la flore mésophile aérobie totale	37
I.11.2. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et fécaux	38
I.11.3. Recherche et dénombrement des levures et moisissures	39

I.12. Analyses sensorielles des produits finis	
I.12.1. Règles générales de la conduite de la dégustation.....	39
I.13. Analyse statistique.....	41
I.14. Évaluation économique des produits finis.....	41
II. Résultats et discussion	
II.1. Résultats des analyses physico- chimiques des matières premières.....	42
II.1.1. Lait de vache	42
II.1.2. Lait de soja	45
II.1.3. Mélange de lait de vache et de lait de soja.....	46
II.2. Résultats des analyses physico-chimiques des produits finis	
II.2.1. Yaourt à base de lait de vache.....	48
II.2.2. Yaourt à base de lait de soja	50
II.2.3. Résultats d'analyses physico-chimiques du yaourt à base de mélange de lait de vache et de lait de soja.....	51
111II.3. Résultats des analyses microbiologiques des produits finis	53
II.4. Résultats des analyses statistiques physicochimiques des produits finis.....	54
II.5. Résultats des analyses statistiques du test sensoriel des produits finis.....	60
II.5. Résultats de l'évaluation économique des produits finis.....	63
Conclusion et perspectives.....	65
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Liste des abréviations

% : Pourcentage

°C : degré Celsius

CIP : Clean In Place

°D : degré Dornic

Abs : Absence

AFNOR : Association Française de Normalisation

ANOVA : Analyse de variance

BSA : *Bovin Serum Albumin*

ESD : extrait sec dégraissé

EST: extrait sec total

FAO: *Food and Agriculture Organization*

FTAM: Flore Totale Aérobie Mésophile

g: gramme

J.O.R.A.: Journal Officiel de la République Algérienne

Kcal : Kilocalorie

Kg : Kilogramme

KJoul : Kilo Joule

L : litre

LM : lait de mélange

LS : lait de soja

LV : lait de vache

MG : matière grasse

MGLA : Matière Grasse Laitière Anhydre

ml : millilitre

OGA : Oxytetracycline Glucose Agar

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

P : Probabilité

PCA : *Plate Conte Agar*

pH : potentiel Hydrogène

SM : Suspension Mère

T° : Température

UFC : Unité Formant Colonies

TSE : Tryptone-sel-eau

VRBL : Gélose Lactosée Biliée au Cristal Violet et au Rouge neutre

YM : Yaourt à base du lait de mélange

YS : Yaourt à base de lait de soja

YV : Yaourt à base de lait de vache

Liste des figures

01 :	Lait de soja « <i>Tonyu</i> ».....	13
02 :	Plante, cosse et graine de soja.....	16
03 :	Diagramme générale des principales étapes de fabrication du yaourt	26
04 :	Diagramme de production du lait de soja.....	29
05 :	Courbe étalon du dosage des protéines par la méthode de Bradford (1951) L'albumine sérum bovin est utilisée comme protéine étalon ; R = coefficient de corrélation.....	34
06 :	Photo montrant le matériel utilisé pour le test d'ATB.....	35
07 :	Présentation des échantillons des trois types de yaourt et déroulement de l'épreuve sensorielle.....	40
08 :	Résultats de comparaison de pH entre les trois types de yaourts fabriqués.....	54
09 :	Résultats de comparaison de l'acidité entre les trois types de yaourts fabriqués.....	55
10 :	Résultats de comparaison de la MG des trois types de yaourts fabriqués.....	56
11 :	Résultats de comparaison de l'EST des trois yaourts fabriqués.....	57
12 :	Résultats de comparaison de l'ESD des trois types de yaourts fabriqués.....	58
13 :	Résultats de comparaison de taux de protéines des trois types de yaourts fabriqués.....	59
14 :	Photo montrant les trois produits finis utilisé pour le test de dégustation.....	60
15 :	Comparaison de la couleur des trois types de yaourts fabriqués.....	60
16 :	Comparaison de l'odeur des trois types de yaourts fabriqués.....	61
17 :	Comparaison du goût des trois types de yaourts fabriqués.....	61
18 :	Comparaison de la texture des trois types de yaourts fabriqués	62

Liste des tableaux

I: Composition générale du lait de vache	03
II: paramètres physico-chimiques du lait	04
III: Composition approximative d'une graine de soja	11
IV: Composition et valeur nutritionnelle du tonyu	13
V: propriétés physicochimiques du lait de soja.....	15
VI: Propriétés microbiologiques du lait de soja	15
VII: Différents types de yaourt et leurs caractéristiques	21
VIII: Composition des différents essais.....	30
IX: Analyses microbiologiques effectuées sur les produits obtenus.....	36
X: Résultats des analyses physico- chimiques du lait de vache.....	42
XI: Résultats des analyses physico-chimiques du lait de soja.....	45
XII: Résultats des analyses physicochimiques du mélange de lait de vache et du lait de soja	47
XIII : Résultats d'analyses physico-chimiques du yaourt à base de lait de vache.....	49
XIV : Résultats des analyses physico-chimiques du yaourt à base de lait de soja	50
XV : Résultats d'analyses physico-chimiques du yaourt à base de mélange de lait de vache et de lait de soja.....	52
XVI : Résultats des analyses microbiologiques des produits finis	53
XVII : prix des matières premières.....	63
XVIII : Estimation du prix des produits finis.....	63

Introduction

Le yaourt fait partie de la famille des laits fermentés obtenus par le développement de deux bactéries lactiques *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*, qui doivent êtreensemencées simultanément et se trouver vivantes dans le produit à raison d'au moins 10 millions de bactéries par gramme de produits.

Le yaourt a une excellente digestibilité comparativement au lait, même chez les sujets qui manifestent une intolérance au lactose, car le yaourt est pauvre en ce substrat et exerce une action bénéfique sur la flore intestinale (BOKOSSA *et al.*, 2004). Toutefois, plusieurs pays moins avancés, souffrent de nos jours, de manque de lait frais ; ce qui est largement dû aux conditions climatiques, aux pratiques d'élevage et aux maladies causées par des parasites (Fashakin et Unokiwedi, 1992).

L'industrie laitière Algérienne se distingue par un marché à potentiel de croissance élevé. La demande sans cesse grandissante en lait et produits dérivés se justifie par la forte démographie, l'urbanisation et l'amélioration du pouvoir d'achat de la population. En effet, les besoins en lait sont estimés à 3,2 milliard de litres avec une consommation moyenne de l'ordre de 100 à 110 l/habitant/an. La production nationale, estimée à 1,6 milliard de litres par an, ne couvre que 40% des besoins (YAKHLEF *et al.*, 2010). Le reste est importé sous forme de poudre de lait et de matière grasse laitière anhydre (MGLA), auxquels il faut rajouter d'autres ingrédients de fabrication (levains, enzymes coagulantes, arômes, etc.).

En plus de l'insuffisance de la production de lait observée dans notre pays, certaines personnes le tolèrent mal en développant des allergies ; mais des alternatives à ce lait se présentent, comme par exemple « le lait de soja ». Ce lait est d'aspect similaire au lait de vache et de valeur nutritionnelle intéressante, il est souvent utilisé comme substitut au lait de vache dans l'alimentation et la cuisine, en particulier végétarienne et surtout végétalienne (Anonyme 1, 2013).

Il a été rapporté que des paysans, après des séances de dégustation et de vulgarisation sur les produits à base de lait de soja, se sont dits volontaires pour cultiver le soja dans les grandes régions du Sud. La presse algérienne a rapporté à maintes reprises que des possibilités de production du soja en Algérie existent (AMARNI, 2015).

Dans l'optique de trouver de nouveaux débouchés à la graines de soja en Algérie, le lait de soja peut être exploité comme matière alimentaire équivalente au lait de vache et obtenue à bon marché. Outre la faisabilité économique viable rendant la production de lait de soja très attrayante, des propriétés nutritionnelles lui ont été également attribuées, en l'occurrence sa richesse en protéines avec un très bon profile en acides aminés indispensables et sa teneur en acides gras essentiels (Anonyme 2, 2013).

La présente étude a pour objectif de réaliser un essai de fabrication d'un yaourt brassé selon trois recettes différentes : un yaourt préparé à partir de 100% de lait de vache (YV), un yaourt préparé à partir de 100% de lait de soja (YS) et un troisième yaourt préparé à base de mélange de lait de vache (50%) et lait de soja de (50%) (YM), élaborés dans les mêmes conditions; ensuite, comparer les paramètres physico-chimiques, microbiologiques et sensoriels des produits ainsi obtenus.

Synthèse bibliographique

I.1. Définition

Le lait destiné à l'alimentation humaine a été défini en 1909 par le congrès international de la répression des fraudes comme suit : « le lait est le produit intégral de la traite totale ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée, il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum. » (BOURGEOIS et al., 1996).

Selon le JORA (Journal Officiel de la République Algérienne) N° 69-1993, la dénomination lait est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenue par une ou plusieurs traites, sans aucune addition ni soustraction et n'ayant pas été soumis à un traitement thermique.

Le mot lait sans indication de l'espèce animale de provenance est réservé au lait de vache. Tout lait provenant d'une femelle laitière autre que la vache, doit être désigné par la dénomination (lait) suivi de l'indication de l'espèce animale dont il provient (LUQUET, 1985).

I.2. Composition

La composition générale du lait de vache est résumée dans le Tableau I.

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

Constituants majeurs	Limites de variations (%)	Valeur moyenne(%)
Eau	85,5 - 89,5	87,5
Matière grasse	2,9 - 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
Constituants mineurs : enzymes, vitamines, cellules diverses, gaz.		

La composition générale du lait de vache est variable selon les animaux dont elle dépend, les principaux étant l'individualité, la race, la période de lactation, l'alimentation, la saison et l'âge de l'animal (AMIOT, 2002). Le lait est un mélange très complexe et très instable. Sa composition montre une forte proportion d'eau 87% environ. Le reste constitue

l'extrait sec qui représente 130 g par litre, dont 35 à 40 g de matière grasse. Les autres composants principaux sont du lactose, des protéines et des matières minérales. Il contient aussi des vitamines, surtout les vitamines du groupe B. Vue cette composition, le lait est un produit facilement altérable, car il constitue un milieu favorable à la prolifération microbienne (CHEFTEL *et al.*, 1980; VIDAILHET et GOLET, 2002).

I.3. Valeur nutritionnelle

Le lait est un aliment liquide, sa teneur en matière sèche (10 à 13%) est proche de celle de nombreux aliments solides. Sa valeur énergétique est de 700 Kcal/l. Ses protéines possèdent une valeur nutritionnelle élevée vue leurs richesses en acides aminés soufrés (CHEFTEL et CHEFTEL, 1980).

Le lait présente une excellente source de calcium, phosphore mais également de vitamines telles que la riboflavine, thiamine, cobalamine et vitamine A (Dupin et Michaud, 2000).

Le lait est non seulement indispensable et irremplaçable pendant les premières années de l'enfant, mais il apporte aussi à l'organisme au cours de sa croissance des éléments de grandes valeurs. L'organisation mondiale de la santé estime que le lait peut fournir :

- ✓ 75 % à 100 % des calories nécessaire pendant les deux premières années de la vie ;
- ✓ 50% entre la troisième et la cinquième année ;
- ✓ 25% au cours de la puberté (DUDEZ, 2002).

I.4. Propriétés physico-chimiques

Les propriétés physico-chimiques du lait sont résumées dans le Tableau II.

Tableau II : paramètres physico-chimiques du lait (MARTINE, 2002).

Densité du lait à 20°C	1.028 à 1.034
pH à 20°C	6.6 à 6.8
Acidité titrable (°D)	15 à 17
Activité de l'eau à 20°C	0.99
Point d'ébullition (°C)	100.5
Point de congélation (°C)	-0.530 à -0.555

- **Le pH**

D'après (LUQUET, 1985 ; TAPON, 2005) le pH renseigne précisément sur l'état de fraîcheur du lait, il mesure la concentration d'ion H^+ en solution. Le pH de lait frais se situe entre 6,6 et 6,8.

- **L'Acidité titrable**

L'acidité titrable est exprimée conventionnellement en degré Dornic ($^{\circ}D$). Un degré Dornic ($1^{\circ}D$) correspond à 0.1 g d'acide lactique par litre de lait ou de lait fermenté. En effet, il s'agit de la neutralisation par la soude (N/9) des composants acides du lait en présence de phénol phtaléine comme indicateur coloré (LUQUET, 1985).

Un lait frais, lait dont le lactose n'a pas été transformé en acide lactique, s'acidifie spontanément et progressivement (MATHIEU, 1998).

- **La densité**

La densité absolue du lait n'est pas une valeur constante, deux facteurs de variation opposent sa détermination :

- La concentration des éléments dissous et en suspension : la densité varie proportionnellement à cette concentration ;
- La proportion de la matière grasse : celle-ci ayant une densité absolue inférieure à $1,103 \text{ kg/dm}^3$, donc plus un produit est gras, plus sa densité diminue (AMIOT et *al.*, 2002).

Pour le lait de vache, la densité à $15^{\circ}C$ varie de 1028 à 1036 avec une valeur moyenne de 1032, mais en cas de mouillage la densité diminue (LUQUET, 1985 ; VIGNOLA, 2002 ; FREDOT, 2005).

- **Chaleur spécifique**

La chaleur spécifique est exprimée en nombre de calories nécessaires pour élever de $1^{\circ}C$ la température de 1 g de substance, c'est une valeur importante à connaître dans l'industrie laitière (GOSTA, 1995).

- **La viscosité**

Le lait est plus visqueux que l'eau en raison de la présence des constituants colloïdaux notamment, les macromolécules protéiques et la matière grasse. La matière grasse diminue avec l'élévation de la température, à 20°C elle n'est que la moitié.

La modification de la viscosité du lait peut être d'origine microbienne ou non. Le lait visqueux, d'origine non microbienne ; est dû à la présence de fibrine et de leucocytes qui passent dans le lait pendant la traite (BOURGEOIS, 1996).

- **Point de congélation**

Le point de congélation du lait est légèrement inférieur à celui de l'eau, puisque la présence de solides solubilisés abaisse le point de congélation. Il peut varier de -0,530°C à -0,575°C. Un point de congélation supérieur à -0,530°C permet de soupçonner une addition d'eau au lait (AMIOT, 2002).

- **Point d'ébullition**

Il est défini comme la température atteinte lorsque la pression de la vapeur de la substance ou la solution est égale à la pression appliquée. Le point d'ébullition du lait est de 100,1°C, il est en fonction du nombre de particules en solution, et par conséquent il augmente avec la concentration du lait et diminue avec la pression (BOURGEOIS, 1996).

I.5. Qualité

I.5.1. Qualité organoleptique

Les propriétés organoleptiques du lait sont la couleur, l'odeur et la saveur :

a. Couleur

Le lait est d'une couleur blanche mate porcelaine, due à la diffusion de la lumière à travers les micelles de colloïdes. Sa richesse en matières grasses lui confère une teinte un peu jaunâtre (selon la teneur de la matière grasse en *beta*-carotène) (MATINE, 2000).

b. Odeur

L'odeur du lait est caractéristique. En effet, le lait grâce à la matière grasse qu'il contient, fixe des odeurs animales. Ces dernières sont liées à l'ambiance de la traite, à l'alimentation de l'animal et à la conservation du lait (FREDOT, 2005).

c. Saveur

La saveur du lait varie en fonction de la température de dégustation et de l'alimentation de l'animal (FREDOT, 2005).

I.5.2. Qualité microbiologique

Le lait est un produit alimentaire très riche en nutriments. Pour cette raison, il peut favoriser la croissance de plusieurs microorganismes (OTENG, 1984).

Les microorganismes peuvent être répartis dans le lait selon leur importance, en deux grandes classes : la flore originelle ou indigène et la flore de contamination qui est subdivisée en deux sous-classes, la flore d'altération et la flore pathogène (VIGNOLA, 2002).

I.2.1. La flore originelle ou indigène

Le lait contient peu de microorganismes lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain (moins de 10^3 germes /ml), il s'agit essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores : *Microcoques*, *Streptocoques lactiques* et *Lactobacilles* (AIT ABDELOUAHAB, 2001).

Le lait cru est protégé contre les bactéries par des substances inhibitrices appelées lacténines, avec une action de très courte durée (1 heure environ). D'autres microorganismes peuvent se trouver dans le lait lorsqu'il est issu d'un animal malade, il peut s'agir d'agents de mammite ou de germes d'infection générale, qui peuvent passer dans le lait et sont généralement pathogènes et dangereux (GUIRAUD, 1998).

I.5.2.2. La flore de contamination

La flore de contamination est l'ensemble des microorganismes ajoutés au lait, de la collecte jusqu'à la consommation, elle peut se composer de deux flores principales :

a. Flore d'altération

Selon VIGNIOLA (2002), la flore d'altération cause des défauts sensoriels et réduit la durée de conservation du lait. Les principaux genres identifiés comme flore d'altération sont *Pseudomonas sp*, *Proteus sp*, les coliformes (principalement les genres *Escherichia* et *Enterobacter*), les sporulées telles *Bacillus sp* et *Clostridium sp*, et certaines levures et moisissures.

b. Flore pathogène

D'après AIT ABDELOUAHAB (2001), la présence de microorganismes pathogènes dans le lait peut avoir comme source : les fèces, les téguments de l'animal, sol, eau, air, équipement de traite et de stockage du lait, insectes et l'homme. Les principaux microorganismes pathogènes associés au lait sont : *Salmonella sp*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, etc.

I.6. production et consommation

I.6.1. Dans le monde

La consommation mondiale de lait devrait augmenter de 1,8 % entre 2013 et 2016, passant d'environ 212 milliards de litres à 223 milliards de litres, dépassant ainsi l'augmentation de 1,2 % enregistrée au cours de la période 2010-2013. Cependant, l'augmentation attendue de la demande en provenance de pays tels que l'Inde, la Chine, le Moyen-Orient et l'Afrique a peu de chance d'être satisfaite par la production locale, dont la progression devrait être plus lente. De plus, l'offre des pays traditionnellement exportateurs de lait aura du mal à suivre le rythme de cette demande croissante, ce qui créera un écart entre l'offre et la demande dans les dix prochaines années. Durant cette période, les producteurs laitiers devraient continuer de jouir d'opportunités majeures de croissance. Cependant, la demande croissante pour des produits sains, nutritifs et pratiques, ainsi que la pression sur les réserves de lait et l'inévitable hausse des prix en résultant, souligne le besoin d'innover davantage en termes de produits (Aonyme₃, 2014).

I.6. 2. En Algérie

Considéré à juste titre, comme un produit de base dans le modèle de consommation algérien ; le lait occupe une place importante dans la ration alimentaire de la population. Les besoins sont estimés à 3,2 milliard de litres et une consommation moyenne de l'ordre de 100 à 110 l/habitant/an. La production nationale, estimée à 1,6 milliard de litres par an, ne couvre que 40% des besoins. Le reste est importé sous forme de poudre de lait et de matière grasse laitière anhydre (MGLA) auxquels il faut rajouter d'autres ingrédients de fabrication (levains, enzymes coagulantes, arômes, etc.).

Ce déficit fait en sorte que les structures des unités de transformation étatiques et privées, fonctionnent en majeure partie grâce au traitement du lait reconstitué à partir de poudre de lait et de MGLA importées. Néanmoins, ces dernières années, des tonnages sans cesse croissants en lait collecté à travers plusieurs fermes d'élevages nationales, sont utilisés tels quels ou mélangés au lait reconstitué dans les fromageries et yaourteries (YAKHLEF *et al.*, 2010).

II.1. Généralités sur la graine de soja

II.1. Historique

Une très ancienne légende chinoise, raconte la survie miraculeuse d'une tribu égarée aux premiers temps de l'humanité grâce à une mystérieuse fève ressemblant à la graine de soja.

Le soja est une plante millénaire ; elle constitue plus de 3000 ans, la base de l'alimentation des peuples de l'Extrême-Orient.

Pendant très longtemps, le soja est resté confiné dans les pays asiatiques, en particulier la Chine et le Japon ; pays qui l'ont cuisiné, lui ont fait subir des transformations et qui, en définitif, lui ont donné ses lettres de noblesse (ROUSSEL, 2006).

La date de sa première introduction en Afrique reste obscure, mais tout porte à croire qu'il a été introduit au cours du XIX^e siècle par des marchands chinois fort actifs le long de la cote d'Afrique Orientale (BRINK et BELAY, 2006).

En Algérie, le soja a été introduit en 1894 par le Dr. TRABUT (ALIOUANE et IKHLEF, 2005), sa culture a été utilisée comme culture fourragère dans le haut Chlef. En 1951, LAUMONT recommande la pratique de la culture à Annaba. Ainsi, BLANCHARD effectua une étude variétale sur 99 variétés, d'origines différentes, en vue d'utiliser le soja aussi bien pour ses grains que comme fourrage ou engrais vert (BOYTE, 2001).

II.2. Différent types

-Le soja jaune, *Glycine max* ou soja *hispida*.

-Le soja vert, *Vigna radiata* ou *Phaseolus aureus*, graines de haricot mungo germées dénommées « pousses de soja » ou « germes de soja » (BERRIM, 2013).

De plus, d'autres graines portent le nom de soja. On trouve le soja rouge, *Vigna angularis*, dont les graines sont utilisées dans la cuisine indienne ainsi que le soja noir, *Semen sojæ praeparatum*, dont les graines doivent également être consommées cuites (ROUSSEL, 2005).

II.1.3. Composition

Le soja, en tant qu'aliment, contribue à un apport important de protéines végétales, le tableau III résume sa composition.

Tableau III : Composition approximative d'une graine de soja (BERK, 1993)

Constituant	Graine entière (%)
Protéines	30 à 40
Lipides	20
Glucides	35
Cendres	5

II.1.4. Production

II.1.4.1. Dans le monde

La production mondiale de la graine de soja dépasse 220 million de tonnes, les Etats-Unis (41.2%), le Brésil (24.0%) et l'Argentine (15.3%) en assurant à eux seuls près de 80%. Au moins la moitié du soja produit est désormais transgénique, l'Argentine, suivie du Brésil, étant à la pointe de ce mode de culture. Son coût de revient est plus bas, d'environ 10%. Les autres pays producteurs sont : la Chine (8.4%), l'Inde (3.8%), (Paraguay, Canada, Bolivie, Indonésie, Russie, Nigeria, Italie, Uruguay, Ukraine, Corée du Nord) assurant 6.1% et 1.6% dans d'autres pays (Anonyme 4, 2010).

Au début juin 2013, la production mondiale de soja est estimée à 268 millions de tonnes (Mt) par le département américain de l'agriculture (USDA) (Anonyme 5, 2013).

II.1.4.2. En Algérie

La culture du soja est menée en petites parcelles isolées dans presque toutes les régions naturelles du pays ; mais la production nationale demeure faible avec moins de 3.000 tonnes par an.

L'ensemble du soja en consommation en Algérie est actuellement importé de l'étranger. A l'exception de certains tests, effectués à titre expérimental, pour le cultiver dans le but de l'alimentation du bétail. D'où la dépendance de notre pays à 100% de la production étrangère.

Selon FEDJKHI (2015), un premier complexe destiné à la production de lait de soja qui sera réalisé en Algérie est le premier au Mghreb. Cette usine sera implantée dans la zone d'activité de la wilaya de Bouira. Il faut souligner que la durée de la réalisation de ce complexe est fixée à 15 mois, dont le coût est évalué à plus de 10 millions d'euros.

Sinon, pour le soja destiné à la consommation animale, les essais avaient commencé à El Ménéa (Sud). Un essai de culture a été également réalisé à Tébessa. L'expérience a été étendue à Ghardaïa, Naama, Laghouat, Sétif, Batna, Ksar Chellala, Tiaret et M'sila.

Des experts algériens font savoir que des possibilités existent au sud du pays, pour la production de soja destiné à l'alimentation humaine et animale.

Il a été rapporté que des paysans, après des séances de dégustation et de vulgarisation sur les produits à base de lait de soja, se sont dits volontaires pour cultiver le soja dans les grandes régions du Sud. La presse algérienne a rapporté à maintes reprises que des possibilités de produire du soja en Algérie existent (AMARNI, 2015).

II.1.5. Différentes utilisations

Selon ROUSSEL (2006), dans le devenir du soja, il y a deux secteurs très inégaux :

- ✓ Alimentation animal : environ 90%
- ✓ Alimentation humaines : environ 10% dont on trouve deux débouchés distincts :
 - L'industrie agroalimentaire qui utilise les dérivés du soja comme ingrédient. Elle a recours au soja de cultures non OGM, au moins en Europe où la réticence des consommateurs vis-à-vis des produits OGM est bien réelle. Elle utilise principalement l'huile, les protéines et la lécithine.
 - La filière biologique conduisant à des produits spécifiques préparés à base de graine de soja : *Tamari, Shoyu, Miso, Tempeh, Natto, Okara, Tonyu* et *Tofu*.

II.2. Le lait de soja (Le Tonyu)

II.2.1. Définition

Le lait de soja est un lait végétal qui est connu dans les pays occidentaux sous le nom japonais (*Tonyu*) (figure 1). C'est une boisson traditionnellement extraite à partir de graines de soja entières appelées aussi (le grain d'or), car elle apporte des éléments nutritifs pour l'organisme. Cette légumineuse est classée dans la catégorie des oléo-protéagineux, grâce à la teneur élevée de sa graine en protéines et en lipides (ROUSSEL, 2006).

Ce lait peut être également préparé à partir des ingrédients à base de soja, comme la farine de soja (*Okara*), les concentras, les isolats de protéines, etc.

Le tonyu est un extrait aqueux, c'est une émulsion et /ou une suspension contenant des protéines solubles dans l'eau, des glucides et des huiles. Il ne contient ni du lactose ni cholestérol (TU VIET PHU, 2012). La teneur en protéines du lait de soja peut varier de 1 à 4% correspondant aux ratios soja /eau compris.

Du point de vue réglementation, le nom «lait de soja» est le plus courant en français et dans de nombreuses autres langues. La législation de l'Union Européenne spécifie cependant, que la dénomination «lait» ne peut être utilisée dans le contexte commercial que pour des produits laitiers d'origine animale. L'administration française à la place utilise «jus de soja» ou tonyu pour l'étiquetage du produit (Anonyme 6, 1989).



Figure 1 : Lait de soja «Tonyu» (ANONYME 6, 2010)

II.2.2. Composition et valeur nutritionnelle

La composition du tonyu extrait à partir des graines de soja entières dépend de la ration entre la quantité de soja et l'eau utilisée et des paramètres du processus de fabrication.

Tableau IV : Composition et valeur nutritionnelle du tonyu (BERK, 1993)

Constituant	tonyu (Valeur nutritionnelle pour 100g)
Protéines	3.6 g
Matières grasses	2.3g
Glucides	3.4g
Kj	204
Kcal	49
Cholestérol	0
Lactose	0
Composition en acides gras	
Saturés	14.0%
Poly-insaturés	63.5%
Mono-insaturés	21.6%

Selon BERK(1993), les avantages que présente ce lait par rapport au lait de vache sont :

- ✓ sa richesse en protéines dont la teneur minimale est de 3,6 g ;
- ✓ l'absence du cholestérol et de lactose ;
- ✓ sa faible teneur en matières grasses saturée.

Le tonyu offre pour le consommateur :

- ✓ beaucoup de protéines de bonne qualité nutritionnelle ;

Les protéines du tonyu sont de bonne valeur biologique (APFELELBAUM et ROMON, 2004), elles sont bien équilibrées en acides aminés essentiels. De plus, ces protéines sont très digestes donc, d'excellente qualité nutritionnelle et elles sont complètes (ROUSSEL, 2006).

- ✓ Peu de lipides mais des acides gras essentiels ;

Contrairement aux graisses animales qui renferment des acides gras saturés, le tonyu est une source de bonnes graisses. Il renferme des acides gras essentiels, les polyinsaturés oméga-3 et oméga-6, respectivement appelés acides *alpha*-linoléique et linoléique (ROUSSEL, 2006).

Les graisses du soja sont dépourvues de cholestérol, ce qui constitue un autre atout nutritionnel (ROUSSEL, 2006).

- ✓ Vitamines et minéraux ;

Le soja est une source adéquate de vitamines du complexe B. C'est, en outre, une bonne source d'éléments minéraux, elle a toutefois une teneur en fer supérieure à la quantité conseillée (FAO, 1995), ainsi que de nombreux oligoéléments comme le zinc, le cuivre, le manganèse et même l'iode (ROUSSEL, 2006).

- ✓ Les phytoestrogènes ;

Plus de 4000 études scientifiques leur ont été consacrées. Leurs propriétés pharmaceutiques intéressent la médecine. De nombreuses études confirment l'intérêt des isoflavones dans trois domaines bien différents : la prévention des cancers, la prévention des maladies cardiovasculaires et les troubles de la ménopause (ROUSSEL, 2006).

II.2.3. Propriétés

II.2.3.1. Physico-chimiques

Les propriétés physicochimiques du lait de soja sont indiquées dans le Tableau V

Tableau V : propriétés physicochimiques du lait de soja (STEPSA, 2003)

Propriétés	Standards
Matières solides (%min)	8,05g/100g
Protéines (%min)	3,8g/100g
Graisses (%min)	1,4g/100g

II.2.3.2. Microbiologiques

Les propriétés microbiologiques du lait de soja sont illustrées dans le Tableau VI:

Tableau VI : Propriétés microbiologiques du lait de soja (STEPSA, 2003)

Propriétés (dans 1 ml de produit)	Standards
Nombre de micro-organismes mésophiles, aérobies et anaérobies facultatifs	50 000 UFC/ml
Coliformes	Absence
<i>Salmonella</i>	Absence
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence
<i>Bacillus cereus</i>	Absence
Moisissures	10 UFC/ml

II.2.3.3. Sensorielles

✓ La couleur

La variété de soja utilisée influence sur la couleur du tonyu. Pour obtenir un lait de soja avec une apparence ressemblante à celle du lait de vache, la variété qui possède des cotylédons foncés ne devra pas être utilisée, la variété typiquement choisie a une couleur crème à jaune d'or (TU VIET PHU, 2012).

✓ Le goût

Le tonyu a un goût d'haricot apparaissant dès le broyage de la graine crue. Les chinois tolèrent ce goût par contre les autres peuples ne l'acceptent pas, car ils comparent la flaveur de ce produit à celle du produit de vache frais.

WILKENS (1967), a identifié la cause de ce goût caractéristique à la présence de lipoxygénase dans la graine de soja.

II.2.4. Etapes fondamentales de fabrication du *Tonyu*

La méthode de préparation du lait de soja à l'échelle industrielle à partir des graines de soja entières peut être décrite comme suit :

➤ Choix et préparation de la matière première

Le premier facteur qui influence la qualité du lait de soja est la variété de soja utilisée. La plante et les graines de soja sont illustrées dans la figure 2. Le rendement est un des critères recherchés. Il est maximal lors de mise en œuvre des variétés à haute teneur en protéines et à forte solubilité des protéines, présentant un hile blanc ou clair et bien conservé. En outre, les pellicules doivent être fines et rigides et la proportion de l'hile faible (DACOSTA, 1990).



Figure 2 : plante, cosse et graine de soja (Anonyme 7, 2013)

➤ **Lavage**

Il consiste à rincer les graines 3 fois minimum ou en continu à contre courant, à température ambiante ou peu élevée, puis à égoutter ou même essorer les graines (CHURTLEFF et AOYAGI, 1984).

➤ **Trempage**

Le trempage est une étape longue dont le but est d'attendrir la matière première pour faciliter le broyage et de solubiliser et éliminer les facteurs gênants (VETRIMANI et *al.*, 1992). Cependant, si le trempage est prolongé plus que nécessaire, les pertes en matière et surtout en protéines solubilisées deviennent importantes, ce qui fait diminuer le rendement en tonyu (CHEN, 1989).

➤ **Blanchiment**

Le blanchiment est un traitement thermique bref (5 min). Effectué à haute température (eau chaude à 80°C ou vapeur) sur les graines trempées (VETRIMANI et *al.*, 1992).

Le but de blanchiment est de dénaturer les enzymes responsables du goût d'haricot. Ce traitement thermique détruit la lipoxygénase, il déstructure les parois cellulaires et pasteurise la matière (CASEY et *al.*, 1989).

➤ **Broyage humide**

La production du tonyu nécessite un broyage à chaud (80°C), pour ce prémunir de l'action des lipoxygénases et préparer la cuisson ultérieure.

Cependant, si les graines ont été blanchies, le broyage n'est effectué qu'à 55°C maximum pour ne pas accroître l'insolubilisation des protéines (GODON, 1996).

Le broyage est effectué généralement en deux étapes successives, la première réduit en particules de 0.2 à 2 mm et la seconde (par des broyeurs colloïdaux) en particules plus fines (CHEN, 1989).

➤ **Cuisson du broyat**

Deux possibilités s'offrent aux industriels : cuire le broyat, ou effectuer en premier la séparation tonyu/okara, puis cuire ou stériliser le tonyu. Dans les deux cas, l'objectif est identique : pour achever la destruction des lipoxygénases (si le blanchiment ne l'a pas

complètement réalisé) et de la flore microbienne, mais aussi améliorer la digestibilité des protéines. En règle générale, la cuisson dure de 10 à 15 minutes à 100°C ou moins longtemps à température plus élevée, inférieure à 10 minutes.

Une cuisson trop prolongée provoque un abaissement du rendement d'extraction et de digestibilité des protéines, un brunissement du tonyu et l'apparition d'odeur et goût désagréable. La quantité des protéines extraites décroît continuellement lorsque le temps de cuisson dépasse 10 minutes (DACOSTA, 1990).

➤ Désodorisation

Pour éliminer les odeurs indésirables du lait de soja, on dégaze par le vide et par autoclavage dans un désodorisateur (BERK, 1993).

III. Généralités sur le yaourt

III.1. Définition

D'après le Codex *Alimentarius*, le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus bulgaricus* et de *Streptococcus thermophilus* à partir du lait frais ainsi que du lait pasteurisé (ou concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec) avec ou sans addition de substances (lait en poudre, poudre de lait écrémé, protéines lactosériques concentrées ou non, la caséine alimentaire, etc.). Les micro-organismes du produit final doivent être viables et abondants.

III.2. Valeur nutritionnelle

Au cours de la fermentation, le lait subit un certain nombre de modifications dont certaines en font un produit de meilleures valeurs nutritionnelles et thérapeutiques (MAHAUT *et al.*, 2000).

Parmi ses intérêts on peut citer :

✓ **Amélioration de l'absorption du lactose**

La consommation du yaourt peut atténuer les symptômes liés à la mauvaise digestion du lactose, ceci est dû aux ferments lactiques qui synthétisent la β -galactosidase capable d'hydrolyser le lactose (SALOFF-COSTE, 1995).

✓ **Amélioration de la digestibilité des protéines**

Le yaourt est deux fois plus digeste que le lait, il renferme des acides aminés libres indispensables à l'organisme. Ceci résulte de l'activité protéolytique des bactéries lactiques au cours de la fermentation du lait (MAHAUT *et al.*, 2000).

✓ **Activité antimicrobienne**

Les bactéries lactiques produisent des substances antimicrobiennes ; l'effet antimicrobien principal exercé par ces bactéries résulte de la production d'acides organiques principalement l'acide lactique, qui conduit à la diminution du pH. Cette baisse de pH inhibe le développement de microorganismes pathogènes et contribue à la conservation des produits laitiers fermentés (HERREROS *et al.*, 2005).

En plus de l'acide lactique, les bactéries lactiques ont la capacité de synthétiser d'autres métabolites ou substances antagonistes notamment le peroxyde d'hydrogène, le diacétyle et les bactériocines.

✓ **Stimulation du système immunitaire**

Les bactéries lactiques présentent une action stimulante sur le système immunitaire de l'hôte, en agissant sur les cellules impliquées dans l'immunité spécifique ou non spécifique (MARTEAU *et al.*, 1994).

✓ **Action préventive contre les cancers**

De nombreuses études ont mis en évidence l'existence d'une relation entre la consommation de laits fermentés et le risque réduit du cancer. Les bactéries lactiques ont un effet inhibiteur sur la prolifération des cellules tumorales (SHAHANI et CHANDAN, 1979) ; la consommation de substances procarcinogènes contenues dans l'alimentation peut être particulièrement responsable de l'initiation de tumeurs. Les nitrites utilisés en technologie alimentaire peuvent être convertis en nitrosamines qui seraient impliquées par conséquent dans la cancérogenèse colique (FERMANDES et SHAHANI, 1990).

Une diminution du taux de nitrites et de leur conversion en nitrosamines a été démontrée chez *Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* par l'action du nitrate réductase (ABSOLONNE, 1989).

✓ **Action hypocholestérolémiant**

Le taux élevé de cholestérol dans le plasma est souvent associé à l'apparition de maladies cardio-vasculaires. L'effet des bactéries lactiques sur le métabolisme du cholestérol est controversé. Plusieurs études rapportent que le taux de cholestérol sérique diminue suite à la consommation de produits laitiers fermentés, malgré un apport alimentaire important en cholestérol. L'une des hypothèses proposée, pour expliquer cette diminution est l'absorption du cholestérol par les bactéries lactiques (DROUAULT et CORTHIE, 2001).

III. 3. Qualité

III.3.1. Organoleptique

Le yaourt doit répondre aux caractéristiques suivantes :

- ✓ couleur franche et uniforme ;
- ✓ gout franc et parfum caractéristique ;

- ✓ texture homogène (pour le yaourt brassé) et ferme (yaourt étuvé).

III.3.2. Hygiénique

Selon la norme nationale de 1998, N°35 parue au Journal Officiel, les yaourts ne doivent contenir aucun germe pathogène.

Le traitement thermique appliqué sur le lait avant fabrication du yaourt est suffisant pour détruire les micro-organismes non sporulés pathogènes ou non. Leur présence dans le yaourt ne peut être que de manière accidentelle. Le pH acide du yaourt le rend hostile aux germes pathogènes, comme pour la plupart des autres germes indésirables.

Les levures et les moisissures peuvent se développer dans le yaourt. Ces dernières proviennent principalement de l'air ambiant dont la contamination se situe au stade du conditionnement (LARPENT et BOURGEOIS, 1989).

III.4. Les différents types de yaourt

Il existe une très grande variété de yaourt qui diffère par leur composition chimique, leur technologie de fabrication ainsi que leur saveur. Le tableau n° VII résume les différentes catégories de yaourt.

Tableau VII : Différents types de yaourt et leurs caractéristiques (CAROLE et VIGNOLA, 2002)

Les différents types	Caractéristiques
a) Selon la teneur en matière grasse : Yaourt entier Yaourt partiellement écrémé Yaourt écrémé	MG minimum 3% MG moins de 3% et plus de 0.5% MG maximale 0.5%
b) Selon la technologie de fabrication Yaourt étuvé ou ferme	Ce sont des yaourts nature ou aromatisé, qui ont une texture ferme à surface lisse incubé et refroidi en pot

<p>Yaourt brassé</p> <p>Yaourt à boire</p>	<p>Il présente une texture presque fluide, amené à une consistance crémeuse après coagulation, incubé en cuve et refroidi avant le conditionnement.</p> <p>Similaire au type brassé mais dont le coagulum est réduit à l'état liquide avant conditionnement</p>
<p>c) Selon les additifs alimentaires</p> <p>Yaourt aromatisé</p> <p>Yaourt fruité</p> <p>Yaourt light</p>	<p>addition de l'arôme</p> <p>addition de fruit</p> <p>addition d'édulcorant</p>

En technologie, trois types de yaourts, différents selon la consistance ou non du gel formé peuvent être fabriqués : yaourts liquides (ou à boire), brassé ou fermes.

Le yaourt à boire ou liquide est battu après avoir été brassé puis conditionné et stocké au froid. Le yaourt brassé est préparé en vrac. Le caillé subit un brassage puis un refroidissement, avant d'être conditionné dans des pots qui seront stockés au froid. Le yaourt ferme est conditionné en pots après mélange des ingrédients, passage à l'étuve à 45°C puis en chambre froide pour arrêter l'acidification (CAROLE et VIGNOLE, 2002).

III.5. Technologie de fabrication

Les étapes de fabrication (résumées sur la figure n°3) peuvent différer selon le produit fini.

Globalement, nous distinguons dans le processus d'élaboration les étapes énumérées ci-dessous :

- **Standardisation du mélange**

La matière première utilisée (lait frais, lait recombinaison, mélange des deux) doit être de bonne qualité microbiologique, exempte d'antibiotiques ou autres inhibiteurs et parfaitement homogénéisée.

La teneur en matière grasse du yaourt est variable. Généralement, elle est ajustée de sorte que le produit entre dans l'une des catégories ci-après :

- yaourt entier : au minimum 3% (en poids) de matière grasse ;
- yaourt partiellement écrémé : moins de 3% de matière grasse ;

La consistance et la viscosité du yaourt sont pour une grande partie sous la dépendance de la matière sèche du lait. La matière grasse confère de l'onctuosité, masque l'acidité et améliore la saveur. Les protéines améliorent la texture et masquent aussi l'acidité. Selon le Code des recommandations FAO/OMS (1975), la teneur minimale en matière sèche laitière non grasse doit être de 8,2% (en poids) quelle que soit la teneur en matière grasse.

- **Traitement thermique**

La préparation du lait terminée, celui-ci est soumis alors à un traitement thermique de pasteurisation 94 à 96°C pendant 3 à 5 minutes. Ce traitement a pour but de :

- détruire les micro-organismes pathogènes pouvant être présents et la plus grande partie de la flore banale. Il permet aussi la suppression éventuelle d'inhibiteurs naturels et la stimulation des bactéries par l'apparition de facteurs de croissance ;
- provoquer un déplissement par dénaturation partielle des protéines solubles et leur fixation sur les caséines. Cet effet a pour conséquence d'augmenter les capacités de rétention d'eau du yaourt entraînant la modification des propriétés rhéologiques du coagulum acidifié. Le caillé devient plus ferme et la tendance à l'expulsion du sérum au cours du stockage est réduite. Avec ce traitement, le yaourt brassé présente une structure plus homogène et visqueuse (CAROLE et VIGNOLA, 2002).

Immédiatement après le traitement thermique, le lait reconstitué est refroidi à une température de 6°C puis stocké dans des tanks pour être, par la suite,ensemencé.

- **Ensemencement**

Il se fait à l'aide d'un levain comprenant exclusivement chacune des deux bactéries spécifiques du yaourt : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. Une bonne agitation est nécessaire pour rendre parfaitement homogène le mélange lait/ferment.

- **Réchauffage**

Le lait reconstitué ainsiensemencé est amené à une température généralement voisine de 45°C par passage à travers des réchauffeurs à plaques. La température optimale de développement de Streptocoque est de 42-45°C ; celle du Lactobacille de 47-50°C.

Selon les régions, les consommateurs préfèrent des yaourts plus ou moins acides et plus ou moins aromatiques. Les caractères recherchés dépendent des souches utilisées et de la température d'incubation. En abaissant celle-ci de 1 à 3°C (42-44°C), on favorise le développement du streptocoque et donc la production d'arôme. En l'augmentant légèrement (45-46°C), on favorise le lactobacille et donc la production d'acide (SCHMIDT *et al.*, 1994).

- **Étuvage / brassage**

Selon la nature du yaourt à fabriquer, on procède soit à une incubation au niveau des chambres chaudes (dans le cas du yaourt ferme) ou à une fermentation dans la cuve (cas du yaourt brassé) :

- **Phase d'incubation (étuvage)**

Dans le cas des yaourts étuvés, le laitensemencé est rapidement réparti en pots en plastique (poly-vinyl). L'apport des additifs se fait avant le remplissage des pots.

Après le capsulage, les pots sont acheminés vers une chambre chaude pour incubation qui dure environ 2 à 3 heures. L'acidification dépend de la température et de la durée d'incubation. Les pots sont maintenus dans l'étuve jusqu'à l'obtention d'une acidité de 0.75 à 1% environ d'acide lactique soit 75 à 100°D. Le caillé obtenu dans ces conditions doit être ferme, lisse et sans exsudation de sérum.

Une fois l'acidité attendue est atteinte, les pots de yaourt sont alors sortis des locaux d'étuvage, refroidis le plus rapidement possible à la température de +4°C, ce qui a pour but d'arrêter l'acidification par inhibition des bactéries lactiques. Les pots sont ensuite stockés à cette température pendant 12 à 24 heures de façon à augmenter la consistance du produit sous l'effet du froid TAMIME (1999).

- **Brassage**

En vue de fabriquer des yaourts brassés, le laitensemencé est maintenu en cuve à la même température que dans les pots (entre 42 et 46°C) jusqu'à obtention de l'acidité voulue.

On procède par la suite au découpage et au brassage du caillé pour le rendre onctueux ; il doit être réalisé avec précaution en optant par l'un des procédés suivants :

- agitation mécanique à l'aide d'un brasseur à turbine ou à hélice ;
- passage du gel à travers un tamis ;
- homogénéisation à basse pression.

Une fois ce traitement opéré, le caillé est immédiatement et rapidement refroidi à une température inférieure à 10°C. Le yaourt est ensuite conditionné en pots et conservé entre 2 et 4°C. L'addition éventuelle d'arômes, de pulpes de fruits, etc., se fait au moment du remplissage des pots (COURTIN *et al.*, 2002 ; NGOUNOU *et al.*, 2003).

III.6. Consommation

La demande croissante sur les marchés « déficitaires en lait », combinée avec la raréfaction de l'approvisionnement en lait, créera des défis sans précédent dans la prochaine décennie pour les producteurs laitiers qui devront s'efforcer de répondre à cette demande.

Le yaourt et le lait aromatisé connaîtront une augmentation significative de la demande.

Le yaourt devrait croître de 7,6 % dans la région Asie-Pacifique, en Afrique du Nord et en Amérique latine entre 2013 et 2016 (ANONYME ⁸, 2014).

La consommation moyenne annuelle de l'algérien en yaourt oscille entre 5 et 6 Kg/an contre 10 Kg/an au Maroc et en Tunisie (BOUBECHIR, 2011).

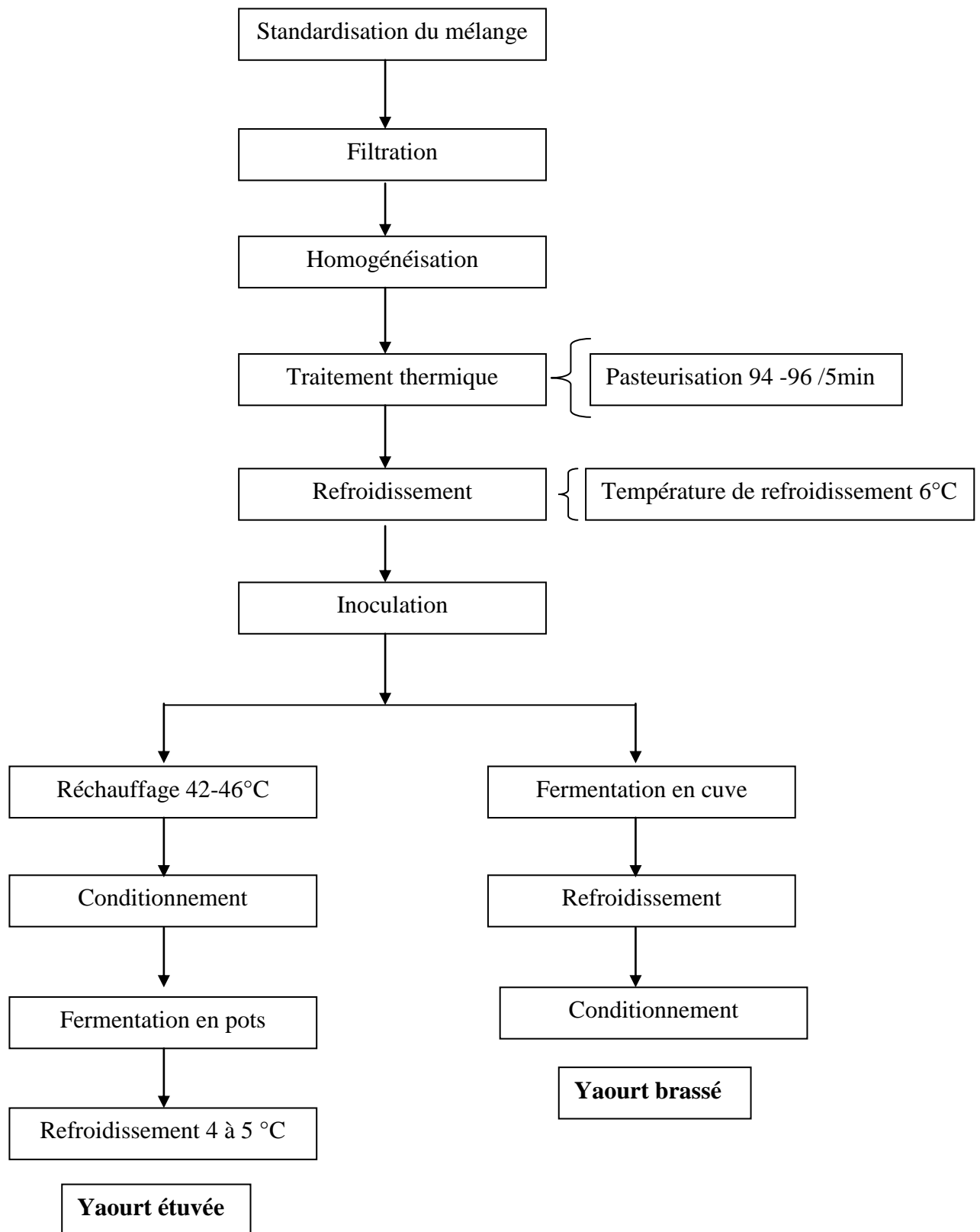


Figure n° 3 : Diagramme générale des principales étapes de fabrication du yaourt (CAROL et VIGNOLA, 2002).

Matériel et méthodes

I.1. Préambule

Ce présent travail est réalisé en grande partie à la laiterie MATINALE, située à l'est de la wilaya de TIZI-OUZOU sur la route de CHABANE AHCENE. Nous avons estimé nécessaire de présenter une fiche technique succincte sur cette unité, afin de mieux cerner les attendus de ce travail et les essais expérimentaux réalisés.

I.2. Présentation de la laiterie MATINALE



De création relativement récente (2003), la laiterie « MATINALE » est spécialisée dans la production et commercialisation d'une gamme variée de produits dont : **lait reconstitué pasteurisé partiellement écrémé à 1.5 % de matière grasse, lait de vache pasteurisé à 2.8 %, l'ben à base de poudre de lait (26% et 0%), l'ben à base de lait de vache, raïb à base de poudre de lait, raïb à base de lait de vache**, pour approvisionner le marché local. Elle a une capacité de 200 000 l/jours pour une équipe de 8 heures.

La laiterie « MATINALE » est subdivisée en quatre services : service commercial, service de comptabilité, service de ressources humaines, service collecte, service qualité dont 3 laboratoire (deux laboratoires d'analyses physicochimiques et un de microbiologiques).

Dans l'atelier de production, on trouve des cuves de capacités différentes, pasteurisateurs, six conditionneuses, trois chambres froides, deux chambres de fermentation et une bache à eau.

La laiterie « MATINALE » s'approvisionne en lait cru de cinquante deux collecteurs. Face à la demande de plus en plus importante. Elle traite 54000 l par jour de lait pasteurisé.

I.3. Objectif de l'étude

L'objectif visé par notre étude expérimentale consiste dans un premier temps, en un essai de fabrication d'un yaourt brassé selon trois recettes différentes : un yaourt à base de 100% de lait de vache (YV), un yaourt à base de 100% de lait de soja (YS) et un yaourt à base de mélange de lait de vache (50%) et lait de soja de (50%) (YM), préparées dans les mêmes conditions; ensuite, comparer les paramètres physico-chimiques et microbiologiques des produits ainsi obtenus.

I.4. Démarche expérimentale

Pour atteindre notre objectif, nous avons adopté la démarche expérimentale suivante :

- 1- Préparation du lait de soja ;
- 2- Analyses physico-chimiques des matières premières (lait de vache, lait de soja, mélange de lait de vache et de lait de soja) ;
- 3- Préparation du yaourt brassé selon les trois recettes précédemment citées ;
- 4- Détermination des caractéristiques physicochimiques et microbiologiques des produits obtenus ;
- 5- Réalisation d'un test de dégustation préliminaire pour apprécier l'acceptabilité de nos produits par le consommateur ;
- 6- Enfin, évaluation approximative des prix des yaourts obtenus.

I.5. Matières premières

- ✓ **le lait de vache** utilisé est le lait cru de la laiterie MATINALE ;
- ✓ **le lait de soja** est préparé à partir de la graine de soja jaune cultivée en Chine ;
- ✓ **les ferments lactiques** utilisés proviennent du laboratoire MATINALE à l'état lyophilisé ;
- ✓ **Arôme** industrielle fruits des bois;
- ✓ **Le sucre** utilisé est du saccharose de marque Cevital.

I.6. Appareillage, produits chimiques et réactifs (voir annexe1)

I.7. processus de fabrication du lait de soja

Graines de soja

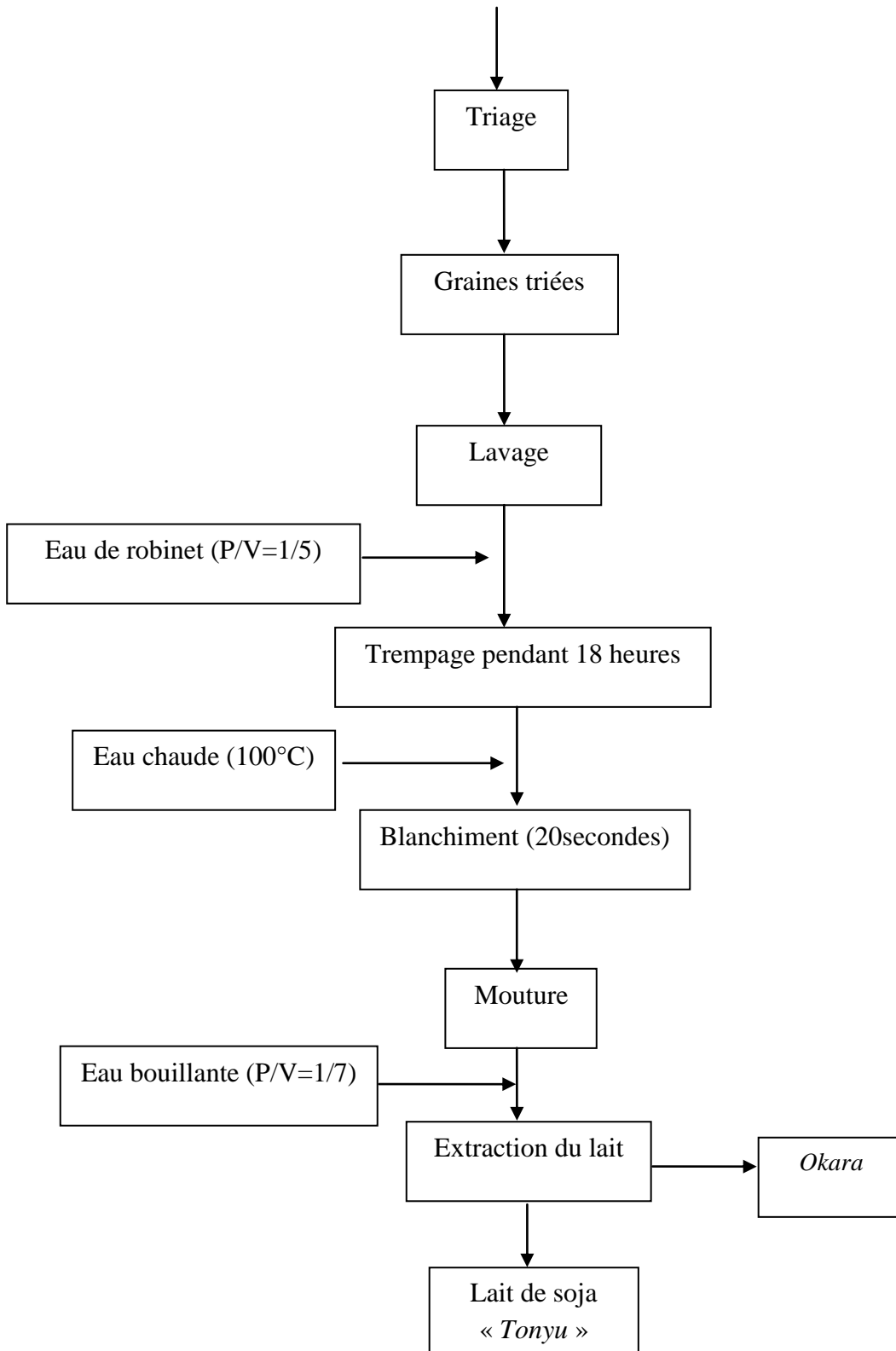


Figure n°4: Diagramme de production du lait de soja (Bokossa Yaou *et al.*, 2011)

I.8. Composition des différents essais

Le tableau VIII résume les différents essais réalisés, pour la préparation des trois types de yaourt brassé aromatisé.

Tableau VIII : Composition des différents essais de yaourt

Essais	Lait de vache (ml)	Lait de soja (ml)	Sucre (%)	Arôme	Ferments lactiques
Essai 1	1000	0	10	0.7 %	<i>L.bulgaricus</i> <i>S.thermophilus</i>
Essai 2	1000	0	11	1 %	<i>L.bulgaricus</i> <i>S.thermophilus</i>
Essai 3	1000	0	12*	2 %*	<i>L.bulgaricus</i> <i>S.thermophilus</i>
Essai 4	0	1000	10	0.7 %	<i>L.bulgaricus</i> <i>S.thermophilus</i>
Essai 5	0	1000	11	1%	<i>L.bulgaricus</i> <i>S.thermophilus</i>
Essai 6	0	1000	12	2%	<i>L.bulgaricus</i> <i>S.thermophilus</i>
Essai 7	500	500	10	0.7%	<i>L.bulgaricus</i> <i>S.thermophilus</i>
Essai 8	500	500	11	1%	<i>L.bulgaricus</i> <i>S.thermophilus</i>
Essai 9	500	500	12	2%	<i>L.bulgaricus</i> <i>S.thermophilus</i>

(* : selon (BOKOSSA, 2011))

I.9. Analyses physicochimiques des matières premières

I.9.1. lait de vache

I.9.1.1. Mesure du pH et de la température

Le principe consiste à la mesure de la différence de potentiel entre une électrode de mesure et une électrode de référence réunies en un système d'électrode combiné. Le pH et la température sont déterminés directement en utilisant un pH- mètre électronique et ce, après avoir plongé l'électrode dans un bêcher contenant un échantillon du lait frais à analyser.

➤ Mode opératoire

Calibrage de l'électrode du pH mètre :

- ✓ Rincer l'électrode avec de l'eau distillée puis l'essuyer ;
- ✓ Plonger l'électrode dans une solution à pH4 puis rincer à l'eau distillée et essuyer ;
- ✓ Plonger l'électrode dans une solution à pH 7 ;
- ✓ Lire les résultats sur l'afficheur du pH mètre.

I.9.1.2. Détermination de la densité

La densité est un paramètre physico-chimique, mesuré avec un Lactodensimètre.

➤ Mode opératoire

Le mode opératoire consiste à :

- ✓ Plonger le lactodensimètre dans une éprouvette remplie avec du lait ;
- ✓ Laisser équilibré tout en vérifiant que la position de l'éprouvette est dans l'axe vertical ;
- ✓ Attendre 30 à 60 secondes ;
- ✓ Faire la lecture sur la partie supérieure du ménisque du lactodensimètre.

Si la température est de 15°C, le niveau de flottement correspond à la graduation de lecture de la densité.

Si la température est inférieure ou supérieure à 15°C, il faut soustraire ou additionner respectivement le nombre de graduations qui séparent le niveau de température correspondante à 15°C.

➤ Expression des résultats

$$d = d_0 - 0,2 (15 - T^\circ) \dots\dots\dots T < 15^\circ\text{C}$$

$$d = d_0 + 0,2 (15 - T^\circ) \dots\dots\dots T > 15^\circ\text{C}$$

Où :

d_0 : Densité sur le lactodensimètre (lecture).

T : Température sur le lactodensimètre en degré Celsius.

I.9.1.3. Détermination de l'acidité titrable (Dornic)

Cette méthode (voir **annexe 2**) permet le dosage de l'acidité d'un échantillon du lait de 10 ml par titrimétrie avec la soude 0,1N.

➤ Expression des résultats

Le résultat est exprimé en °D : 1 °D correspond à 0,1 g d'acide lactique, elle est donnée par la formule suivante :

$$A (\text{°D}) = V \cdot 10$$

Où :

A (°D) : Acidité titrable en degré Dornic (°D).

V : volume en ml de la solution sodique utilisée pour le titrage.

I.9.1.4. Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode acido-butyrométrique de GERBER(1975)

La détermination est basée sur l'ajout de l'acide sulfurique qui dissout les protéines du lait. La séparation de la matière grasse des autres constituants est réalisée après centrifugation du butyromètre en présence d'alcool iso-amylque. Le mode opératoire est détaillé en **annexe 3**.

➤ Lecture et expression des résultats

Tout en tenant le butyromètre verticalement, on examine le plan inférieur de la colonne. On l'amène en coïncidence avec une manœuvre du bouchon et on effectue la lecture directement sur les graduations du butyromètre. La teneur en matière grasse est exprimée en pourcentage.

I.9.1.5. Détermination de l'extrait sec totale (EST) et l'extrait sec dégraissé (ESD)

La teneur en matière sèche totale du lait est le produit résultant de la dessiccation de ce lait. Elle est exprimée en g/l ou en % massique.

Le principe consiste en une dessiccation par évaporation d'un certain volume du produit à analyser et une pesée du résidu obtenu. Alors que l'ESD est l'extrait sec total privé de la matière grasse, soit $ESD=EST-MG$ voir **annexe 4**.

I.9.1.6. Dosage des protéines par la méthode

La méthode appliquée est celle décrite par Bradford (1976) qui consiste à un dosage colorimétrique, basé sur le changement d'absorbance (la mesure se fait à 595 nm), se manifestant par le changement de la couleur du bleu de Coomassie après liaison avec les acides aminés basiques (arginine, histidine, lysine) et les résidus hydrophobes des acides aminés présents dans la ou les protéines.

➤ Principe

On utilise trois types de solution :

- une solution de la protéine dont on veut déterminer la concentration ;
- une solution de concentration connue d'une protéine considérée comme une référence ou un standard par rapport à la protéine dont on veut déterminer la concentration (**BSA**) ;
- une solution de réactif qui développe une coloration en réagissant avec des acides aminés spécifiques de ces protéines.

La solution de concentration connue permet de constituer une gamme étalon (figure n°5) : série de tubes qui contiennent un volume identique mais des quantités croissantes et connues de la protéine de référence.

En parallèle, une série de tubes, contenant différents volumes de prise d'essai de la protéine dont on veut déterminer la concentration (l'échantillon à doser), est préparée.

La solution de réactif est ajoutée au même moment dans tous les tubes afin que la coloration se développe dans les mêmes conditions pour la gamme étalon et l'échantillon à doser.

➤ **Mode opératoire** (voir Annexe 5)

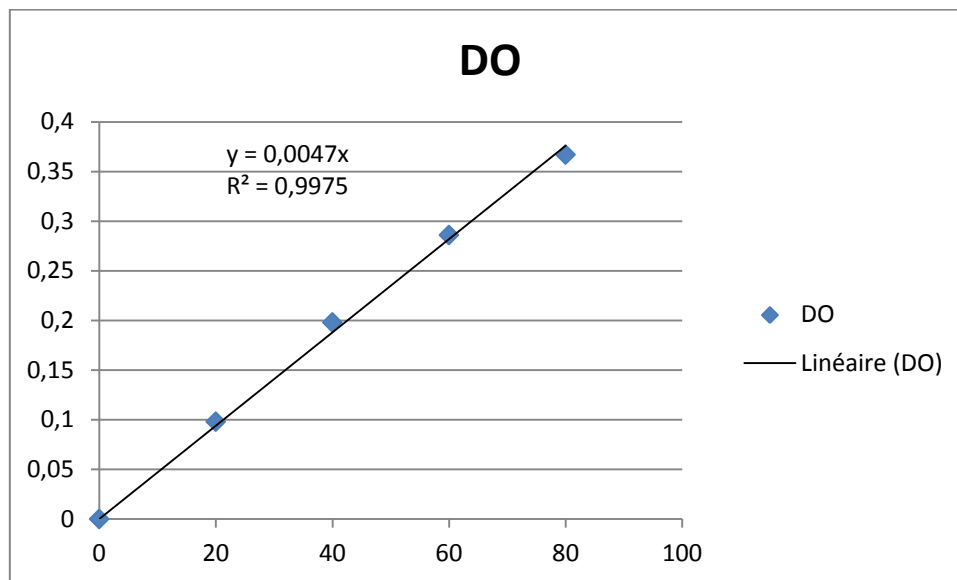


Figure n°5 : Courbe étalon du dosage des protéines par la méthode de Bradford (1951)

L'albumine sérum bovin est utilisée comme protéine étalon ; R = coefficient de corrélation.

I.9.1.7. Test d'antibiotique

Cette recherche se fait par le test « *Betastar* ». C'est un test rapide qui permet de détecter simultanément, en une seule opération la présence des résidus de betalactamines et tétracyclines dans un échantillon de lait cru. Le mode opératoire est détaillé en annexe 7.

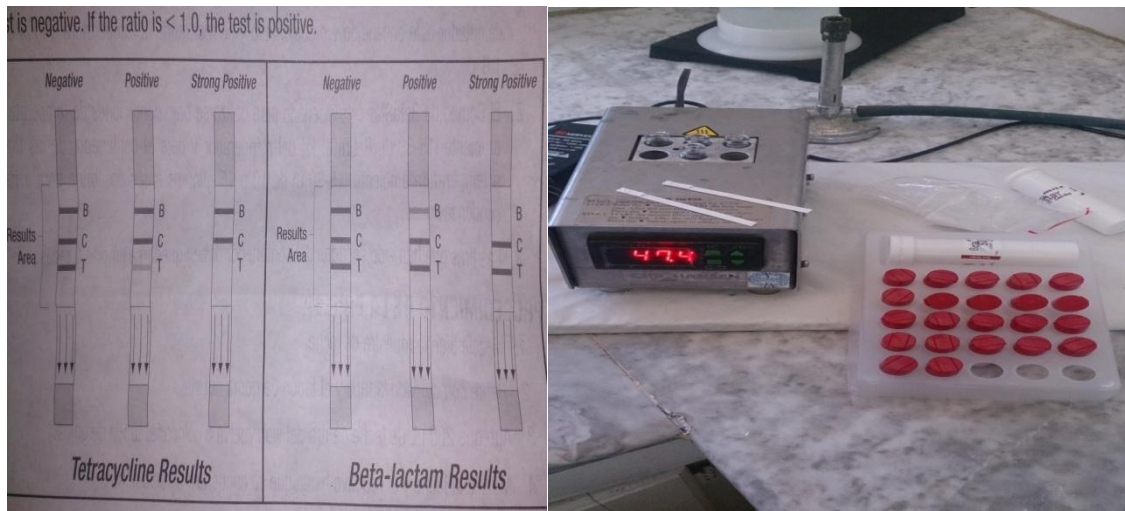


Figure n°6 : Photo montrant le matériel utilisé pour le test d'ATB.

➤ Lecture et expression des résultats

C : est une band de référence.

B : est une bande de confirmation sur la présence de beta lactame.

T : est une bande de confirmation sur la présence de tétracycline.

N.B : dans le cas invalide on doit refaire le test.

I.9.2. lait de soja

La mesure de pH, l'acidité titrable, de l'EST et ESD, des protéines a été réalisée selon les mêmes protocoles utilisés pour l'analyse du lait de vache.

La MG est déterminé par la méthode butyrométrique de GERBER sauf que l'alcool est dilué à 87 %.

Le test d'antibiotique n'était pas réalisé vue que la technique de beta star est spécifique pour le lait de vache.

I.9.3. Mélange de lait de vache et le lait de soja

La mesure de pH, l'acidité titrable, de l'EST et ESD, des protéines a été réalisée selon les mêmes protocoles utilisés pour l'analyse du lait de vache.

I.10. Analyses physico-chimiques des yaourts

La mesure de pH, de l'acidité, de l'EST et de taux de protéines a été réalisée selon les mêmes protocoles utilisés pour l'analyse du lait.

I.11. Analyses microbiologiques du produit fini

Les analyses microbiologiques sont indispensables, voire obligatoire, pour apprécier la qualité microbiologique d'un produit alimentaire. Elles permettent de détecter les microorganismes existant dans les produits alimentaires notamment les pathogènes afin de garantir pour le consommateur, une sécurité hygiénique et un niveau appréciable de qualité organoleptique.

Les analyses effectuées dans cette étude sont portées sur : la flore aérobie mésophile totale (F.A.M.T), les coliformes totaux et fécaux, les levures et moisissures.

Tableau IX : Analyses microbiologiques effectuées sur les produits obtenus

Germes recherchés	Milieux de culture utilisés	Type d'ensemencement	Température d'incubation	Durée d'incubation
F.M.A.T	PCA	En profondeur	30°C	72h
Coliformes totaux	VRBL	En profondeur	37°C	24h
Coliformes fécaux	VRBL	En profondeur	44°C	24h
Levures et moisissures	OGA	En surface	25 – 30 °C	3 à 5 jours

➤ **Préparation de la suspension mère**

Peser aseptiquement 25g de produit finis et les introduire dans 225 ml d'eau péptonée stérile, cette dernière doit assurer la survie de tous les microorganismes sans favoriser leur multiplication (BOURGEOIS *et al.*, 1990). Le mélange obtenu est homogénéisé et constitue la suspension mère (SM), qui correspond à la dilution 1/10.

➤ Préparation de la série de dilutions décimales

Nous avons préparé à partir de la SM, une série de dilutions décimales allant de 10^{-2} jusqu'à 10^{-4} , comme suit:

Introduire aseptiquement 1 ml de la SM dans 9 ml de TSE (Tryptone-Sel-Eau) stérile qui correspond à la dilution 10^{-2} .

Après homogénéisation, 1ml de la dilution 10^{-2} est prélevé puis introduit dans 9 ml de TSE qui correspond à la dilution 10^{-3} .

Ensuite, 1ml de la dilution 10^{-3} est prélevé puis introduit dans 9 ml de TSE qui correspond à la dilution 10^{-4} .

I.11.1. Recherche et dénombrement de la flore mésophile aérobie totale

Les germes aérobies mésophiles sont représentés par l'ensemble des germes saprophytes et pathogènes, aptes à se multiplier à l'air libre avec une croissance optimale à une température entre 25 à 45°C (VIGNOLA, 2002).

➤ Principe

Les germes aérobies mésophiles totaux peuvent se développer dans un milieu nutritif gélosé exempt d'inhibiteur et d'indicateur défini (PCA) à 30°C pendant 72 heures. Après incubation ils apparaissent sous forme de colonies lenticulaires en masse.

➤ Mode opératoire

- Noter sur des boîtes de Pétri : la date, la dilution, le nom du produit et le milieu de culture.
- A partir des dilutions décimales, porter aseptiquement 1 ml de chaque produit et l'ensemencer dans la boîte de Pétri correspondante vide et stérile.
- Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose PCA fondue puis refroidie à 45°C.
- Faire des mouvements circulaires en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger puis laisser solidifier, rajouter après une deuxième couche d'environ 5 ml.
- Incubation des boîtes de Pétri avec le couvercle en bas à 30°C pendant 72 heures, en faisant une lecture chaque 24 heures.

➤ Lecture

Retenir les boîtes contenant un nombre de colonies compris entre 30 et 300.

Les résultats sont exprimés en UFC par (g) de produit selon la formule suivante :

$$X = N.1 / D.1/V$$

X : nombre de germes par ml ou g de produit

N : nombre de colonies

V : volume de l'inoculum

D : facteur de dilution ou la dilution considérée

I.11.2. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux Fécaux

En microbiologie alimentaire, on appelle coliformes les Entérobactéries fermentant le lactose, il s'agit des germes : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebseilla*, lorsqu'ils sont en nombre élevé, ils peuvent provoquer des toxi-infections alimentaires (VIERLING, 2001).

Le dénombrement des coliformes dans le lait permet de mettre en évidence, une pollution fécale et donc la possibilité d'une contamination par les entérobactéries pathogènes. Ces bactéries sont sensibles à la chaleur. Elles sont donc un bon témoin de l'efficacité des traitements thermiques et/ou d'une recontamination. De plus, elles sont en elles-mêmes un facteur de mauvaise conservation ou d'accidents de fabrication (GUIRAUD, 1998).

➤ Principe

Les Coliformes sont capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température de 37°C. Le milieu utilisé est le milieu (VRBL), contenant les sels biliaires, le cristal violet et le rouge neutre comme agents sélectifs, qui inhibent la croissance de la flore secondaire Gram⁺.

➤ Mode opératoire (idem que la FMAT)

I.11.3. Recherche et dénombrement des levures et moisissures

Les levures et les moisissures sont des champignons microscopiques. Dont la présence dans les produits alimentaires est indésirable, car ils détruisent leur qualité organoleptique et chimique (THURIAUX, 2004).

Le dénombrement de cette flore permet d'estimer l'efficacité du traitement thermique appliqué et l'état de conservation de l'aliment (GUIRAUD, 1998).

➤ Principe

Il repose sur l'emploi d'un milieu de culture solide rendu sélectif par acidification et/ou avec l'addition d'un antibiotique (Oxytétracycline pour l'OGA) qui inhibe le développement de la flore bactérienne.

➤ Mode opératoire

A partir de la dilution décimale 10^{-1} , porter aseptiquement deux gouttes dans une boîte de Pétri contenant de la gélose OGA. Etaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile, puis incuber à 25°C pendant 5 jours. Dans le souci de ne pas se trouver face à des boîtes envahies soit par les levures soit par les moisissures, on doit effectuer des dénombrements tout les jours.

➤ Lecture

Les colonies de levures ressemblent à des bactéries, elles sont brillantes rondes et bombées, de couleurs différentes alors que celles des moisissures ont un aspect velouté et sont plus grandes de couleur blanche ou pigmentées. Par ailleurs, étant donné qu'on a travaillé avec la dilution 10^{-1} , il faut multiplier le nombre de colonies trouvées par l'inverse de la dilution correspondante. Les résultats sont exprimés en UFC par (g) de produit.

I.12. Analyses sensorielles des produits finis

I.12.1. Règles générales de la conduite de la dégustation

➤ Les dégustateurs

L'évaluation sensorielle demande de faire appel à plusieurs sujets pour conduire à des résultats significatifs (NICOD, 1998).

Le groupe de dégustateurs ayant participé à notre analyse sensorielle est composé de vingt cinq personnes entre enseignants, étudiant et personnels de la laiterie MATINALE. D'après NICOD (1998), ces sujets sont choisis selon les critères suivants :

- ✓ Ils doivent être volontaires et motivés ;
- ✓ Ils ne doivent présenter aucune aversion vis-à-vis du produit à étudier ;
- ✓ Ils ne doivent pas fumer au moins deux heures avant le test ;
- ✓ Les sujets malades ne sont pas concernés, donc la prise de médicament est contre indiquée ;
- ✓ Ils doivent avoir une bonne vision des couleurs ;
- ✓ L'honnêteté des dégustateurs est un critère important.

Présentation des échantillons

- ✓ Les échantillons sont enlevés de la glacière dix minutes avant le début de la séance de dégustation ;
- ✓ La gamme d'échantillons est servie à une température de 8 à 10 °C ;
- ✓ Chaque yaourt est présenté dans un contenant jetable en plastique et identifié par un code de quatre chiffre pour garder l'anonymat (voir figure n°7).

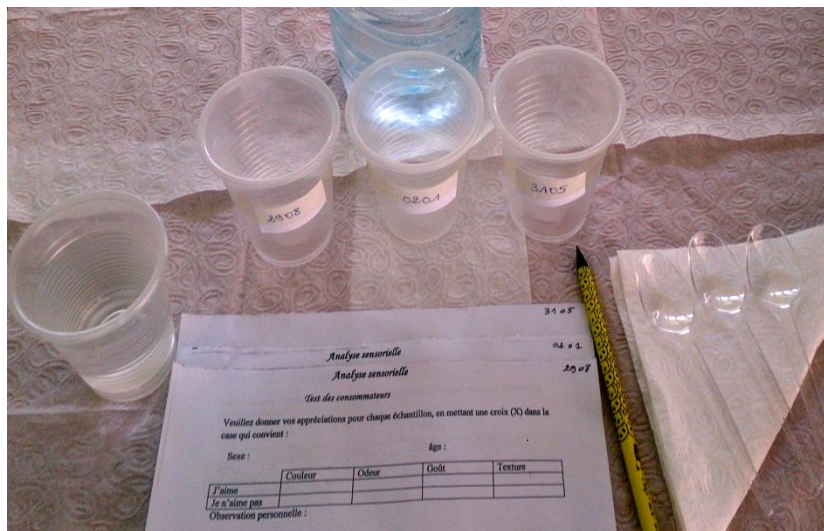


Figure n°7 : Présentation des échantillons des trois types de yaourt et déroulement de l'épreuve sensorielle.

Séance de dégustation

Les séances de dégustation se sont déroulées au niveau de la salle de soutenance de département de biologie de l'UMMTO et le laboratoire d'analyses physico-chimiques de la laiterie MATINAL, où la plus parts des conditions sont réunies :

- ✓ Dans le but d'obtenir une meilleure sensibilité des dégustateurs, la séance est organisée entre 9 heures et 11 heures ;
- ✓ Les dégustateurs se rinceront la bouche au début de la séance et après chaque dégustation pour garder la sensibilité constante ;
- ✓ Les dégustateurs changent la cuillère d'un échantillon à l'autre ;
- ✓ Afin d'éviter les phénomènes de saturation, des petites quantités de chaque échantillon suffisent pour évaluer les paramètres recherchés ;
- ✓ Toutes les épreuves se sont déroulées en notre présence pour donner plus d'explication, ainsi que pour s'assurer du bon déroulement de la séance.

Recueil des résultats

Le recueil des résultats est effectué sur une fiche (voir **annexe 6**).

Traitement des résultats

Les résultats du test sensoriel obtenus, sont illustrés dans des secteurs pour tous les paramètres analysés dans la partie résultats et discussion.

I.13. Analyse statistique.

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel Stat Box version 1.40 au seuil de signification de 5%.

I.14. Evaluation économique des produits finis

L'évaluation économiques des produits finis est détaillée dans la partie résultats et discussion.

Résultats et discussion

II.1. Résultats des analyses physico-chimiques des matières premières

II.1.1. Lait de vache

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur le lait de vache sont résumés dans le tableau X:

Tableau X: Résultats des analyses physico- chimiques du lait de vache

Echantillons Paramètres	E1	E2	E3	Moyenne	Normes AFNOR, (1986)
pH	6.54	6.63	6.59	6.58±0,04	6.6 – 6.8
Acidité (°D)	17.5	16	16.5	16.66±0.76	16-18
MG (g/l)	32	34	32	32.66±1.15	34-36
EST (g/l)	110.4	121.3	115.6	115.76±5.45	120-125
ESD (g/l)	78.4	87.3	83.6	83.1±4.47	87.5-89.9
Densité	1029	1031	1030	1030±1	1028-1035
Protéines %	3.1	2.9	3.4	3.13±0.25	3.2-3.6
ATB	abs	abs	abs	Abs	Absence

En comparant les résultats obtenus aux valeurs de référence recommandées par AFNOR (1986), nous constatant que :

✓ **pH**

La valeur moyenne du pH est de 6.58±0.04 ; elle est légèrement inférieure à la norme qui est de 6.6, cela est dû aux mauvaises conditions de stockage au niveau de la ferme et le non respect de la température isotherme des citernes au cours du transport.

✓ **Acidité**

La valeur obtenue est de 16.66±0.76 °D, ce qui la place dans la norme qui est de 16 – 18 °D. D’après CHEFTEL (1998), le pH et l’acidité évoluent avec la composition du lait, une

teneur élevée en substances acides, protéines, anions, phosphate ou acide lactique s'accompagne d'une diminution de pH et d'une acidité titrable élevée.

✓ **Densité**

Une densité de 1030 ± 1.00 , ce qui la place dans la norme qui est de 1028. En effet, selon MATHIEU (1998), le lait est supposé mouillé lorsque les valeurs de densité sont faibles.

✓ **MG**

Nous constatons que le taux de matière grasse dans le lait de vache (32.66 ± 1.15) est inférieur à la norme (34-36), ceci pourrait être expliqué par deux hypothèses :

- la période durant laquelle a été effectué le suivi, la saison d'été conduit à la baisse des taux butyreux et protéines minimaux. En effet, selon MATHIEU (1998), les taux butyreux et protéique sont maximaux en automne et minimaux en juin et juillet ;
- d'autre part, une étude faite par la FAO (1995) a montré que lorsque les vaches sont nourries avec des rations fortement énergiques, mais pauvre en foin, la teneur en matière grasse du lait diminue.

✓ **EST et ESD**

Une faible teneur en EST et ESD est enregistrée qui serait due :

- soit à des facteurs liés à l'animale lui-même (race, âge et le stade de lactation) ; AMIOT, (2002) a rapporté que la composition générale du lait de vache est variable selon les animaux dont elle dépend, les principaux étant l'individualité, la race, la période de lactation, l'alimentation, la saison et l'âge de l'animal.
- soit à un régime alimentaire, selon BOURDIER et LUQUET (1981), un régime alimentaire insuffisamment énergétique pourrait réduire le pourcentage de l'extrait sec dégraissé.

✓ **Protéines**

Les protéines sont les constituants les plus importants du lait avec une teneur de 3.4 %. Elles présentent une fonction nutritionnelle grâce à l'apport en acides aminés essentielles et en peptides à activité biologique (CAROLE et VINGOLA, 2002).

Les résultats obtenus montrent que la teneur en protéines du lait de vache est de $3.13 \pm 0.25\%$. En se référant aux normes établies, soit 3.4-3.6%, la valeur obtenue est faible. Cette valeur faible s'expliquerait par le fait que la composition du lait varie en fonction de plusieurs facteurs liés soit à l'animal (facteur génétique, stade physiologique ...), soit au milieu (alimentation, saison, traite ...). Selon AMIOT (2002), l'alimentation semble être le facteur le plus prépondérant dans l'obtention de ces teneurs faibles. De même, DEBRY (2001) a signalé que le taux de MG, des protéines ainsi que les proportions de caséines et de protéines lactosériques sont les plus sensibles à certains facteurs précédemment décrits.

✓ ATB

Il en ressort un résultat de test d'antibiotique négatif pour tous les échantillons du lait cru, se qui renseigne sur l'absence totale de résidus d'antibiotiques et donc une conformité de sa qualité sanitaire.

NB : la présence de résidus d'ATB peut être expliquée par un état de santé anormal des vaches : soit elles sont malades, soit elles sont en cours de traitement vétérinaire ou bien elles consomment des aliments qui contiennent ces antibiotiques.

II.1.2. Lait de soja

Le tableau XI indique les résultats des différents paramètres physico-chimiques obtenus avec le lait de soja :

Tableau XI: Résultats des analyses physico-chimiques du lait de soja

Echantillons / Paramètres	E1	E2	E3	Moyenne	Normes (AFNOR, 1996) NF V29-001
pH	6.68	6.75	6.64	6.69 ± 0.05	6.5-6.9
Acidité (°D)	9.5	9	8.5	9 ± 0.50	8.5-10
MG (g/l)	22	22	22	22 ± 0.00	>15
EST (g/l)	73.8	75.2	76.5	75.16 ± 1.35	>68
ESD (g/l)	51.8	53.2	54.5	53.16 ± 1.35	≥ 50
Densité	1012	1013	1015	1013.33 ± 1.25	1012-1015
Protéines %	3.62	3.65	3.67	3.64 ± 0.02	>3.6

Les résultats obtenus pour l'analyse du lait de soja, sont conformes aux normes AFNOR (1996).

✓ pH

Le pH du lait de soja en moyenne est de 6.69 ± 0.05 ce qui répond à la norme AFNOR (1996) exigeant une teneur de 6.5 à 6.9.

✓ Acidité

Nous remarquons que l'acidité titrable est égale à la moitié de celle de lait de vache dont la teneur moyenne est de 9 °D qui répond à la norme.

✓ Densité

Le lait de soja présente une densité de 1013.33 ± 1.25 qui est conforme à la norme, mais inférieure à celle du lait de vache qui est de 1030. Ces valeurs ne s'accordent pas avec celle rapportée par BEDROUNI (2006), soit une densité de 1016. Cette différence pourrait être expliquée par la variété et la quantité de graines utilisées dans l'extraction du tonyu et / ou par la quantité d'eau ajoutée lors de l'extraction.

✓ MG

La MG est de $22 \text{ g/l} \pm 0.00$, cette valeur est conforme à la norme AFNOR (1996) qui exige une teneur supérieure à 15g/l, bien que la quantité de MG dans le lait de vache est plus élevée. Cependant, de point de vue qualitatif, le lait de soja est très apprécié pour ses composés lipidiques vu qu'il est riche en acides gras insaturé (BERK, 1993). En effet, selon ROUSSEL (2006), le lait de soja renferme des acides gras essentiels, les polyinsaturés oméga-3 et oméga-6, respectivement appelés acides alpha-linolénique et linoléique. En outre, BERK (1993) a souligné que le lait de soja est dépourvu de cholestérol, ce qui constitue un autre atout nutritionnel.

✓ EST et ESD

L'EST est d'une valeur de $75.16 \text{ g/l} \pm 1.35$, cette valeur est conforme à la norme AFNOR (1996) indiquant une teneur supérieure à 68g/l. Quant à l'ESD, la valeur obtenue est de $53.16 \text{ g/l} \pm 1.35$, ce dernier est conforme à la norme exigée par AFNOR (1996). Selon VIRLING (2001), ces valeurs sont expliquées par la faible densité de lait de soja.

✓ Protéines

La teneur en protéines enregistrée est de $3.64 \pm 0.02\%$, cette valeur est supérieure à la norme qui est supérieur à 3.6%. Ce résultat peut être expliqué par la variété de la graine utilisée. En effet, selon TU VIET PHU (1012), le premier facteur qui influence la composition du lait de soja est la variété de soja utilisée. Elle décide non seulement du goût de soja, mais aussi de la teneur en protéines, et en lipides. Sachant que la teneur en protéines chez la variété choisie est de 3.83%. Toutefois, nous constatons une teneur en protéines supérieurs à celle du lait de vache tout en rappelant que selon APFELBAUM et ROMON (2004), les protéines du tonyu sont de bonne valeur biologique.

II.1.3. Mélange de laits

Les résultats des analyses physicochimiques effectuées sur le mélange de lait de vache et du lait de soja sont regroupés dans le Tableau XII:

Tableau XII : Résultats des analyses physicochimiques du mélange de lait de vache et du lait de soja

Echantillons / Paramètres	E1	E2	E3	Moyenne
pH	6.61	6.69	6.62	6.64 ± 0.04
Acidité (°D)	13.5	12.5	12.5	12.83 ± 0.57
MG (g/l)	34	34.5	35	34.50 ± 0.50
EST (g/l)	145	144.4	143.05	144.15 ± 0.99
ESD (g/l)	111	110	108.05	109.68 ± 1.50
Densité	1040	1041	1040	1040.33 ± 0.57
Protéines %	6.85	6.83	6.83	6.83 ± 0.01

✓ pH

Le pH du mélange lait en moyenne est de 6.64 ± 0.04 ce qui répond à la norme AFNOR (1996) exigeant une teneur de 6.6 à 6.8 pour le lait de vache et 6.5 à 6.9 pour le lait de soja.

✓ Acidité

Nous remarquons que l'acidité titrable du mélange des deux types de lait (12.83 ± 0.57) a considérablement diminué par rapport au lait de vache. Cette diminution s'explique par la faible acidité du tonyu.

✓ Densité

D'après les résultats obtenus, la densité du mélange est de 1040.33 ± 0.57 cette valeur est plus élevée que la densité du lait de vache ou celle du lait de soja qui sont respectivement de 1028 et 1012. L'augmentation de la densité est en relation directe avec l'augmentation du l'EST. Selon LEMENS (1985), la densité est sous la dépendance de deux facteurs principaux, la teneur en matière sèche et celle de la matière grasse, la densité diminue avec l'augmentation du taux butyreux.

✓ MG

Le taux de matière grasse s'élève à 34.5 ± 0.50 g/l, cette élévation est normale compte tenu de la différence observée dans la teneur en MG des deux types de lait mélangé.

✓ EST

L'EST du mélange est d'une valeur de 144.15 ± 0.99 g/l, cette valeur est élevée par rapport à la norme AFNOR (1996). Quant à l'ESD, la valeur obtenue est de 109.68 ± 1.50 g/l, elle est plus importante que l'ESD du lait de vache et de celui de lait de soja. Donc l'enrichissement du lait de vache par le lait de soja permet d'augmenter et de concentrer la matière sèche. En effet, selon MIETTON (1986), l'enrichissement du lait de vache provoque une concentration de tous les éléments de sa matière sèche et par conséquent une augmentation de son EST.

✓ Protéines

Les résultats obtenus montrent que la teneur en protéines est de 6.83 ± 0.01 %, cette teneur élevée en protéines résulte de l'apport protéique important du lait de vache et du lait de soja. Nos résultats demeurent supérieurs à ceux rapportés dans la littérature scientifique, soit une valeur de 4.27 % de protéines par litre de mélange de laits. La différence observée dans les résultats pourrait s'expliquer par la différence dans la variété de graine utilisée et la qualité du lait de vache utilisée.

II.2. Résultats des analyses physico-chimiques des produits finis**II.2.1. Yaourt à base de lait de vache**

Les résultats des analyses physico-chimiques sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau XIII: Résultats d'analyses physico-chimiques du yaourt à base de lait de vache

Echantillons / Paramètres	E1	E2	E3	Moyenne	Normes (AFNOR, 1986)
pH	4.67	4.64	4.68	4.66±0.02	4.6 – 4.7
Acidité (°D)	72	75	74.5	73.83±1.66	75-100
MG (g/l)	29	29.5	31	29.83±1.04	15 – 25
EST (g/l)	129.5	131	130.5	130.33±0.76	132.8
ESD (g/l)	100.5	101.5	99.5	100.50±1.00	107.8
Protéines %	3.3	3.25	3.45	3.33±0.10	3.7

D'après les résultats obtenus, nous constatant que les valeurs des paramètres mesurés se rapprochent des normes adoptées par AFNOR (1986).

La valeur de pH obtenus pour les yaourts fabriqués est de 4.66±0.02, cette valeur est conforme à la norme AFNOR (1986) et s'accorde parfaitement avec ceux de JIMOH et KOLAPO (2007), rapportant des valeurs de pH comprises entre 3.93 et 5.68.

L'acidité des trois essais de yaourts à base de lait de vache analysés est de 73.83±1.66°D ; elle se rapproche beaucoup de la limite de tolérance de la norme AFNOR (1986) qui est de 75 °D. Une bonne acidité indique la fraîcheur du produit ainsi que le respect du taux d'ensemencement et aussi la présence des facteurs favorables (hygiène, température, etc.).

La teneur en MG obtenue (29.83±1.04) est légèrement supérieure à la norme, qui est de 15-25g/l ce qui nous fait dire qu'elle n'est pas conforme à la norme AFNOR (1986), mais qu'elle peut être acceptée. Selon CAROLE et VIGNOLA (2002), la teneur en MG du yaourt varie entre 0.5 et 3.5%, selon qu'il s'agit de yaourt écrémé ou entier. Cette hausse

s'expliquerait du fait que notre lait n'a pas subi un écrémage partiel pour atteindre la valeur de 15g/l.

La valeur de l'EST est de 130.33 ± 0.76 g/l, elle est inférieure à la norme fixée par AFNOR (1986) qui est de 132.8g/l. Cette baisse es EST s'expliquerait par le fait que le lait utilisé n'a pas subi une standardisation en matière sèche. Selon BEAL et SODINI (2003), le lait de vache cru doit être enrichi avec de la poudre du lait pour augmenter l'EST et ainsi former un yaourt consistant et exempt de synérèse.

La valeur de l'ESD est de 100.50 ± 1.00 g/l, inférieur à la norme fixée par AFNOR (1986) qui est de 107.8g/l. Cette hausse peut s'expliquer du fait que le lait utilisé n'a pas subi un enrichissement par la MGLA.

✓ **Protéines**

Les résultats obtenus montrent que la teneur en protéines est de 3.33 ± 0.10 %, cette valeur est légèrement inférieure à la norme qui est de 3.7%. Cette faible teneur en protéines résulte de l'absence d'enrichissement du lait utilisé par les protéines. Selon LAMONTAGNE (2002), un taux de protéines élevé influe sur la qualité du yaourt, vu que les protéines de par leur coagulation et leur capacité de liaison avec l'eau agissent sur la texture particulièrement sur la viscosité, l'élasticité, consistance et fermeté du produit.

II.2.2. Yaourt à base de lait de soja

Le tableau ci-dessous résume les résultats des analyses physico-chimiques réalisés sur le yaourt à base de lait de soja :

Tableau XIV : Résultats des analyses physico-chimiques du yaourt à base de lait de soja

Echantillons Paramètres	E1	E2	E3	Moyenne
pH	4.60	4.64	4.65	4.63±0.02
Acidité (°D)	38	42	39	39.66±2.08
MG (g/l)	20	19.5	19	19.50±0.50
EST (g/l)	70.76	70.89	70.95	70.86±0.09
ESD (g/l)	50.76	51.39	51.95	51.36±0.59
Protéines %	3.65	3.67	3.7	3.67±0.02

D'après les résultats du tableau, la valeur du pH est de 4.63 ± 0.02 , cette valeur est proche de celle obtenue pour le yaourt à base de lait de vache. Elle est conforme à la norme AFNOR (1986).

La valeur de l'acidité du yaourt est de $39.66 \pm 2.08^\circ\text{D}$, cette valeur peut être expliquée par un taux d'acide lactique insuffisant, car la matière première qui est le tonyu ne contient pas de lactose et la technique de dosage de l'acidité titrable ne mesure que la concentration de l'acide lactique dans un échantillon.

La teneur en MG est de $19.5 \pm 0.50\text{g/l}$, elle est aussi faible par rapport au lait de vache. Cette faible teneur s'expliquerait par la composition initiale du lait de soja.

De même, la teneur en EST estimée à $70.86 \pm 0.09\text{g/l}$ et celle d'ESD évaluée à $51.36 \pm 0.59\text{g/l}$ sont plus faibles que celle du lait de vache, cette différence est due à la composition différente entre les laits utilisés. Elle peut être expliquée aussi par la quantité d'eau ajoutée.

La teneur en protéines du yaourt de soja est de $3.67 \pm 0.02\%$, cette teneur indique une légère baisse par rapport à la matière première. Néanmoins elle s'approche beaucoup de la norme qui est de 3.7% pour le lait de vache.

II.2.3. Résultats d'analyses physico-chimiques du yaourt à base de mélange de lait de vache et de lait de soja

Le tableau XV résume les résultats des analyses physico-chimiques réalisés sur le yaourt à base de mélange de lait de vache et lait de soja :

Tableau XV: Résultats d'analyses physico-chimiques du yaourt à base de mélange de lait de vache et de lait de soja

Echantillons paramètres	E1	E2	E3	Moyenne
pH	4.42	4.31	4.53	4.42±0.11
Acidité (°D)	62	65	58	61.66±3.51
MG (g/l)	28	30	29	29.00±1.00
EST (g/l)	143.5	144.3	144.5	144.10±0.52
ESD (g/l)	115.5	114.3	115.5	115.10±0.69
Protéines %	6.80	6.82	6.83	6.81±0.01

D'après les résultats rapportés dans le tableau ci-dessus, nous pouvons constater que le pH du yaourt du mélange de lait de vache et de lait de soja est de l'ordre de 4.42±0.11, il est proche du pH du yaourt à base de lait de vache. L'acidité est de 61.66±3.51°D, cette augmentation d'acidité par rapport au yaourt à base de lait de soja serait due à la transformation du lactose apporté par le lait de vache en acide lactique sous l'effet des bactéries lactiques acidifiant le milieu.

La teneur en MG est légèrement inférieure à la matière première (mélange de lait de vache et de lait de soja). Néanmoins, elle rentre dans la norme établie pour le yaourt partiellement écrémé à base de lait de vache.

La valeur obtenue pour l'EST et l'ESD sont respectivement de 144.10±0.52g/l et 115.10±0.69g/l. nous remarquons que les résultats obtenus sont supérieurs à ceux du yaourt à base de lait de vache et le yaourt à base de lait de soja. Cette différence peut être expliquée par

l'enrichissement du lait de vache par le lait de soja. Ce dernier apporte des nutriments et provoque une concentration de tous les éléments de sa matière sèche et par conséquent une augmentation de son EST et ESD.

L'enrichissement du lait de vache par le lait de soja a influencé positivement la teneur en protéines du yaourt qui est de $6.81 \pm 0.01\%$. Cette teneur est plus élevée que celle du yaourt à base de lait de vache et même de celle du yaourt à base de lait de soja.

II.3. Résultats des analyses microbiologiques des produits finis

Les résultats des analyses microbiologiques des yaourts produits sont rapportés dans le tableau suivant:

Tableau XVI: Résultats des analyses microbiologiques des produits finis

Germes recherchés	YV	YS	YM	Normes JORA (1998)
FTAM (UFC/g)	47	58	51	3.10^4
Coliformes totaux (UFC/g)	Abs	Abs	Abs	10
Coliformes fécaux (UFC/g)	Abs	Abs	Abs	1
Levures Moisissures (UFC/g)	Abs	Abs	Abs	$<10^2$

Il ressort du tableau que la flore mésophile aérobie totale (FTAM) est conforme à la norme J.O.R.A(1998).

Les coliformes totaux et fécaux sont totalement absents dans les trois types de yaourts produits, ce qui est conformes aux normes établies. L'absence de ces flores microbienne est due au bon respect des règles d'hygiène lors des manipulations.

Quant aux levures et moisissures, les résultats obtenus indiquent leur absence, elles sont conformes aux normes de J.O.R.A. (1998), ceci est dû au bonnes pratiques d'hygiène et au traitement thermique appliqué.

La conformité des résultats aux normes prouve le respect des conditions d'hygiènes et de préparation des matières premières lors de manipulation.

II.4. Analyse statistique des résultats physico-chimiques des trois yaourts fabriqués

Si la probabilité p est :

$P > 0.05$, les variables montrent une différence non significative ;

$P \leq 0.05$, les variables montrent une différence significative ;

$P \leq 0.01$, les variables montrent une différence hautement significative ;

$P \leq 0.001$, les variables montrent une différence très hautement significative ;

➤ pH

L'analyse de la variance montre qu'il existe des différences entre les moyennes concernant le pH des trois yaourts ($p = 0.00025$).

Les résultats de test de NEWMAN-KEULS au seuil de signification de 5% sont représentés dans la figure n°8.

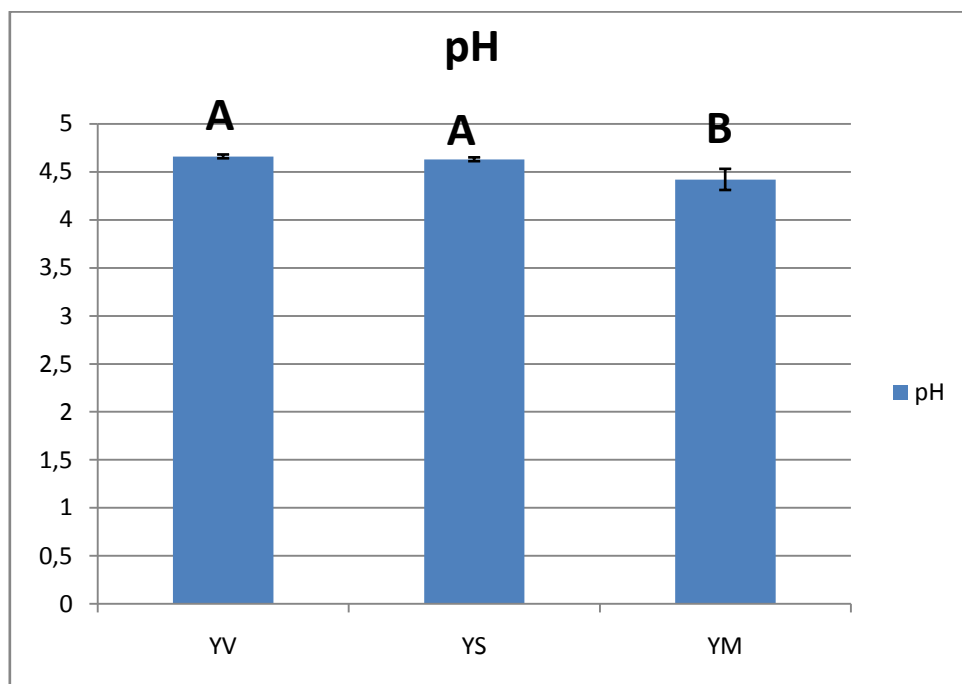


Figure8 : Résultats de comparaison de pH entre les trois types de yaourts fabriqués.

Cette figure révèle l'existence de deux groupes homogènes A et B qui regroupent respectivement (YV, YS) et YM. Ces résultats sont presque les mêmes obtenus par (ASSOUS et BAILECHE, 2013) qui ont réalisé un essai de fabrication d'un yaourt à base de mélange de

lait de vache et de lait de soja UHT et d'une boisson lactée à base de lactosérum et de lait de soja.

Donc, nous pouvons conclure que le pH de yaourt à base de lait de vache et celui à base de lait de soja se rapprochent, tandis que le pH du yaourt à base de mélange est différent ; ce qui peut être dû à la différence des valeurs de pH initiales des matières premières.

➤ Acidité

L'analyse de la variance montre qu'il existe des différences très hautement significative entre les moyennes concernant l'acidité des trois yaourts ($p = 0.00005$).

Les résultats de test de NEWMAN-KEULS au seuil de signification de 5% sont représentés dans la figure n°9.

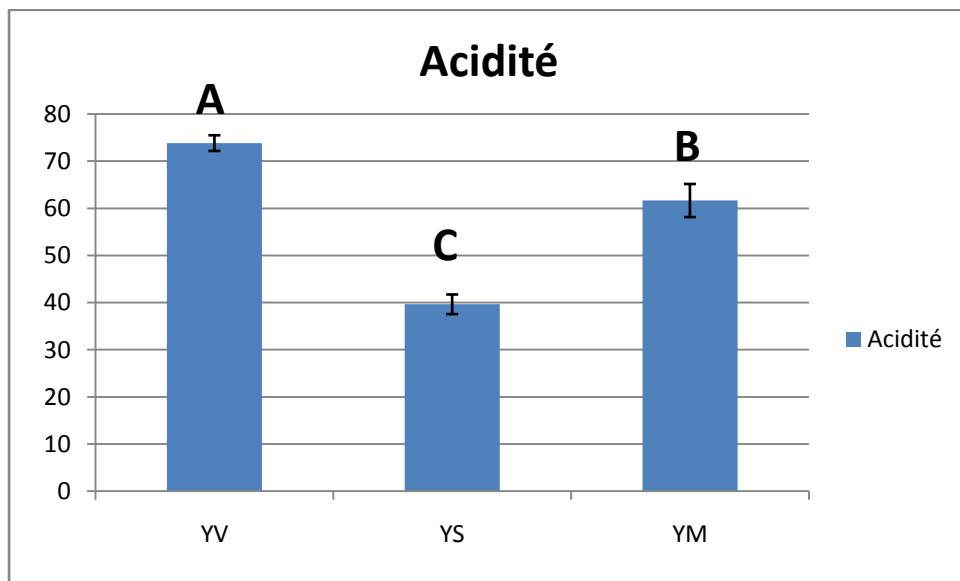


Figure 9 : Résultats de comparaison de l'acidité entre les trois types de yaourts fabriqués.

Cet histogramme révèle l'existence de trois groupes homogènes A (YV), B (YM) et C (YS). Ces résultats sont différents de ceux obtenus par (ASSOUS et BAILECHE, 2013), qui ont enregistré l'existence de deux groupes homogènes, regroupant respectivement A (YS, YV) et B (YM). Ainsi, nous pouvons dire que l'acidité des trois yaourts diffère, due à la différence de composition des matières premières ; en effet, le lait de vache est connu par sa richesse en lactose (LUQUET, 1985), par contre, le lait de soja ne contient pas ce substrat (TU VIET PHU, 2012).

➤ MG

L'analyse de la variance montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les moyennes concernant la MG des trois yaourts brassés élaborés ($p = 0.0006$).

Les résultats de test de NEWMAN-KEULS au seuil de signification de 5% sont représentés dans la figure n°10.

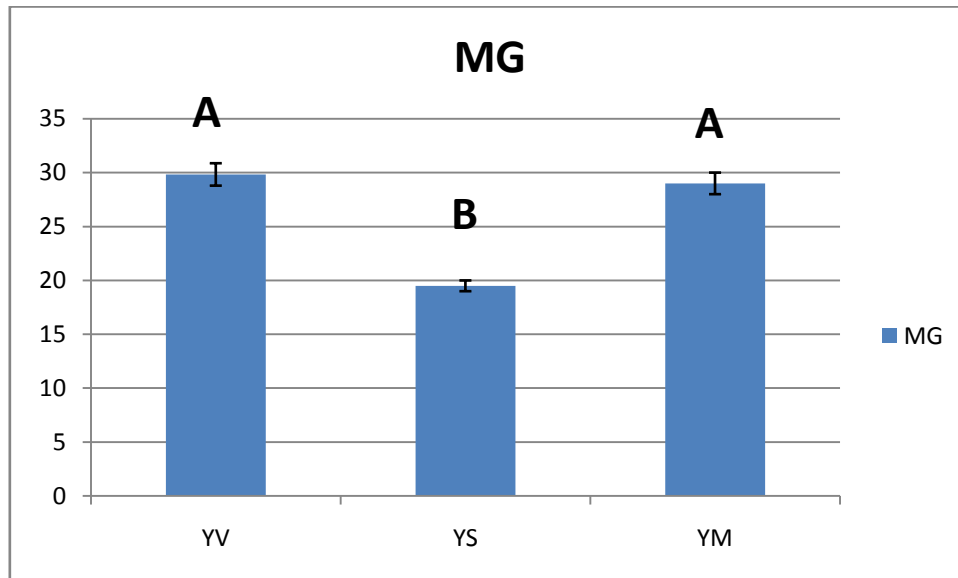


Figure 10 : Résultats de comparaison de la MG des trois types de yaourts fabriqués.

Cette figure révèle l'existence de deux groupes homogènes A et B, qui regroupent respectivement les yaourts (YV, YM) et (YS). Ces résultats sont différents des résultats obtenus par (ASSOUS et BAILECHE, 2013), qui ont abouti à trois groupes homogènes regroupant respectivement A(YM), B(YV) et C (YS).

Donc, nous pouvons conclure que les teneurs en matière grasse, du yaourt à base de lait de vache et celui du mélange se rapprochent, et diffèrent de celle du yaourt à base de lait de soja ; parce que le lait de soja est faible en matière grasse par rapport au lait de vache.

➤ EST

L'analyse de la variance montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les moyennes concernant l'EST des trois yaourts ($p = 0$).

Les résultats de test de NEWMAN-KEULS au seuil de signification de 5% sont représentés dans la figure n°11.

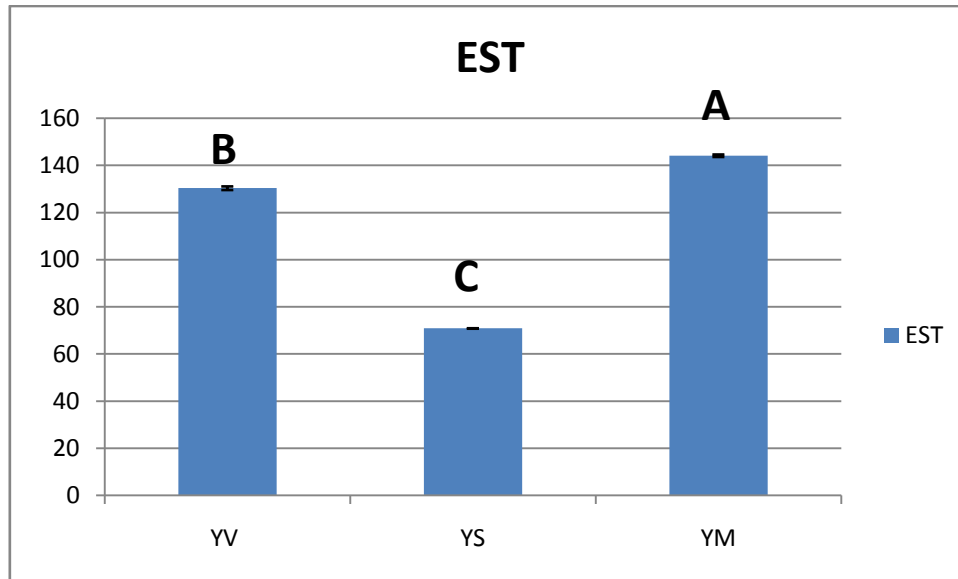


Figure 11: Résultats de comparaison de l'EST des trois yaourts fabriqués.

Cette figure révèle l'existence de trois groupes homogènes A (YM), B (YV) et C (YS).

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par (ASSOUS et BAILECHE, 2013) et (Bokossa, 2011). On constate, que le taux de l'EST des trois yaourts diffère, cela pourrait s'expliquer par la composition initiale des matières premières (YV : 130.33 ± 0.76 , YS : 70.86 ± 0.09 et YM : 144.10 ± 0.52). Comme le montre cet histogramme, le YM a le plus grand EST, c'est dû essentiellement à l'enrichissement du lait de vache par le lait de soja ce qui permet d'augmenter et de concentrer la matière sèche. En effet, selon MIETTON (1986), l'enrichissement du lait de vache provoque une concentration de tous les éléments de sa matière sèche et par conséquent une augmentation de son EST.

➤ ESD

L'analyse de la variance montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les moyennes concernant l'ESD des trois yaourts ($p = 0$). Les résultats de test de NEWMAN-KEULS au seuil de signification de 5% sont représentés dans la figure n°12.

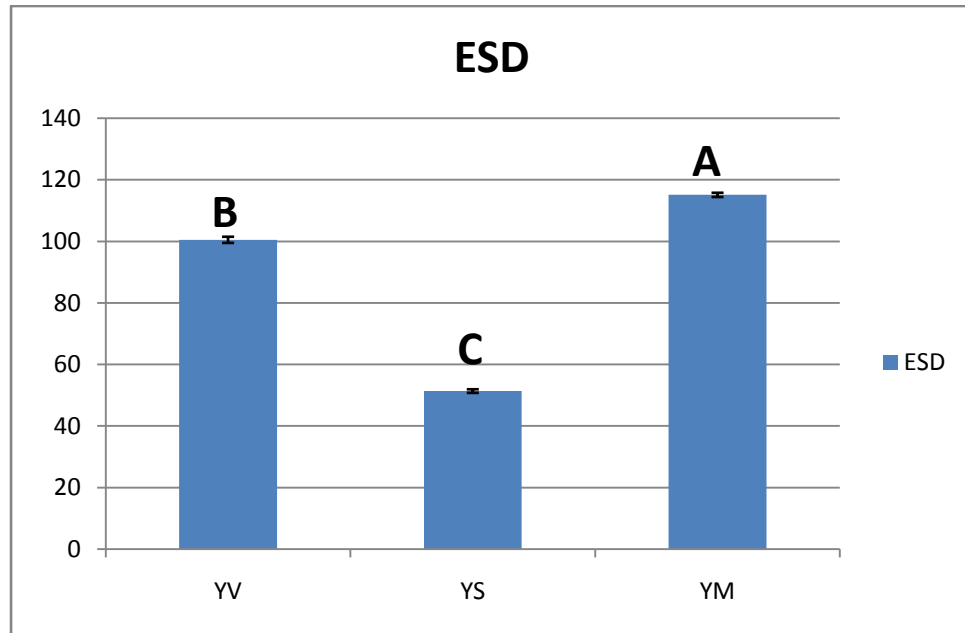


Figure12 : Résultats de comparaison de l'ESD des trois types de yaourts fabriqués.

Cette figure révèle l'existence de trois groupes homogènes A (YM), B (YV) et C (YS). En effet, la différence enregistrée entre l'ESD des trois yaourts, peut être probablement expliquées par la teneur initiale des matières premières en MG et en EST.

Ces résultats se rapprochent des résultats obtenus par (ASSOUS et BAILECHE, 2013) qui sont : (YV : 75.6 ± 1.11 . YS : 51.5 ± 0.04 . YM : 110.6 ± 1.1).

➤ Protéines

L'analyse de la variance montre qu'il existe des différences très hautement significative entre les moyennes concernant le taux de protéines des trois yaourts ($p = 0$). Les résultats de test de NEWMAN-KEULS au seuil de signification de 5% sont représentés dans la figure n°13.

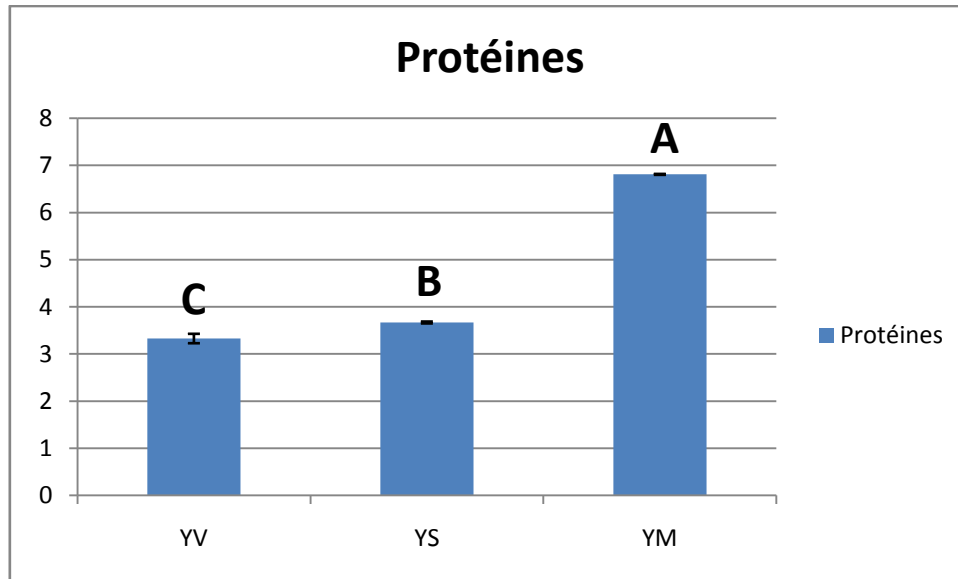


Figure13 : Résultats de comparaison de taux de protéines des trois types de yaourts fabriqués.

Les analyses physico-chimiques effectuées pour les trois yaourts montrent qu'il y a des différences significatives entre les différents paramètres mesurés, donc on a eu recours au test de NEWMAN-KEULS au seuil significatif de 5%. La figure ci-dessus, révèle l'existence de trois groupes homogènes A (YM), B (YS) et C (YV).

Le taux de protéines des trois yaourts diffère (YV : 3.33 ± 0.10 . YS : 3.67 ± 0.02 . YM : 6.81 ± 0.01), le yaourt à base de LM représente le taux le plus élevé par rapport aux autres yaourts. Cela est certainement dû à l'enrichissement de lait de soja par le lait de vache qui a donné un résultat positif. Ce résultat est similaire au résultat obtenu par (ASSOU et BAILECHE, 2013) : YV : 3.1 ± 0.2 . YS : 3.47 ± 0.01 . YM : 6.83 ± 0.01 .

II.5. Analyse sensorielle

Les produits finis utilisés pour le test de dégustation sont illustrés dans la figure 14.



YV

YS

YM

Figure 14 : Photo montrant les trois produits finis utilisés pour le test de dégustation.

Notre analyse sensorielle montre que les préférences des trois types de yaourt produits, diffèrent d'un dégustateur à un autre, en considérant les différents caractères évalués pour chaque yaourt. Les différences sont illustrées dans les secteurs ci-dessous.

➤ Couleur

La figure 15 illustre les résultats du test de dégustation pour la couleur.

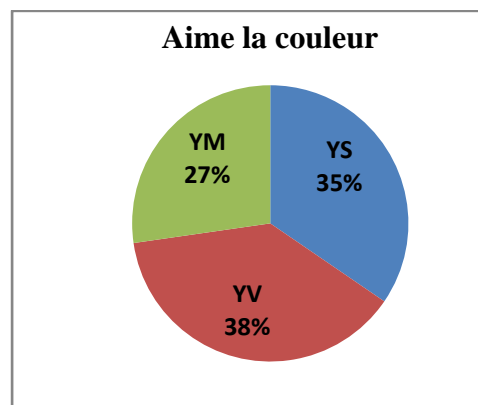


Figure 15: Comparaison de la couleur des trois types de yaourts fabriqués.

Les résultats obtenus montrent que la couleur de nos produits est acceptable. 38% des dégustateurs ont aimé la couleur du YV, suivi par le yaourt à base de lait de soja avec un pourcentage de 35% puis, en dernier 27 % des dégustateurs ont aimé celle du YM.

➤ Odeur/arôme

Les résultats de dégustation concernant l'odeur sont mentionnés dans la figure 16.

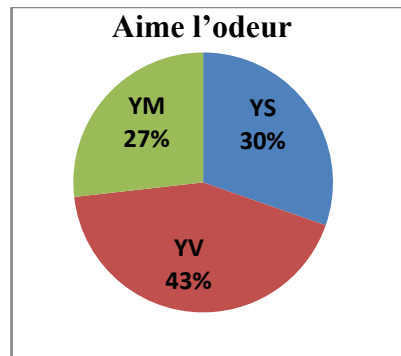


Figure16: comparaison de l'odeur des trois types de yaourts fabriqués.

D'après la figure n°16, il est clair que le YV présente une odeur agréable avec 43% de dégustateurs. En deuxième position c'est le YS qui est jugé acceptable avec 30% de dégustateurs. Et en dernier le YM avec 27% de dégustateurs. Donc nous pouvons conclure que l'arôme ajouté à nos produits confère une bonne odeur, ceci a été confirmé par les dégustateurs.

➤ Goût

Les résultats de dégustation concernant le goût sont mentionnés dans la figure n°16.

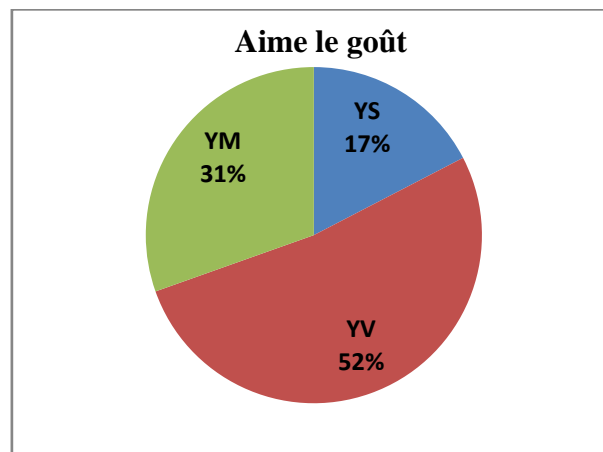


Figure17: comparaison du goût des trois types de yaourts fabriqués.

Concernant le goût, le YV est en première classe avec 52%, suivi du YM avec 31% et en dernier le YS avec 17%. Cela signifie que le mélange entre le lait de vache et le lait de soja donne un goût plus acceptable par rapport au YS. Donc on peut masquer l'arrière goût de lait de soja par l'ajout du lait de vache.

➤ Texture

Les résultats de dégustation concernant la texture sont mentionnés dans la figure n°17.

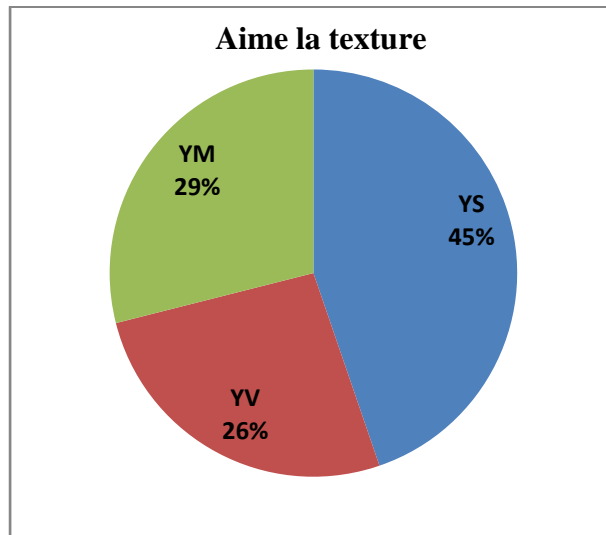


Figure17: comparaison de la texture des trois types de yaourts fabriqués.

D'après ces résultats, 45% des dégustateurs ont apprécié la texture du YS, le YM est classé en deuxième position (29%) et en dernier le YV avec 26%.

Pour ce paramètre, on constate que le YV ne présente pas une texture très bonne. Cela peut être expliqué par le non standardisation du lait de vache utilisé en matière sèche.

En résumé, sur le plan sensoriel, dans l'ensemble on peut dire que les yaourts à base de lait de soja ont été jugés acceptables par les panélistes d'après les résultats obtenus dans le test sensoriel.

Néanmoins, nos résultats ne sont pas très significatifs car les règles de l'analyse sensoriel n'ont pas été entièrement suivies, à savoir : l'entraînement des panélistes de dégustation, etc.

II.6. Résultats de l'évaluation économique des prix des produits finis

➤ **Calcul des frais entrant dans la fabrication**

Les frais entrant dans la fabrication des trois yaourts sont résumés dans le tableau XVII.

Tableau XVII: prix des matières premières

Matières premières	Quantité	Prix
Lait de vache	1 litre	35DA
Lait de soja	1 litre (100g)	10DA
Ferments	0.07g	3DA
Arôme	2 ml	2.2DA
Sucre	120g	10.20DA

- **Frais des matières auxiliaires** : détergents, *CIP*, tenues des ouvriers... : 3.4DA
- **Charges d'exploitations** : électricité, gaz, eau... : 4.9DA
- **Emballage** : slive, bouteille, bouchon... : 13DA

L'estimation du prix des produits finis est résumée dans le tableau XVIII.

Tableau XVIII: Estimation du prix pour un litre de produit fini

Coût des matières premières	Produit fini (prix du revient)	Produit à la sortie d'usine (+1.3DA)	Distributeur (+ 4DA)	Grossiste (+5DA)	Détaillant (+8DA)
Y Vache : 50.4DA	YV : 71.7DA	73DA	77DA	82DA	90 DA
Y Soja : 25.4DA	YS : 46.7DA	48DA	52DA	57DA	65 DA
Y Mélange : 37.9DA	YM : 59.2DA	60.5DA	64.5DA	69.5DA	77.5 DA

- ✓ D'après des responsables, une production locale réduirait à 15 DA le prix de revient d'un kilogramme de soja qui est actuellement au prix de 70 DA (AMARNI, 2015).
- ✓ La standardisation et /ou l'enrichissement des matières premières n'ont pas été pris en compte dans cette estimation.

Conclusion

L'objectif visé par notre étude expérimentale, consiste en un essai de fabrication d'un yaourt brassé selon trois recettes différentes : un yaourt à base de 100% de lait de vache (YV), un yaourt à base de 100% de lait de soja (YS) et un yaourt à base de mélange de lait de vache (50%) et lait de soja de (50%) (YM), préparées dans les mêmes conditions; ensuite, comparer les paramètres physico-chimiques et microbiologiques des produits ainsi obtenus.

L'ensemble des analyses physico-chimiques et microbiologiques, montre la conformité de nos produits aux normes. Ceci témoigne du contrôle rigoureux de toutes les matières premières entrant dans la fabrication des trois types de yaourt, ainsi que le respect du processus de leurs préparations.

De plus, le test sensoriel effectué par l'ensemble de dégustateurs sur les yaourts produits avec les différents types de lait, exprime d'une manière générale une qualité satisfaisante. De ce fait, nous pouvons dire que le lait de soja peut être utilisé dans divers produits laitiers et répondre aux attentes du consommateur.

Une approche économique consistant en une estimation du prix des trois types de yaourt est faite comme complément à notre étude, permettant de conclure qu'il est possible de produire un yaourt brassé aromatisé, par l'utilisation comme ingrédient essentiel du lait de soja, connu pour sa faible valeur marchande tout en gardant ses bienfaits nutritionnels et thérapeutiques avec un prix raisonnable.

A l'issue de cette étude, nous pouvons conclure que l'association des deux laits, offre un produit d'une bonne qualité nutritionnelle et organoleptique, avec des effets thérapeutiques mais aussi un prix de revient intéressant.

Enfin, à la lumière des résultats obtenus, il serait donc intéressant dans un prochain travail, de compléter cette étude par :

- L'utilisation d'un arôme fort et des fruits acides dans la fabrication du yaourt de soja, pourraient être utiles pour masquer l'odeur caractéristique du *tonyu*.
- De diversifier les essais de formulation du yaourt pour améliorer la qualité organoleptique et nutritionnelle.
- L'étude de l'évolution de la stabilité du produit fini sans et avec ajout de conservateurs.
- La réduction d'avantage le prix du yaourt de mélange, par l'utilisation d'un lait recombinaison.

Références bibliographiques

ABSOLONNE J., 1989. Les yaourts : adaptation aux objectifs nutritionnels. Les laits fermentés-actualité de la recherche.135-159 pp.

AFNOR, 1986. Recueil des normes françaises. Lait et produits laitiers. Méthodes d'analyses.

AFNOR, 1996. NF V29-001. Recueil des normes françaises des produits dérivés de fermentation de lait. Ed. AFNOR, p325.

AIT ABDELOUAHAB N., 2001. Microbiologie Alimentaire, Office des Publication Universitaire, Alger.

ALIOUANE et IKHLEF, 2005. Contribution à la formulation d'une boisson à base du soja et de purée de mangue. Thèse Ingénieur., INA 1984. EL Harrach. Algérie.

AMIOT J., FOURNIER S., LEBEUF Y. et SIMPSON R., 2002. Composition, Propriété Physicochimique, Valeur Nutritive, Qualité Technologique et Analyse du lait *In* « Science et Technologie du lait : Transformation du lait ». Coord. CAROLEL., Edition Presses Internationales Polytechniques, Québec.

APFELBAUM M. et ROMON M., 2004. Abrégé Diététique et nutrition. 6^{ème} édition : Masson, Paris : 535p.

BEAL C. et SODINI L., 2003. Fabrication des yaourts et des laits fermentés. Techniques de l'ingénieur.

BEDROUNI S., 2006. Essai de fabrication d'une boisson d'orange au lait de soja et l'étude de ses caractéristiques physico-chimiques et organoleptique à l'unité JUTOP. Blida, p102. Algérie

BERK Z., 1993. Technologie de production de farines alimentaires et de produits protéiques issus du soja. Bulletin des services agricoles de la FAO : 192p.

BERRIM H., 2013. Mise en valeur des huiles de soja. Thèse de Master Académique. Université KASDI MARBAH OURGLA. Algérie.

BOKOSSA Y., TCHEKESSIL P., DOSSOUY M et EGOUNLETY R., 2011. Substitution partielle du lait en poudre par le lait de soja pour la production du yaourt. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin Numéro 69 – Juin 2011.

BOURDIER J.R. et LUQUET F.M., 1981. Dictionnaire laitier. 2^{ème} édition. Ed. Tec et Doc Lavoisier. 93 -121pp.

BOURGEOIS C.M. et LARPENT J.P., 1996. La fermentation alimentaire. Tome 2. Ed : Tec et Doc, Lavoisier-Paris.

BOURGEOIS C.M., MESKE J.F et ZUCCA J. , 1996. Microbiologie Alimentaire ; Aspect de la qualité et de la Sécurité des Aliments, Technique et Documentation, 2^{ème} Edition Lavoisier, Paris.

BOUBECHIR K., 2011. Effet de l'enrichissement et des paramètres et technologiques du yaourt fabriqué à la laiterie Soummam d'Akbou. Thèse de magister. Sciences Biologiques. Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

BOYTE F., 2001. Le tofu international : délicieuses recettes des quatre coins du monde.

BRINK M. et BELAY, G., 2006. Céréales et légumes secs. Volume 1 de ressources végétales de l'Afrique tropicale. Ed. PROTA : 327p.

CAROLE et VIGNOLA L., 2002. Science et technologie du lait. Ecole polytechnique de Monreale.

CASEY R., 1989. Isolation of DNA clone for pea seed lipoxygénase; biochem J. 232 79-85.

CHEFTEL J., CHEFTEL H., 1980. Introduction à la Biochimie et à la Technologie des aliments, Edition Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.

CHEN S., 1989. Preparation of Fluid Soymilk. In Proceedinge ef the World Congress on vegetable Protein Utilization in Human Food and Animal Feedstuffs, edited by T.H. Apple with. AOCS Press, Champaign, Illinios, pp: 341-351.

CHURTLEFF W. et AOYAGI A., 1984. Tofu and soymilk production, the soy foods Center, Lafayette, California.

DESMAZEAUD M J., (1989). Influence des traitements technologique sur les bactéries lactiques. In <<les laits fermentés>>. Eurotext ltd. London.

COURTIN S., MOUT M, 2002. Effect of accelerated natural lactic fermentation of infant food ingredients on some pathogenic microorganisms. *Int. J. Food Microbiol*, 8, pp. 351-361.

DACOSTA Y., 1990. Lait de soja et tofu. Ed Apria/Cdiupa, 102p.

- DEBRY G., 2001.** Lait, nutrition et santé. Ed : Tec et Doc.
- DROUAULT S. et CORTHER G. 2001 .** Effets des bactéries lactiques ingérées avec des laits fermentés sur la santé. *Veres.* 32 :101-117 pp.
- DUDEZ P., 2002.** Transformation des produits laitiers frais à la ferme Ed : Educagri, Dijon.237p.
- DUPIN H. et MICHAUD C., 2000.** Aliment, Alimentation et Santé, Question/Réponse, Edition Technique et Documentation, Lavoisier, Paris.
- FASHAKIN J.B., UNOKIWEDI C., 1992.** Chemical analysis of “warankasi” prepared from cow milk partially substituted with melon milk. *Niger. Food J.* 10: 103-110.
- FAO, 1995.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 271p.
- FAO/OMS, 1985.** Rapport of expert consultation on energy and protéine requirement, Rome.
- FEDJKHI A.2015.** El Watan du 21 Avril 2015 : Production de lait de soja à Bouira. Une première usine en Algérie.
- FERNANDES C. F. et SHAHANI K. M., 1990.** Anticarcinogenic and immunological properties of dietary Lactobacilli. *J. Food Prot.* 8 :704-710 pp.
- FREDOT E., 2005.** Connaissance des Aliments ; Bases Alimentaire et Nutritionnelle de la diététique. 5ème tirage.Ed Tec et Doc.Lavoisier, Paris, P 9 - 11.
- GODON B., 1996.** Protéines végétales. Ed ; Tec et Doc-Lavoisier, Paris.p703-711.
- GOSTA, 1995.** Lait long conservation. In manuel de transformation du lait. Ed : Tétra Packs Processing Systems A.B, Sweden.442p.
- GUIRAUD J., 1998.** Microbiologie Alimentaire, Edition Dunod, Paris.652 P.
- HERREROS.M., 2005 et VEISSEYRE, R., 1979 :** Technologie du lait : Constitution, Recolte, Traitement et Transformation du lait, 3e edition, La maison Rustique, Paris, France, 714 p.
- J.O.R.A N°69, 1993.** Journal Officiel de la République Algérienne, lait et produits laitiers.
- J.O.R.A N°35, 1998.** Journal Officiel de la République Algérienne, lait et produits laitiers.

- JIMOH et KOLAPO., 2007.** Effect of different stabilizers on acceptability and shelf-stability of soy-yogurt. African Journal Of Biotechnology, Vol. 6(8), 1000-1003.
- LAMONTAGNE, 2002.** Produits laitiers fermentés. In « Science et technologie du lait : transformation du lait ». chapitre8. Coord Vignola C.L, éd Presses internationales.
- LARPENT et BOURGEOIS C.M., 1989.** Les bactéries lactiques, Les microorganismes de fermentations.
- LEMENS., 1985.** Le lait de chèvre, propriétés physico-chimiques, nutritionnelle In « lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre ». Coord Luquet F.M. Ed : Tec et Doc. Lavoisier, Paris,p. 349-369.
- LUQUET F.M., 1985.** Lait et produits laitiers ; Vache Brebis et Chèvre, Edition Techniques et Documentation, Lavoisier.Paris, France, P 61-233.
- MAHAUT M., 2000.** Les produits industriels laitiers. Ed. Tec et Doc Lavoisier.26-40pp
- MARTEAU PH., POCHART PH., BOUHNİK Y. et RAMBEAU. 1994.** Survie et effets de lactobacilles acidophiles et bifidobactéries des produits laitiers fermentés dans le tube digestif de l'homme. Cahier de la nutrition et de diététique. 321-384 pp.
- MARTIN M., 2002.** Technologie du lait de consommation. Ed. ENILY – Canada Direction Développement Technique.135p.
- MATIEU J., 1998.** Initiation à la Physicochimie du lait, Guide Technologique des IAA Collection sous la direction de J.Y Malgeant. P 1 – 6.
- MATINE M., 2000.** Technologie des laits de consommation. Ed : ENILAIT. Canada Direction Développement Technique.135p.
- MIETTON ., 1986.** Utilisation du lait en poudre reconstitué en industrie laitière. E.N.I.R 39800 POLYNY, laboratoire de technologie.
- NICOD H., 1998.** L'organisation pratique de la mesure sensorielle. In évaluation sensorielle « manuel méthodologique ». ed. Tec et Doc – Lavoisier, Paris, p : 46-85.
- OTENG K., 1984.** Microbiologie Alimentaire, Introduction à la microbiologie alimentaire dans les pays chauds, 1^{ère} édition, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 260p.

Roussel M., 2005. De l'aliment au complément alimentaire, les miracles du soja. Alpen Editions.

ROUSSEL M., 2006. Les miracles du soja : manger un peu de soja tous les jours éloigne les maladies pour toujours. Ed.Alpen Edition s.a.m : 95p.

SALOFF-COSTE C. J., 1995. Yoghurt as a calcium source. Danone world newsletter. N°4. 1-12 pp.

SCHMIDT J L., TOURNEUR C. et LENOIR J., 1994. Fonction et choix des bactéries lactiques en technologie laitière. In. «Bactéries lactiques». Tome II. Ed. Loriga. 37-54 pp.

SHAHANI K M. et CHANDAN R C., 1979. Nutritional and healthful aspects of cultured and heat containing dairy food. Dairy sci. 62 (10). 1685-1694 pp.

STEPA R., 2003. Manuelle d'instruction pour la production de soy jus avec le dispositif soy magic 60.

TAMIM A.Y. and ROBINSON R.K., 1999. Yagourt science and technology.2nd Ed. Combridge: Woodhead Publishing.

THURIAUX P., 2004. Les Organismes Modèles ; Les Levures, Edition Belin.

TU VIET PHU., 2012. "Pour moi, le gout du soja n'est pas une barrière à la consommation. Et pour vous ?" : Thèse de doctorat. Sciences de l'Alimentation. Université de BOURGOGNE INSTITUT POLYTECHNIQUE DE HANOI. France .

VIRLIGN E. 2001., Aliment et boisson ; Technologie et Aspects Réglementaires, Science des Aliment, 2^{ème} Edition Science et techniques, Doin, Paris, France.

VIGNOLA L., 2002 . Science et Technologie du lait, Edition Polytechnique, Canada.

YAKHLEE H., MADANI T., GHOZLANE F. et BIR B., 2010. Rôle du matériel animal et de l'environnement dans l'orientation des Systems d'élevages bovins en Algérie ; *in* : « la filière lait en Algérie ». Communication aux 8^{èmes} journées des Sciences Vétérinaires, 18 et 19 avril. Ecole National Supérieure Vétérinaire d'Alger.

WILKENS W., MATRICK B., HAND S., 1967: Effect of processing method on oxidative off-flavours of soybean milk. Food Technol. 21:1630-1633.

Références électroniques

AMARNI B., 2015. Les possibilités de produire le soja en Algérie existent.

[http://www. Djazairss.com](http://www.Djazairss.com)

Anonyme₁, 2013. Valeur nutritionnelle du *Tonyu*.<http://www.santé-vivant.fr>

Anonyme₂, 2013. Soja 2013: <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr>

Anonyme₃, 2014. Consommation du lait dans le monde, Devenir du lait entre 2007 et 2020

[http : www.idele.fr](http://www.idele.fr)

Anonyme₄, 2010. Conseil et confirmation santé relations humaines.

<http://www.santé-vivante.fr>

Anonyme₅, 2013. Photo lait de soja. <http://www.al.godsdirectcontact.org>

Anonyme₆, 1989. Reglementation tonyu, Codex Alimentarius

<http://www.FAO/OMS.com>

Anonyme₇, 2015. Photos graine de soja. <http://www.soyinfocenter.com>

Anonyme₈, 2014. Consommation du yaourt dans le monde. <http://www.Franceagrimer.fr>

Annexes

Annexe 1 : Réactifs, milieux de cultures, appareillage et petit matériel**Tableau 1 : liste des réactifs et milieux de culture utilisés**

Réactifs	Milieux de culture
Alcool iso amylique	Bouillon d'eau peptonée tamponnée (EPT)
Acide sulfurique	OGA
Acide phosphorique	PCA
Bleu de coomassi	VRBL
BSA	
Eau distillée	
Ethanol	
Hydroxyde de sodium (NaOH)	
Phénolphtaléine	

Tableau 2: appareillage et matériel utilisés

Appareillage	Petit matériel
Agitateur magnétique	Béchers
Autoclave	Boite de Pétri
Balance analytique	Burette graduée
Bec Bunsen	Eprouvette
Butyromètre de GERBER	Pipettes graduée
Centrifugeuse	Spatules
Dessiccateur	Tissu de filtration
Etuve	Tubes à essais
pH-mètre (LOVIBOND)	
Spectrophotpmètre	
Thermomètre électronique	
Thermo lactodensimètre	

Annexe 2 : Détermination de l'acidité titrable

Solutions

- Solution de phénolphtaléine à 1% ;
- Solution de soude (NaOH 0.111N).

Mode opératoire

Un volume de 10 ml du lait est prélevé comme échantillon. Ajouter 3 à 4 gouttes de phénolphtaléine, puis titrer par la solution de l'hydroxyde de sodium (NaOH 0.1N) jusqu'à l'apparition du virage de la couleur rose pale. Quand la couleur persiste au moins 10 seconde, arrêter l'ajout de la soude et lire la chute de la burette.

Expression des résultats

Le résultat est exprimé en °D : 1 °D correspond à 0,1 g d'acide lactique, elle est donnée par la formule suivante :

$$A (\text{°D}) = V \cdot 10$$

Où :

A (°D) : Acidité titrable en degré Dornic (°D).

V : volume en ml de la solution sodique utilisée pour le titrage.

Annexe 3 : Détermination de la teneur en matière grasse par la méthode acido-butyrométrique de GERBER (1975)

Mode opératoire

- Introduire 10 ml d'acide sulfurique à 1.83 N dans un butyromètre ;
- Ajouter 11 ml du lait cru on le versant sur la paroi du butyromètre ;
- Rajouter 1 ml d'alcool iso-amylque ;
- Boucher le butyromètre avec un bouchon et agiter manuellement le contenu du butyromètre ;
- Mettre le butyromètre dans une centrifugeuse (1200 tours/ seconde pendant 5 minutes).

Expression des résultats

Le plan inférieur de la colonne est ramené en coïncidence avec une graduation par manœuvres du bouchon puis, le résultat est lu directement sur la graduation du butyromètre.

La concentration de la matière grasse est exprimée en g/l.

Annexe 4 : Détermination de l'EST

Mode opératoire

- Dans une capsule séchée et tarée, peser 5g d'échantillon pour l'analyser ;
- Placer la capsule dans l'étuve à 103°C pendant 5 heures ;

La matière sèche exprimée en grammes par litre de lait est égale à :

$$(M1 - M0).100/5g/l$$

M0 : est la masse en grammes de la capsule vide.

M1 : est la masse en grammes de la capsule et du résidu après dessiccation et refroidissement.

Annexe 5 : Dosage des protéines par la méthode de Bradford (1976)

Cette méthode est basée sur l'utilisation du réactif de bleu de coomassie pour la détection colorimétrique rapide et la quantification des protéines totales

Principe

Le bleu de coomassie G-250 se lie aux protéines, avec changement de couleur du rouge-marron au bleu et l'absorption maximum se situe entre 465 et 595nm. L'absorption est proportionnelle à la concentration en protéines de l'échantillon. La méthode de Bradford est basée sur les propriétés amphotères des protéines. Lorsqu'une solution contenant des protéines est acidifiée un pH inférieur à son pHi, des liaisons électrostatiques s'établissent entre le colorant chargé négativement et les protéines portants des charges positives sur les résidus d'acides aminés. Dans cette méthode, le colorant lié à la protéine varie en absorption par rapport au colorant non lié. En absence de protéines, la couleur du réactif seul est marron.

Le dosage des protéines totales par le bleu de coomassie a l'avantage d'être rapide, sensible et plus facile à réaliser. En outre, le dosage est effectué à la température ambiante et aucun équipement spécial, à l'exception d'un spectrophotomètre, est requis. En bref,

l'échantillon est ajouté au réactif prêt à l'emploi et, après une courte incubation, la couleur bleue obtenue est mesurée à 595nm en fonction de l'eau désionisée.

Le colorant bleu de coomassie (Bradford) a l'avantage d'être compatible avec la plupart des sels, des solvants, des tampons, des thiols, des substances réductrices, et des agents chélateurs de métaux rencontrés dans les échantillons de protéines excepté les détergents.

Matériel et réactifs

- Solution étalon de protéine : solution mère BSA à 1mg/ 10ml ;

Le sérum albumine bovine (BSA) est souvent utilisé comme étalon car elle a une plus grande capacité de fixation que la plupart des protéines.

- Peser 1mg de BSA dans 10ml de solution saline à 0.9% contenant 0.05% d'azoture de sodium. Utilisable jusqu'à un six à 4°C ;
- Préparer une série de dilutions à partir de la solution mère de protéines 0.1 mg / ml de BSA) avec le tampon pour couvrir la gamme de 0 - 100µg /ml

Préparation de réactif de Bradford

Peser 10mg du bleu de coomassie G250, les déposés dans un Becher de 250ml, dissoudre le colorant dans 2.5ml d'éthanol, ajouter de l'Eau Distillée à la solution d'éthanol jusqu'à 80ml. Bien mélanger, ajouter lentement l'acide phosphorique (10ml) à la formulation et compléter le volume final à 100ml avec de l'eau distillée (après avoir transvasé vers une fiole jaugée de 100ml), filtrer le réactif à travers du papier Whatman n° 2. Stocker jusqu'à 1mois à température ambiante dans un récipient en verre.

Gamme étalon

A partir de la solution de BSA, des dilutions sont préparées suivant le tableau ci-dessous

Concentration en BSA µg/ml	0	10	25	50	75	100
Solution mère de BSA (µl)	0	100	250	500	750	1000
Eau distillée (µl)	1000	900	750	500	250	0

Annexe 6 : fiche d'appréciation pour le test de dégustation (**Analyse sensorielle**)

Test des consommateurs

Code : 3105 – 0201- 2908

Identité

Sexe :

Age :

Veillez donner vos appréciations pour chaque échantillon, en mettant une croix (X) dans la case qui convient.

	Couleur	Odeur	Goût	Texture
J'aime				
Je n'aime pas				

Observation personnelle :

.....

.....

.....

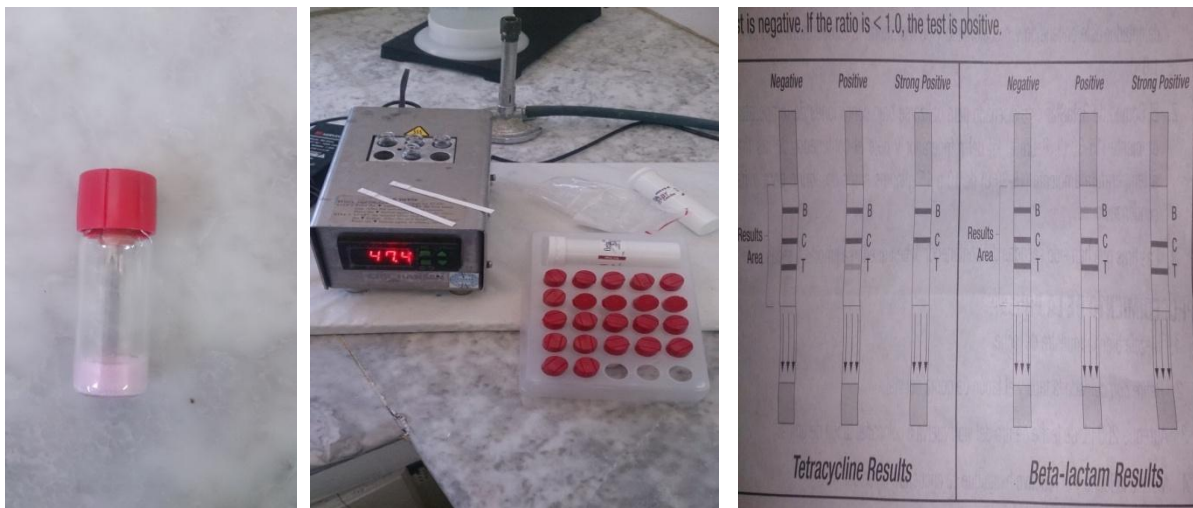
.....

Merci pour votre participation

Annexe 7 :

Mode opératoire

- Retirer du réfrigérateur les petites bouteilles de poudre lyophilisé qui contient des récepteurs actif pour les antibiotiques.
- Prélever 0.3 ml de lait cru à l'aide d'une pipette et le verser dans les petites bouteilles.
- Mélanger l'échantillon et incuber à 47.5°C pendant 3 min.
- Placer une bandelette qui capte les récepteurs d'antibiotiques dans l'échantillon après 1 min d'incubation.
- Après 2 min on retire la bandelette et on interprète les résultats comme suite :



Lecture et expression des résultats

C : est une band de référence.

B : est une bande de confirmation sur la présence de beta lactame.

T : est une bande de confirmation sur la présence de tétracycline.

N.B : dans le cas invalide on doit refaire le test.

Résumé

Dans un contexte mondial caractérisé par une crise alimentaire, se traduisant par la hausse significative des prix des produits de première nécessité ; l'approvisionnement en lait en poudre pour la production du yaourt, est devenu très difficile et peu rentable. Face à toutes ces difficultés, il s'avère nécessaire d'explorer d'autres horizons pour parvenir à une solution acceptable. Il s'impose alors, la recherche d'autres alternatives pouvant remplacer valablement le lait de vache. En effet, un lait d'origine végétale, moins cher ; peut être extrait des graines de soja et d'autres légumineuses et utilisé comme un substitut du lait de vache. De plus, la consommation du soja et de ses dérivés a des vertus thérapeutiques. Par conséquent, la combinaison du lait de vache et du lait de soja dans de très bonnes conditions d'hygiène, peut faire du yaourt, un produit de bonne qualité.

Le présent travail, a pour objectif de réaliser un essai de fabrication d'un yaourt brassé selon trois recettes différentes : un yaourt préparé à partir de 100% de lait de vache (YV), un autre préparé à partir de 100% de lait de soja (YS) et un troisième yaourt, préparé à base de mélange de lait de vache (50%) et de lait de soja (50%) (YM), élaborés dans les mêmes conditions; ensuite, comparer les paramètres physico-chimiques, microbiologiques et sensoriels des produits ainsi obtenus.

Les résultats des analyses physico-chimiques du yaourt à base de lait de soja, ont révélé que son pH est similaire à celui de lait de vache ; par contre, sa teneur en protéines est plus élevée par rapport à ce dernier. Les analyses sensorielles ont démontré des différences d'appréciation entre le yaourt au *tonyu* et le yaourt au lait de vache, concernant leurs qualités organoleptiques. Cependant, la texture du yaourt au lait de soja est plus acceptée par l'ensemble des panélistes.

Enfin, une estimation de prix de nos produits a été réalisée, tout en tenant compte des coûts des matières premières, afin de mieux les situer par rapport aux yaourts commercialisés.

Mots clés : essai de fabrication, yaourt brassé, lait de vache, soja, *tonyu*.