



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur

et de la Recherche Scientifique

Université M'Hamed Bougara Boumerdes

Faculté des Sciences

Département de Biologie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Biologie.

Option : Nutrition et Sciences des aliments

Thème :

**Analyses physico-chimiques et microbiologiques du yaourt
de Boudouaou et son processus de production.**

Présenté par :

M^{elle}BOUZOUIA ASMA

M^{elle}TABTI NABILA

M^F AISSAT IMAD EDDINE

Devant les membres du jury :

Mme YOUYOU. S
Mme SAYAH-SALMI. A
Mme AKMOUCI-TOUMI. S
Mme YAHIAOUI.

Présidente
Promotrice
Co-promotrice
Examinatrice

Année universitaire : 2019/2020

Remerciements

Nous remercions tout d'abord dieu le tout puissant, de m'avoir guidé vers la science et le savoir et de nous avoir donné courage et volonté pour élaborer ce modeste travail.

On tien à exprimer le témoignage de toute notre gratitude et nosremerciements :

A notre promotrice madame AMNA SAYAH pour la qualité de son encadrement, sa constante disponibilité, ses conseils, ses compétences scientifiques, qui nous ont permis d'élargir nos connaissances.

Nos respects et nos chaleureux remerciements

A madame YOUYOU ,Qui nous a fait l'honneur d'accepter de présider le jury d'évaluation dece travail

Merci pour sa disponibilité et son écouteRemerciements distingués

A madame YAHIAOUI ,

Qui nous a fait l'honneur d'accepter d'examiner et d'évaluer ce travail Nos plus sincères remerciements

Aux personnels du laboratoire physicochimique et microbiologique et le service vétérinaire de la Laiterie et Fromagerie de Boudouaou(annexe Rouïba) pour leur aide et leur gentillesse durant notre période de stage.

A toutes celles et ceux qui nous ont soutenues et aidés, de près ou deloin, dans l'élaboration de ce modeste travail.L'expression de notre reconnaissance

Dédicaces

Avec l'aide de dieu le tout puissant, ce travail fut accompli et je le dédie à :

A mon très cher père ALI qui peut être fier de trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Je le remercie d'être pour moi un exemple de persévérance, de foi en l'avenir, et d'ambition.

A ma chère mère FATIHA qui s'est toujours sacrifiée pour mon éducation, qui ma entourée de son amour et de son affection, je la remercie et je n'oublierai jamais son soutien moral dans les moments les plus difficiles, que dieu la protège.

A mon cher mari MOUHAMED et à sa famille.

A ma chère sœur, ZAHRA. A mes chers frères et sons femmes et ces enfants TASNIM, KAOUTHAR et HOUSSEMEET et surtout mon petit frère MOUHAMED DJIHAD. A mes chères cousines SOUAD et HAKIMA.

A toute la famille BOUZOUIA et BOUHADDI A ma très chers amie : HAYET

A mes magnifiques trinômes NABILA et IMMED qui sont partagent tous mes hauts et bas tout le long de mon parcours universitaire, je dis merci beaucoup.

A toute la promotion de contrôle de qualité et nutrition en agroalimentaire 2019-2020 à l'université de Boumerdes. A tous ceux qui ont croisé de près ou de loin mon chemin et qui m'ont permis d'arriver là où je suis.

ASMA

Dédicace

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

Mes très chers parents : ABDENOUR et NAIMA BENSERADJ pour leurs soutiennent, leurs encouragements, leurs sacrifices, Eux qui m'ont guidé durant toutes mes années d'étude vers le chemin de la réussite « Papa, Maman merci pour tout ».

Mon frère : MOHEMED HANI

Toute la famille AISSAT

Mes très vrais amis : FATEH, KHALED, MOHEMED DJENAN

Mes trinôme ASMA et NABILA qui m'ont aidé de mon parcours universitaire, je dis merci beaucoup

Toute la promotion de science alimentaire 2019/2020

IMAD EDDINE

Dédicace

Je dédie ce travail:

A ma chère mère RAZIKA et mon vrai trésor qui ma entourée avec sa tendresse et qui n'a cessé de prier pour moi.

A mon défunt père BELKACEM , que Dieu ait miséricorde de lui.

A Mes frères ALI,AHMED, LOTFI .

A Mes chères sœur: NADJET, SARAH.

A tous ma famille élargie grands et petits .

A tous ceux qui ont contribué au bon déroulement de ce mémoire.

A ma chère amie: SOUMIA.

Atout mes amies sans exceptions.

A mon homme de ma vie TAREK.

NABILA

LISTE DES ABREVIATIONS

% : Pour Cent.

°C : Degré Celsius.

°D : Degré Dornic.

ABS : Absence.

AFNOR : Agence française de normalisation.

AT : acidité titrable.

CF : Coliformes fécaux.

CT : Coliforme totaux.

DLC : Date limite de consommation.

ESD : Extrait sec dégraissé.

EST : Extrait Sec Total.

FAO : L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

g/l : gramme /litre.

GC : Giolliti Cantonii.

Gram - : Gram Négatif.

Gram+ : Gram Positif.

h : Heure.

H+ : ion d'hydrogène.

ISO : Organisation International de Normalisation.

J : Jour

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

J.O.R.F : Journal Officiel de la République Française.

L : Litre

Lb : *Lactobacillus*

LFB : Laiterie Fromagerie Boudouaou.

MG : Matières grasse.

mg : Milligramme.

min : minute.

MRS : Milieu de Man Rogosa et Sharpe.

M17: Milieu de Tarzagli.

NA : norme algérienne.

LISTE DES ABREVIATIONS

NF : Norme française.

PCA : Plate Count Agar.

pH : Potentiel Hydrogène.

SM : Solution mère.

St : *Streptococcus*.

T : Température.

U.I : Unité Internationale.

UFC/g : unités formant colonies /gramme.

VRBL : gélose Lactosée Biliée au Cristal Violet et au Rouge neutre.

LISTE DES FIGURES

- Figure (01) :** Observation microscopique de bactéries, à l'état frais, contenues dans le yaourt : *Streptococcus thermophilus* (flèche en pointillés) et *Lactobacillus bulgaricus*.....09
- Figure (02) :** *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* colorés au bleu de méthylène et observés au microscope..... 09
- Figure (03) :** Métabolisme complémentaire de *Strptococcus thermophilus* et de *Lactobacillus bulgaricus* dans le lait11
- Figure (04) :** Diagramme de fabrication du yaourt ferme et brasse19
- Figure (05) :** Entrée de la laiterie fromagerie de Boudouaou LFB.....46
- Figure (06) :** Le Logo de la laiterie fromagerie de Boudouaou.....46
- Figure (07) :** Préparation de la solution mère et des dilutions décimales23
- Figure (08) :** Suivi du pH au cours de la consevation du yaourt aromatisé.29

LISTE DES FIGURES

Figure (09) : Suivi de l'évolution du pH au cours du stockage du yaourt aromatisé	29
Figure (10) : Suivi de l'acidité au cours de la conservation du yaourt aromatisé.	30
Figure (11) : Suivi de l'évolution de l'acidité au cours du stockage du yaourt aromatisé	31
Figure (12) : Suivi des paramètres microbiologiques au cours de la conservation du yaourt aromatisé.....	32
Figure (13) : Suivi des paramètres microbiologiques au cours de la conservation du yaourt aromatisé	33
Figure (14) : Suivi de l'évolution de <i>Lb. Bulgaricus</i> dans le yaourt durant son stockage	34
Figure (15) : Suivi de l'évolution de <i>St. Thermophilus</i> dans le yaourt au cours du stockage	34

LISTE DES TABLEAUX

Tableau (I) : Composition chimique du lait de vache
.....04

Tableau (II) : Composition physicochimique du yaourt
.....07

Tableau (III) : Les propriétés nutritionnelles des laits en poudre varient suivant leur type
.....15

Tableau (IV) : Paramètres à prendre en compte lors du refroidissement et du conditionnement.....48

Tableau (V) : Paramètres à prendre en compte lors de l'ajout des ferments.....46

Tableau (VI) : Principaux défauts de gout observés dans les yaourts et leurs causes possibles
.....47et48

Tableau (VII) : Résultats d'analyses physico-chimiques du lait pasteurisé.....27

Tableau (VIII) : Résultats des analyses microbiologiques portant sur les germes de contaminations et les germes pathogènes.....32

Sommaire

LISTE D'ABREVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

PARTIE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

INTRODUCTION.....	01
Chapitre I : Le lait	02
I.1. Définition	02
I.2. Les qualités organoleptiques.....	02
I.3. Composition.....	03
I.4. Importance nutritionnelle.....	05
I.5. Lait fermenté	05
Chapitre II : Le yaourt.....	06
II.1. Historique.....	06
II.2. Définition	06
II.3. Composition biochimique.....	06
II.4. Classification.....	07
II.5. Les bactéries lactiques.....	08
II.5.1. Les caractéristiques.....	08
II.5.2. Intérêts et fonctions.....	09
II.5.3. Comportement associatif des bactéries lactiques.....	10
II.6. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques.....	12
II.7. Technologie du yaourt.....	14
II.7.1. Choix des ferments	14
II.7.2. Les matières premières.....	14
II.7.3. Les étapes de fabrication.....	16

PARTIE 2 : MATERIEL ET METHODES

Chapitre I : Analyse physico-chimique	20
I.1. Préparation des échantillons.....	20
I.2. Détermination du pH	20
I.3. Détermination de la densité.....	20

Sommaire

I.4. Détermination de la matière grasse (MG).....	21
I.5. Détermination de l'extrait sec totale (EST).....	21
I.6. Détermination de l'acidité titrable.....	22
Chapitre II : Analyses microbiologique	22
II.1. Préparation des dilutions.....	23
II.2. Recherches et dénombrements des germes aérobies à 30°C.....	23
II.3. Recherches et dénombrements des coliformes totaux et fécaux.....	24
II.4. Recherche et dénombrements de <i>staphylococcus aureus</i>	25
II.5. Recherche et dénombrements des levures et moisissures	25
II.6. Recherche et dénombrements des salmonelles	26
II.7. Recherche et dénombrements de la flore lactique	26
 PARTIE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION	
Chapitre I : Analyses physico-chimiques du lait de la laiterie de Boudouaou.....	27
Chapitre II : Comparaison des résultats du contrôle de qualité du yaourt à partir de travaux expérimentaux antécédents.....	28
II.1.Suivi des paramètres physico-chimiques.....	28
II.2.Suivi des paramètres microbiologiques.....	32
 CONCLUSION.....	38
 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
 ANNEXES	
 RESUME	

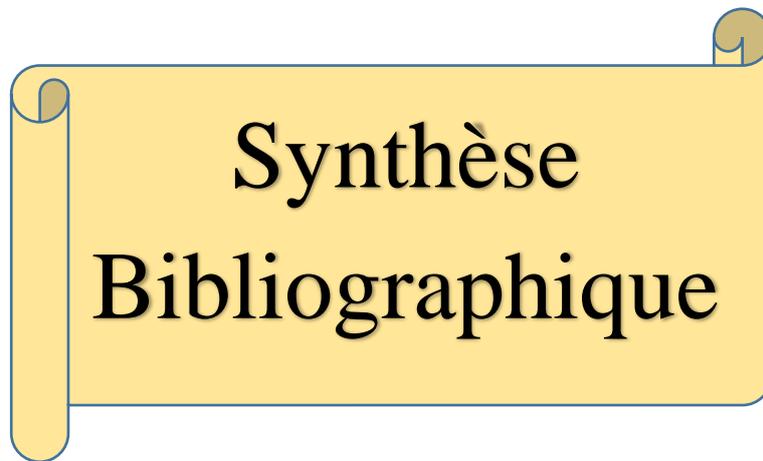
INTRODUCTION

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

Il est bien connu que les produits laitiers frais fermentés, comme le yaourt, sont des aliments de grande consommation dans tous les pays (**Nakasaki et al., 2008**). Le yaourt cette dénomination est réservée au produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de deux bactéries lactiques thermophiles spécifiques (***Lactobacillus bulgaricus et Streptococcus thermophilus***) du lait pasteurisé avec ou sans addition (lait en poudre). Les bactéries dans le produit fini doivent être vivantes et présentes en abondance (**FAO ,1975**). La réglementation française fixe le nombre minimale 10 millions de bactéries par gramme, c'est un produit consommé la plupart du temps comme dessert, très prisé par le monde, car il convient à toutes les tranches d'âge et même chez les sujets intolérants au lactose (**Fizman et al., 1999**).

L'Algérie est considérée comme l'un des grands pays consommateurs en ce qui concerne la filière lait et dérivés (**Sawsan, 2013**). Il est le premier consommateur de lait au Maghreb, avec près de 3 milliards de litres par an (**Kirat, 2007**), qui se justifie par la forte démographie, l'urbanisation et l'amélioration du pouvoir d'achat de la population. La consommation annuelle moyenne de l'algérien en yaourt oscille entre 5 à 6 Kg/an contre 10 Kg/an au Maroc et en Tunisie (**Boubchir-Ladj, 2004**). Cet aliment occupe une place prépondérante dans la ration alimentaire des algériens, il apporte la plus grande part de protéines d'origine animale. Acteur clé de l'industrie agroalimentaire, la filière Lait connaît une croissance annuelle de 8%. Avec un taux de collecte inférieur à 15%, cette filière reste, cependant, fortement dépendante de l'importation de poudre de lait (**Silait, 2008**).

L'objectif de ce travail, est de suivre les différents paramètres physico-chimiques et microbiologiques du yaourt de Boudouaou à différents niveaux de production et au cours du stockage jusqu'à sa DLC afin de connaître l'impact des facteurs technologiques sur la qualité du produit.



**Synthèse
Bibliographique**

Chapitre I : le lait

I.1. Définition

Le **Codex Alimentarius** en 1999, le définit comme étant la sécrétion mammaire normale d'animaux de traite obtenue à partir d'une ou plusieurs traites, sans rien y ajouter ou en soustraire, destiné à la consommation comme lait liquide ou à un traitement ultérieur. Selon **Deforges *et al.*, (1999)**, le lait cru est un lait non chauffé au-delà de 40°C, ni soumis à un traitement non thermique d'effet équivalent notamment du point de vue de la réduction de la concentration en micro-organismes.

I.2. Les qualités organoleptiques

La qualité organoleptique englobe les caractéristiques : couleur, odeur, saveur et flaveur (**Fredot *et al.*, 2005**).

a. Couleur

L'opacité du lait est due à sa teneur en particules suspendues d'une matière grasse, de protéines et de certains minéraux. La couleur varie du blanc au jaune en fonction de la coloration (teneur en carotène) de la matière grasse (**Gosta *et al.*, 1995**).

b. Odeur

La présence de la matière grasse dans le lait, lui confère une odeur caractéristique. Egalement, au cours de sa conservation, le lait présente une odeur aigre due à l'acidification par l'acide lactique formé (**Vierling *et al.*, 1998**).

c. Saveur

Il est difficile de définir cette caractéristique du lait car elle provient de l'association d'éléments ; on retrouve notamment la saveur douce du lactose, la saveur salée du NaCl, la saveur particulière des lécithines qui s'équilibre et qui est atténuée par la masse des protéines. Leur appréciation varie donc grandement selon l'observateur (**Martin *et al.*, 2000**).

d. Flaveur

Résulte d'un équilibre subtil entre de multiples composés : acides, alcools, ester, amines, composés carbonyles et soufré ...etc. En interaction avec une matière lipidique et protéique (**Vierling *et al.*, 1998**).

I.3. Composition du lait

Le lait contient également des anticorps, des hormones et peut parfois contenir des résidus d'antibiotiques (**Vilain *et al.*, 2010**). Il constitue une source nutritionnelle et énergétique importante. En effet, il contient des protéines de haute qualité et des matières grasses. En plus, il peut apporter une contribution significative aux besoins nutritionnels recommandés en calcium, magnésium, sélénium, riboflavine, vitamine B12 et acide pantothénique. L'eau constitue la composante majeure (98%) du lait qui se divise en plusieurs phases, à savoir, une solution varie contenant les sucres, les protéines solubles, les minéraux et les vitamines hydrosolubles ; une solution colloïdale contenant les protéines, en particulier les caséines et une émulsion de matières grasses dans l'eau, le tableau 1 résume les différents constituants du lait (**Alais *et al.*, 2008**).

Tableau (I) : Composition chimique du lait de vache (Alais *et al.*, 2008)

Eléments	Composition(g/l)	Etat physique des composants
Eau	905	Eau libre (solvant) + eau liée 3,7%
Glucides : lactose	49	Solution
Lipides :	35	Emulsion de globules gras (3 à 5µm)
-matière grasse proprement dite	34	
-lécithine (phospholipides)	0,5	
-partie insaponifiable (stérols, carotènes, tocophérols)	0,5	
Protides :	34	Suspension micellaire de phosphatase de calcium
-Caséines	27	
-Protéines solubles (globulines albumine)	5,5	
-Substances azotées non protéique	1,5	
Sels :	9	Solution ou état colloïdale
-acide citrique	2	
-acide phosphorique	2,6	
-acide chlorhydrique	1,7	
Constituants divers : Vitamines, Enzymes, gaz dissout	Traces	
Extrait sec total	92	

I.4. Importance nutritionnelle

Le lait joue, un rôle très important dans l'alimentation Humaine, tant au point de vue calorique que nutritionnel. Un litre de lait correspond à une valeur d'environ 750 Kcal facilement utilisables. Comparativement aux autres aliments, il constitue un élément de haute valeur nutritionnelle. (**Leroy et al., 1965**). Il est également une excellente source de minéraux intervenant dans divers métabolismes Humains notamment comme cofacteurs et régulateurs d'enzymes. Le lait assure aussi un apport non négligeable en vitamines connues comme Vitamines A, D, E (liposolubles) et Vitamines B1, B2, B3 (hydrosolubles). Il est néanmoins pauvre en fer et en cuivre et il est dépourvu de fibres (**Cheftel et al., 1996**).

I. 5. Lait fermenté

Un lait fermenté est obtenu par la fermentation du lait, lequel peut avoir été fabriqué à base de produits obtenus à partir de lait avec ou sans modification de sa composition, par l'action de micro-organismes appropriés et résultant dans la réduction du pH avec ou sans coagulation (Précipitation isoélectrique). Ces ferments doivent être viables, actifs et abondants dans le produit à la date de durabilité minimale (**Codex Alimentarius et al., 1975**). Parmi le lait fermenté, nous avons le yaourt. L'originalité du yaourt réside dans l'addition d'un couple de bactéries lactiques à savoir *Streptococcus salivarius thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii bulgaricus* (**Hermier et al., 1990**). Ces deux espèces vivent ensemble en symbiose en produisant de l'acide lactique (**Lemoinnier et al., 1997**). Elles doivent être vivantes dans le produit fini, à raison d'au moins 10 millions de bactéries par gramme jusqu'à la date limite de consommation (DLC) (**Savadogo et al., 2011**).

Chapitre II : Le yaourt

II.1. Historique

Originaire d'Asie, le mot yaourt (yoghourt ou yogourt) vient de « yoghurmark », mot turc signifiant « épaissir » (**Tamime et al., 1980**). Dans le sillage des découvertes de Louis Pasteur sur la fermentation lactique, de nombreux chercheurs s'intéressent aux micro-organismes présents dans le lait. En **1902**, **Ris et al.**, deux médecins français, isolent les bactéries présentes dans un lait fermenté égyptien. **Metchnikoff (1845-1916)** isole ensuite la bactérie spécifique du yaourt « le bacille bulgare », analyse l'action acidifiante du lait caillé et suggère une méthode de production sûre et régulière (**Rousseau et al., 2005**). De nombreux autres produits sont arrivés par la suite sur le marché : laits fermentés probiotiques, laits fermentés de longue conservation (pasteurisés, UHT, lyophilisés ou séchés) et produits « plaisirs » (à boire, pétillants ou glacés). Traditionnellement, c'est le yaourt dit « nature » et ferme qui constituait l'essentiel des productions de laits fermentés. Dans les années 1960-1970, sont apparus les produits sucrés puis aromatisés et aux fruits. Actuellement, ils sont majoritaires sur le marché. L'apparition du yaourt brassé a constitué une autre étape importante de la commercialisation des laits fermentés. En outre, le développement commercial des produits probiotiques est important et correspond à une demande du consommateur (**Brule et al., 2003**).

II.2. Définition

Le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* à partir du lait pasteurisé, concentré, partiellement écrémé enrichi en extrait sec. Les bactéries dans le produit fini doivent être vivantes et présentes en abondance. Plus précisément, la réglementation française fixe la quantité minimum à 10⁷ bactéries/g de produit (**HAL et al., 1997**). La quantité d'acide lactique libre contenue dans le yaourt ou yoghurt ne doit pas être inférieure à 0,7 gramme pour 100 grammes lors de la vente au consommateur ». (**Codex Alimentarius [norme n°A-11 (1975)]** et la législation française [**Décret n°88-1203 du 30 décembre (1988)** relatif aux laits fermentés et au yaourt ou yoghurt]).

II.3. Composition biochimique

La composition physicochimique d'un pot de yaourt est présentée dans le tableau II.

Tableau (II) : Composition physicochimique du yaourt (Laurence *et al.*, 2004).

Composition	Teneur
Eau	88%
Calcium	155-200 mg (17 à 24%)
Protéines	4%
Lipides	0-4g
Cholestérol	15mg
Glucides	5-18%
Lactose	3%
Teneur en matière sèche laitière	10-16%

II.4. Classification du yaourt

Il existe une très grande variété de yaourts qui diffèrent par leur composition chimique, leur technologie de fabrication et leur saveur (Tamime *et al.*, 2006).

a. Selon l'appellation

Différentes sortes de yaourt sont trouvés sur le marché selon leurs teneurs en matière grasse, leur goût ou leur texture. Selon la teneur en matière grasse on distingue les yaourts maigres (moins de 1 % de matière grasse), les yaourts naturels (1 % de matière grasse), les yaourts au lait entier (3,5 % de matière grasse). Selon leur goût il existe les yaourts nature (sans addition) ; les yaourts sucrés ; les yaourts aux fruits, au miel, à la confiture (moins de 30 % d'éléments ajoutés) et les yaourts aromatisés (aux arômes naturels ou de synthèse autorisés par la législation).

b. Selon les consistances

Selon Lamontagne *et al.*, (2002), les yaourts peuvent être classés en plusieurs types :

- 1- Type ferme, dont la fermentation se fait en pots, ce sont généralement des yaourts naturels et aromatisés.
- 2- Type brassé, dont la fermentation se fait en cuves avant le conditionnement, ce sont généralement des yaourts brassés naturels et aux fruits.
- 3- Type à boire, dont leur texture est liquide similaire au type brassé mais le coagulum est réduit à l'état liquide.

II.5. Les bactéries lactiques

Les bactéries lactiques sont des bactéries à Gram positif regroupant douze genres dont les plus étudiés sont *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus* et *Pediococcus*. Ces bactéries peuvent avoir des formes en bâtonnet ou en coques, sont immobiles et ne sporulent pas. Elles ont également un métabolisme aérobie facultatif et ne produisent pas de catalase. Les bactéries lactiques ont en commun la capacité de fermenter les sucres en acide lactique (**Pissang et al., 1992**). (Voir figure 01 et 02)

II.5.1. Les caractéristiques

Les deux bactéries utilisées dans la préparation de yaourt, ont pour rôle principale d'abaisser le pH du lait au point isoélectrique de la caséine (pH 4,6) de façon à former un gel. Outre le goût acidulé qu'elles donnent au gel, elles assurent une saveur caractéristique due à la production des composés aromatiques et à la production de polysaccharides (**Sodini et al., 2012**).

a. *Streptococcus thermophilus*

Est une cocci Gram +, anaérobie facultatif, immobile et thermorésistante. Elle est trouvée dans les laits fermentés et les fromages (**Roussel et al., 1994**). C'est une bactérie dépourvue d'antigène de groupe D (**Dellaglio et al., 1994**). Elle est sensible au bleu de méthylène (0,1%) et aux antibiotiques. Elle est aussi résistante au chauffage à 60°C pendant 30 minutes (**Dellaglio et al., 1994**). Sa température optimale de croissance varie entre 40 et 50°C. Son métabolisme est de type homofermentaire (**Lamoureux et al., 2000**). Le rôle principal de *Streptococcus thermophilus* est la fermentation du lactose en acide lactique. En plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de la texture du lait fermenté. Elle augmente la viscosité du lait par la production de polysaccharides (**Bergamaier et al., 2002**).

b. *Lactobacillus bulgaricus*

Un bacille GRAM positif, immobile, sporulé, micro-aérophile. Il est isolé sous forme de bâtonnets ou de chaînettes. Il possède un métabolisme strictement fermentaire avec production exclusive d'acide lactique comme principal produit final à partir des hexoses de sucres par voie d'Embden Meyerhof. Il est incapable de fermenter les pentoses. *Lb. bulgaricus* est une bactérie thermophile, très exigeante en calcium et en magnésium et sa température optimale de croissance est d'environ 42 °C. Cette bactérie a un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptiques et hygiéniques du yaourt (**Marty-Teyssset et al., 2000**).

PARTIE 1

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Ces deux bactéries lactiques tolèrent de petites quantités d'oxygène. Ceci peut être probablement relié au peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) qui est produit dans les cellules en présence d'air. Le système le plus efficace pour éliminer le peroxyde d'hydrogène est l'utilisation d'une enzyme, la catalase, dont les bactéries lactiques sont déficientes. Ces dernières possèdent plutôt une peroxydase (pseudo catalase) qui est moins efficace que la catalase. Comme les bactéries lactiques n'éliminent pas facilement le peroxyde, elles sont dites micro aérophiles (**Doleyres et al., 2003**).

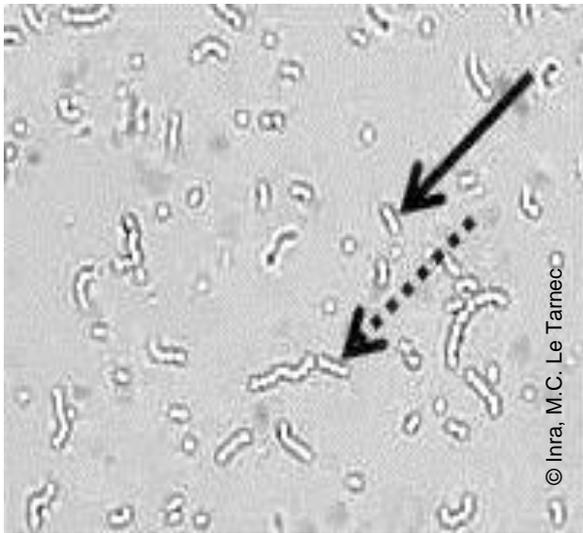


Figure (01): Observation microscopique de bactéries, à l'état frais, contenues dans le yaourt : *Streptococcus thermophilus* (flèche en pointillés) et *Lactobacillus bulgaricus* (flèche pleine) (**Righi et al., 2006**).



Figure (02) : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* colorés au bleu de méthylène et observés au microscope (**Righi et al., 2006**).

II.5.2. Intérêts et fonctions

a. Production de l'acide lactique

La production de l'acide lactique est l'une des principales fonctions des bactéries lactiques en technologie laitière. Cet acide organique permet de conserver et de concentrer la matière sèche du lait, en intervenant comme coagulant et antimicrobien (**Schmidt et al., 1994**). L'importance de l'acide lactique durant la fabrication du yaourt peut se résumer comme suit :

- Il aide à déstabiliser les micelles de la caséine, ce qui conduit à la formation du gel.
- Il donne au yaourt son goût distinct et caractéristique, comme il contribue à la saveur et l'aromatisation du yaourt (**Tamime et al., 1999**).

-Il intervient comme inhibiteur vis-à-vis des microorganismes indésirables (Leory *et al.*, 2002).

b. Production des composantes aromatiques

En plus de la production de l'acide lactique, les bactéries lactiques produisent des composés secondaires tels que le diacétyle, l'acétaldéhyde, l'acétone et la cétoïne, ces composés participent au développement de la saveur et de l'arôme (Lamontagne *et al.*, 2002 ; Sodini *et al.*, 2012).

c. Activité protéolytique

Les bactéries lactiques sont dotées de systèmes de dégradation complexes par leur nature et leur localisation. Elles possèdent des endo-peptidases associées aux enveloppes cellulaires et des exopeptidases liées aux parois, ainsi qu'un équipement intracellulaire comportant lui aussi des aminopeptidases (Lamontagne *et al.*, 2002).

d. Activité lipolytique et estérasique

Les activités lipasiques des bactéries lactiques seraient impliquées dans la production des acides gras de longue chaîne à partir de mono- et diglycérides alors que les activités estérasiques libèrent les acides gras libres (Stead *et al.*, 1986 ; Kamaly *et al.*, 1989).

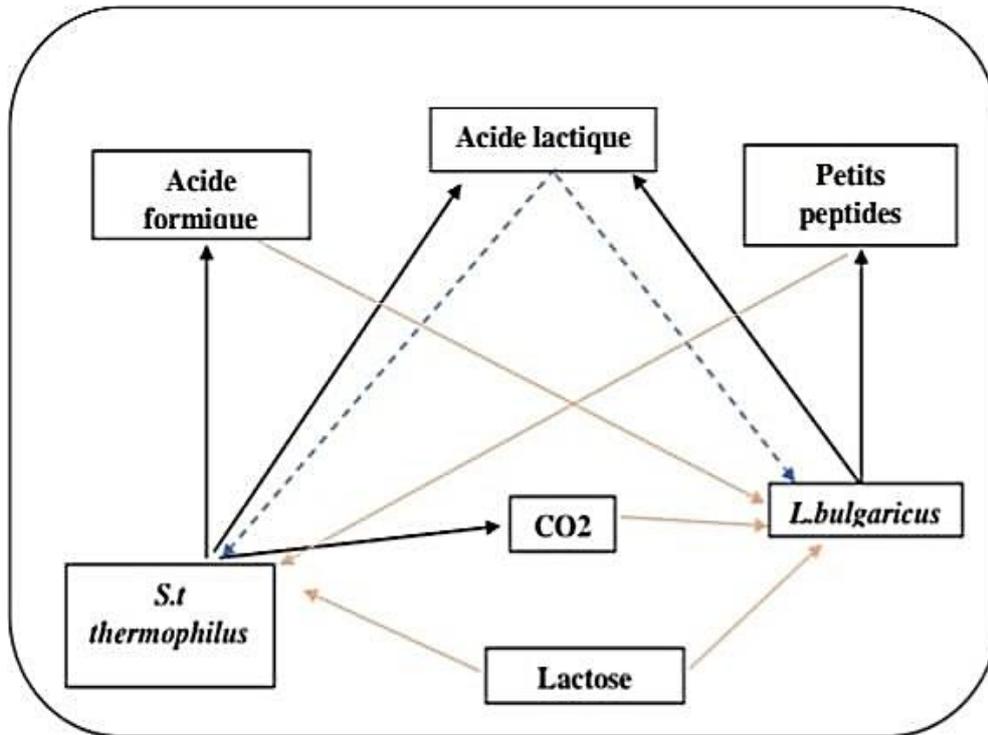
e. Production d'agents texturants

Certaines bactéries lactiques produisent des polysaccharides qui jouent le rôle d'agents de texture et donnent au produit fini des caractères rhéologiques particuliers portant notamment sur la viscosité. Il est couramment admis que dans les laits fermentés, cette fonction est exercée par *Streptococcus thermophilus* (Lamontagne *et al.*, 2002 ; Sodini *et al.*, 2012).

II.5.3. Comportement associatif des bactéries lactiques

La fabrication du yaourt repose sur les interactions prenant place entre les deux espèces de bactéries lactiques, *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. L'association entre ces deux espèces est appelée symbiose (Tamime *et al.*, 1999). *Lactobacillus bulgaricus* présente une activité protéolytique plus élevée que celle de *Streptococcus thermophilus*, ceci permet de libérer des acides aminés et des dipeptides qui stimulent la croissance de *Streptococcus thermophilus* (Courtin *et al.*, 2004). Cette dernière stimule la croissance de *Lactobacillus bulgaricus* par la production de certains métabolites comme l'acide formique, le CO₂, l'acide pyruvique et l'acide folique (Perez *et al.*, 1991). Certains facteurs sont impliqués dans la régulation de cette association à savoir la

présence de l'acide lactique, considéré comme un facteur déterminant du rapport entre les deux espèces. En effet, l'acidité du milieu inhibe la croissance de *Streptococcus thermophilus* alors que la croissance de *Lactobacillus bulgaricus* ne s'arrête qu'autour de pH égal à 4,40 (Courtin *et al.*, 2004). D'un point de vue nutritionnel, l'activité fermentaire de ces espèces favorise une solubilisation des différents constituants du lait, améliorant ainsi leur biodisponibilité (Ngounou *et al.*, 2003 ; Lee *et al.*, 2010). (Voir figure 03)



(Driessen, 1982)

- Production
- Stimulation
- - -→ Inhibition

Figure (03) : Métabolisme complémentaire de *Strptococcus thermophilus* et de *Lactobacillus bulgaricus* dans le lait. (Driessen *et al.*, 1982)

II.6. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques

Les produits laitiers fermentés sont reconnus comme une source importante de protéines, vitamines, calcium... Les avantages nutritionnels concernent l'amélioration de la digestibilité des protéines et de la matière grasse, suite à libération des acides aminés et des acides gras par les bactéries lactiques (**Breslaw *et al.*, 1973**).

a. Amélioration de la digestibilité des protéines

Le yaourt est deux fois plus digestif que le lait et contient deux fois plus d'acides aminés libres (**Breslaw *et al.*, 1973**). Cette propriété résulte du traitement thermique et de l'activité protéolytique des bactéries lactiques (**Mahaut *et al.*, 2000**).

b. Amélioration de la digestibilité des matières grasses

Bien que l'activité lipolytique des bactéries lactiques soit peu élevée, il y a une augmentation significative de la teneur en acide gras dans le yaourt. De plus, l'homogénéisation améliore la digestibilité en augmentant la surface des globules gras (**Jeantet *et al.*, 2008**).

c. Action sur les vitamines

L'évolution des vitamines au cours de la fabrication et de la conservation de yaourt dépend de la nature de chacune d'entre-elles et des traitements technologiques mis en œuvre. Certaines vitamines sont synthétisées au cours de la fermentation de yaourt. Par exemple, certaines vitamines de groupe B sont consommées par les *Lactobacillus bulgaricus*, tandis qu'elles sont synthétisées par *Streptococcus thermophilus* (**Favier *et al.*, 1991**).

d. Amélioration de l'absorption du lactose

La présence de bactéries lactiques vivantes dans le yaourt permet une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactase (**Roissart *et al.*, 1994**). Les ferments lactiques synthétisent la β -galactosidase capable d'hydrolyser le lactose, cette enzyme serait libérée dans l'intestin grêle et garderait une activité permettant l'hydrolyse du lactose pendant au moins deux heures (**Jeantet *et al.*, 2008**).

e. Activité antimicrobienne

Le yaourt joue un rôle préventif contre les infections gastro-intestinales. Son intérêt est dû aux bactéries lactiques qui 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 inhibant le développement de microorganismes pathogènes (**Jeantet *et al.*, 2008**). En plus de l'acide lactique, les bactéries lactiques ont la capacité de synthétiser d'autres métabolites notamment le peroxyde d'hydrogène, le diacétyle et les bactériocines (**Ababsa *et al.*, 2012**), elles jouent le rôle de bioconservation du produit (**Mahaut *et al.*, 2000**).

f. Stimulation de système immunitaire

Le yaourt a un effet immunorégulateur, qui permet d'augmenter la production d'interférons et d'immunoglobulines et d'exciter l'activité des lymphocytes B, cette effet est attribué à *Lactobacillus bulgaricus* (**Mahaut *et al.*, 2000**). Les bactéries lactiques favoriseraient selon des études, la production d'anticorps et de cytokines, qui protègent contre les agents pathogènes présents dans le tube digestif (**Van de water *et al.*, 1999**).

g. Action préventive contre les cancers de la sphère digestive

Les lactobacilles modifieraient les enzymes bactériennes à l'origine des carcinogènes (inducteurs du cancer) dans le tube digestif, inhibant ainsi la formation de ces substances précancéreuses (**Jeantet *et al.*, 2008**).

h. Activité anti-cholestérolémiant

La consommation de yaourt permet de prévenir les maladies coronariennes et serait plus efficace que le lait, pour maintenir une cholestérolémie basse (**Mahaut *et al.*, 2000**). Le taux élevé de cholestérol dans le plasma est souvent associé à l'apparition de maladies cardio-vasculaires. Il a été rapporté que le taux de cholestérol sérique diminue suite à la consommation de produits laitiers fermentés, malgré un apport alimentaire important en cholestérol (**Jeantet *et al.*, 2008**).

II.7 Technologie du yaourt

II.7.1. Choix des ferments

Les critères de sélection des bactéries lactiques sont avant tout des critères d'aptitude technologique :

- L'activité acidifiante ;
- La production d'exopolysaccharides ;
- La protéolyse ;
- La production d'arômes (**Luquet *et al.*, 2008**).

II.7.2. Les matières premières

a. Le lait frais

La principale matière pour la fabrication des yaourts est le lait de vache. Il est constitué d'environ 88% d'eau et de 12% de matière sèche contenant des glucides, des protéines, des lipides et des minéraux (**Amellal-Chibane *et al.*, 2008**).

b. La poudre de lait

Pour augmenter l'extrait sec du lait on peut procéder de diverses manières, les deux couramment utilisées sont l'adjonction de poudre de lait ou la concentration. Si l'on utilise de la poudre de lait écrémé, l'adjonction se fait à des taux de 2 à 3 % pour arriver à un ESD final de l'ordre de 12% (**Boudier *et al.*, 1991**). Les poudres de lait sont des produits résultants d'élimination partielle de l'eau du lait. On répartit les poudres de lait en trois groupes : la poudre de lait entier, la poudre de lait partiellement écrémé et la poudre de lait écrémé. Le tableau III montre la composition de la poudre de lait (**Pouliot *et al.*, 2002**).

Tableau (III) : Les propriétés nutritionnelles des laits en poudre varient suivant leur type (**Ndiaye et al., 2002**).

Nature du lait	Lipides (%)	Protéines (%)
Lait entier	26	23
Lait demi-écrémé	9.5	29
Lait écrémé	1	36

L'addition de lait en poudre est la méthode généralement employée pour renforcer l'extrait sec du lait (**Malonga et al., 1985**).

c. L'eau

L'eau est l'une des matières premières de tous les types des produits laitiers reconstitués et recombines. Elle doit être potable, de bonne qualité, dépourvue de microorganismes et d'un niveau de dureté acceptable (**Gosta et al., 1995**).

d. Les additifs du yaourt

L'additif est comme son nom l'exprime, une substance que l'on ajoute à un aliment dont la composition était en elle-même suffisante, mais que l'on complète dans un but de réussir la perfection technologique, organoleptique ou nutritionnelle (**Luquet et al., 1990**). Ces composés comportent du sucre, arômes, épaississants, stabilisants... (**Gosta et al., 1995**). Dans le cas des yaourts brassés sans matière grasse, des agents de texture (épaississants ou gélifiants) sont souvent ajoutés. Ils améliorent l'apparence, la viscosité et la consistance des yaourts. Les additifs les plus fréquemment utilisés sont : la gélatine, les alginates, les celluloses, les amidons, et les pectines (**Amellal-Chibane et al., 2008**).

- Arôme

Selon la norme **iso 5492 : afnor, 2002** « c'est l'ensemble des constituants présents dans les aliments, soit naturellement soit rajoutés, et susceptibles d'être à l'origine de sensations olfactives » (**Salles et al., 2012**).

- Sucre

On entend généralement par « sucre », le sucre blanc de consommation, c'est-à-dire le saccharose qui est un diholoside formé de la combinaison du glucose et du fructose, sa formule chimique est : ($C_{12}H_{22}O_{11}$), extrait à partir de la betterave sucrière ou de la canne à sucre (**Multon *et al.*, 1992**).

e. Protéines et matière grasse

Les protéines ont un rôle déterminant sur la texture et la matière grasse sur les caractéristiques organoleptiques (saveur, arômes). Protéines et matière grasse contribuent également à masquer l'acidité du produit (**Mahaut *et al.*, 2000**).

II.7.3. Etapes de fabrication du yaourt

Les étapes de fabrication du yaourt peuvent différer selon qu'en a affaire à un yaourt « étuvé » dont la fermentation se fait après conditionnement en pot et le yaourt « brassé », dont la fermentation se fait en cuve (**Boubchir-Lad *et al.*, 2004**). Elles sont représentées dans un diagramme (**figure 04**).

a. Reconstitution

En fabrication de yaourt, il est nécessaire de standardiser le lait en matière grasse et de l'enrichir en matière protéique pour répondre aux spécifications nutritionnelles et organoleptiques des produits. Un ajout de sucre est parfois réalisé à ce stade à des fins gustatives (**Luquet *et al.*, 2005**).

Le gras joue un rôle dans la concentration en matière sèches ainsi que dans la qualité organoleptique du produit, car il a un effet sur l'onctuosité et la sensation de douceur en bouche, masque l'acidité et améliore la saveur (**Lamontagne *et al.*, 2002**).

b. Homogénéisation

L'homogénéisation améliore la consistance du lait, accroît sa blancheur et rend les lipides plus digestes. Il donne au lait une saveur et une texture plus douce, plus onctueuse pour la même teneur en matière grasse (**Eck *et al.*, 1997**).

c. Traitement thermique

Après homogénéisation, le lait enrichi subira ensuite un traitement thermique, le plus couramment utilisé est une pasteurisation de 95°C, pendant 5 min (**Luquet *et al.*, 1985**). Ce traitement a pour but :

- De détruire les germes pathogènes et indésirables (bactéries, levures et moisissures) (**Boudier *et al.*, 1990**).

- De favoriser le développement de la flore lactique spécifique (*Streptococcus thermophilus*) par la formation d'acide formique qui est un facteur de croissance (**Mahaut et al., 2000**).
- L'amélioration de la texture de yaourt par la dénaturation de plus de 85% des protéines solubles qui se fixent ainsi sur les molécules de caséines (**Roissart et al., 1994**).

d. Refroidissement

Immédiatement après le traitement thermique, le lait recombinaé est refroidi à une température (45°C) de développement des bactéries lactiques qui ont assurées une bonne fermentation (**Malonga et al., 1985**).

e. Fermentation

Le mélange préparé est ensemencé exclusivement avec les deux bactéries lactiques du yaourt *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*, sous forme lyophilisée et simultanément, pour assurer une bonne acidification (**Boudier et al., 1990 ; Mahaut et al., 2000**).

Au niveau des Tanks de maturation brassé, la fermentation s'effectue à une température 39°C pendant 5 à 6h. C'est au cours de cette étape qu'une partie de lactose se transforme en acide lactique (**Hermier et al., 1996 ; Brule et al., 1997**). (Voir annexe I tableau V)

f. Brassage

Après maturation de produit au niveau de tank de maturation brassé, ce dernier subi un d'écaillage par agitation pendant 10min afin d'assurer une répartition homogène des ferments (Luquet, 1985). Le brassage se réalisé avant le refroidissement, il permet de rendre le caillé plus onctueux par la destruction du gel (**Mahaut et al., 2000**).

g. Arrêt de la fermentation

Se fait par le refroidissement à 4°C (Voir annexe I tableau IV); qu'est une étape critique de la production du yaourt. Il est appliqué dès que le caillé a atteint l'acidité désiré. Son but est de limiter l'activité des levains le plus rapidement possible afin d'éviter une suracidification (**Malonga et al., 1985**).

h. Conditionnement

L'aromatisation se fait par un système de dosage automatique à l'aide d'une pompe doseuse juste avant le conditionnement. Les yaourts sont généralement conditionnés dans des pots en plastiques (**Luquet et al., 1990**). Cette étape assure : Le formage des pots à partir des films d'emballage ; La

stérilisation des pots, le remplissage et le dosage des pots (c'est à ce niveau que se fait l'ajout d'arôme), la fermeture hermétique des pots par thermo-scellage, l'impression et le marquage de la date limite de consommation DLC et la confection des lots (**Luquet *et al.*, 1986**). (Voir annexe I tableau IV)

i. Stockage

Les yaourts sont groupés par lots de vente, ils passent enfin dans les chambres froides de stockage à une température de 4°C (**Roupas *et al.*, 2008**). Le yaourt doit être conservé au frais, sa consommation doit intervenir avant la DLC figurant sur l'emballage. Lorsqu'un récipient est ouvert, il convient de consommer son contenu rapidement pour éviter l'installation des moisissures favorisées par l'acidité (**Tremoliere *et al.*, 1984**). A la fin de la production il peut y avoir des problèmes de gout qui sont dus à plusieurs causes possibles. (Voir annexe I tableau VI).

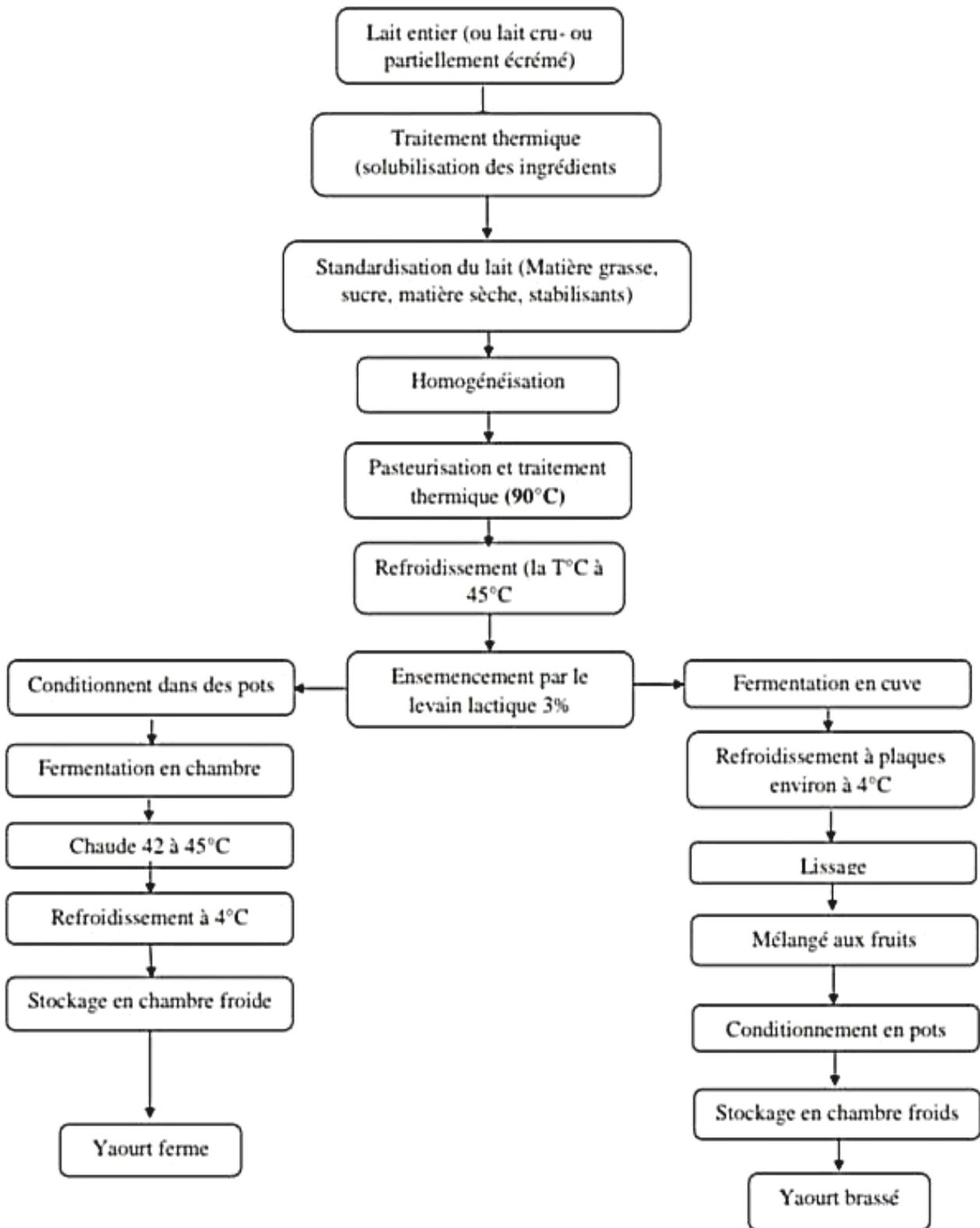
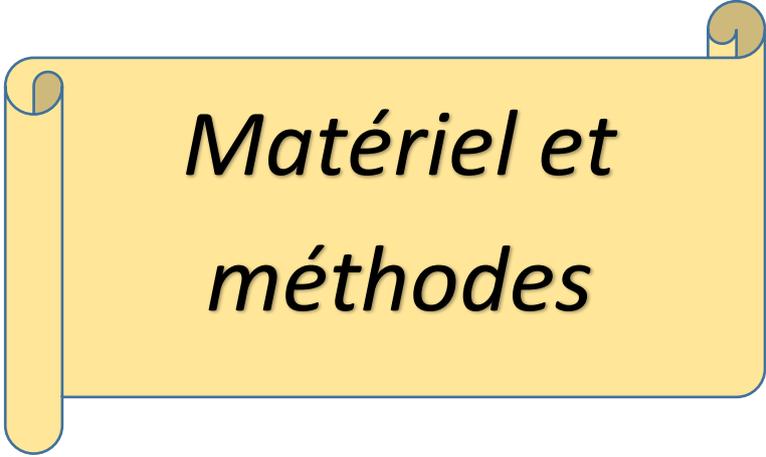


Figure (04) : Diagramme de fabrication du yaourt ferme et brassé (Lmontagne et al.,1999).



*Matériel et
méthodes*

En raison des conditions sanitaires exceptionnels (Pandémie du Corona virus) nous n'avons pas pu réaliser l'expérimentation au laboratoire de la Laiterie Fromagerie de Boudouaou (LFB). Cependant, nous avons assisté à un contrôle de qualité physico-chimique du lait reconstitué de Boudouaou.

I. Analyse physico-chimiques

L'analyse physico-chimique des produits consiste à faire une mesure du volume, de l'acidité titrable, du pH, de l'extrait sec total (EST), de la teneur en matière grasse (MG), et de la densité. Les analyses physico-chimiques du lait ont été effectuées selon les méthodes et les procédures établies par LFB.

I.1 Préparation des échantillons

L'échantillonnage est un point clef de l'obtention de résultats analytiques valides. En effet, sa bonne mise en œuvre permettra d'obtenir une bonne représentativité de l'échantillon prélevé (**Pointurier, 2003**).

Pour l'analyse du lait de Boudouaou, nous avons effectué quatre prélèvements différents, un à chaque fin de la chaîne de production du lait pasteurisée.

I.2 Détermination du pH

Le pH est une mesure quantitative de l'acidité ou de basicité d'une solution, c'est un paramètre qui permet de mesurer la concentration en ions H^+ dans une solution. Il s'agit d'une grandeur sans unité (**Cachau-Herreillat, 2009**).

Principe :

- Introduire l'électrode dans le bécher contenant la poudre de lait reconstituée à analyser dont la température doit être $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- A chaque détermination de pH, retirer l'électrode, rincer avec l'eau stérilisée et sécher.

Expression des résultats : La valeur de pH est indiquée sur le pH-mètre (voir annexe III).

I.3 Détermination de la densité

La densité du lait est une grandeur sans dimension qui désigne le rapport entre la masse d'un volume donné de lait à 20°C et la masse du même volume d'eau (**Pointurier, 2003**).

Expression des résultats : La mesure de la densité se fait par l'utilisation d'un thermo-lactodensimètre qui est muni d'une échelle sur sa partie supérieure indiquant des graduations, Elle est ramenée à 20°C par la formule suivante :

$$\text{Densité corrigée} = \text{densité lue} + 0,2 (\text{température du lait} - 20^{\circ}\text{C})$$

La densité du lait est comprise entre 1029 et 1031.

0.2 : Coefficient empirique.

I.4 Détermination de la matière grasse (MG)

La teneur en matière grasse est déterminée par la méthode acido-butyrométrique de Gerber (**Afnor, 1980**), qui consiste en une attaque du lait par l'acide sulfurique et séparation par centrifugation en présence d'alcool iso amylique de la matière grasse libérée (**Afnor, 1993**).

Principe :

- Introduire 10 ml acide sulfurique dans un butyromètre (voir annexe III).
- Ajoute 1ml d'alcool iso amylique et fermez avec un bouchon.
- Ajoute 11ml du lait a analysé.
- Agiter avec précaution mais rapidement jusqu'à disparition des grumeaux, le remettre à sa position initiale et attendre que l'ampoule soit remplie, retourner et attendre que l'ampoule soit complètement vidée.
- Placée le butyromètre ensuite dans une centrifugeuse (voir annexe III) à une vitesse de 1000 à 1200 tours par minute pendant environ quatre minutes.

Expression des résultats : On observe que la matière grasse se sépare en une couche transparente, lire le niveau le plus bas du ménisque supérieur de la colonne grasse et le niveau du ménisque inférieur de la colonne grasse, les traits gravés sur l'échelle du butyromètre représentent des grammes.

La teneur en matière grasse du lait est exprimée en gramme par litre (g/L).

I.5 Détermination de l'extrait sec totale (EST)

La détermination de l'extrait sec total se fait par deux méthodes :

a. A l'aide d'un appareil nommé <<Dessiccateur>> (voir annexe III).

On place la coupelle dans le dessiccateur, ensuite on pèse 2 à 3 g de lait dans une coupelle jusqu'à l'obtention d'un poids constant pour pouvoir faire la lecture des résultats qui se fait

directement à partir de l'affichage sur le cadran du dessiccateur, la quantité de MG est exprimé en g/l.

b. A partir de la formule de Fleischman :

$$EST = (1-D) \times 2.665 + (M.G \times 1.2)$$

$$ESD = EST - MG$$

EST : Extrait Sec Totale. MG : Matière Grasse.

D : Densité ESD : Extrait sec dégraissé

I.6 Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable du lait représente la quantité d'acide lactique libérée par transformation du lactose en acide lactique en présence des bactéries lactique. On exprime couramment l'acidité du lait en degrés Dornic ($1^{\circ}D = 0,1$ g d'acide lactique par litre de lait) ou en grammes d'acide lactique par litre de lait, l'acidité peut être titrée de façon précise à l'aide de la soude dorique (1/9 N). En présence de phénolphaléine comme indicateur coloré (Guiraud, 2003).

Principe :

- Introduire dans un bécher 10 ml d'échantillon à analyser.
- On ajoute 2 à 3 gouttes de l'indicateur coloré.
- Titrer avec la solution NAOH (1/9 N) jusqu' à l'apparition d'une coloration rose pale.

Expression des Résultat :

$$AT = V \cdot 10 (D^{\circ})$$

AT : acidité titrable

V : volume titré

II. Analyses microbiologique

L'objectif de l'analyse microbiologique est d'une part, la recherche ou la quantification d'un certain nombre de germes indicateurs d'un ou plusieurs problèmes lors du procédé de fabrication ou présentant un danger pour la santé humaine. D'autre part, elle permet l'évaluation de la propreté des surfaces de travail, la bonne hygiène des opérateurs ou encore la qualité de tout ingrédient entrant dans le procédé de fabrication. C'est donc l'analyse microbiologique qui

permettra de vérifier que le produit ne présente pas de risque pour la santé du consommateur lors de sa mise sur le marché. (Guiraud, 2003).

II.1 Préparation des dilutions

Pour la préparation de la solution mère (SM), 1 ml de l'échantillon est additionné à 9 ml d'eau physiologique, homogénéisée par agitation et laissée reposer. La préparation des dilutions décimales se fait à partir de la SM qui est la dilution 10^{-1} . Transférer 1 ml de la SM dans un tube

De 9 ml d'eau physiologique pour obtenir la dilution 10^{-2} , on refait la même procédure à partir de la dilution 10^{-2} pour obtenir la dilution 10^{-3} , et ainsi de suite.

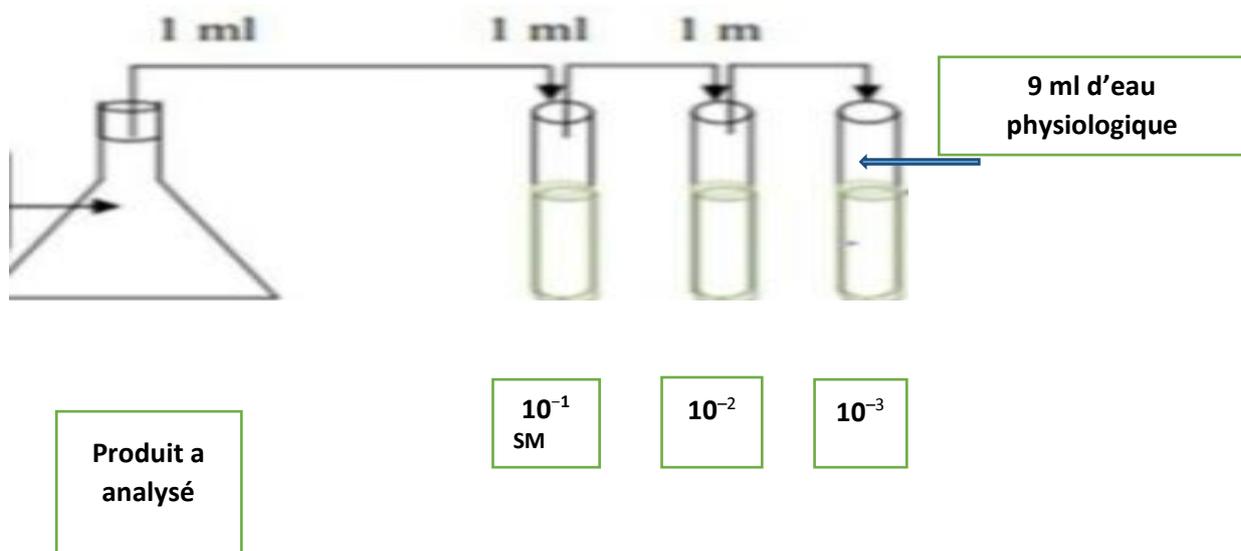


Figure (07) : Préparation de la solution mère et des dilutions décimales (Foudil A *et al.*, 2018).

II.2 Recherches et dénombrements des germes aérobies à 30°C (ou flore totale)

La flore aérobie mésophile à 30°C représente l'ensemble des microorganismes qui se développent en présence d'oxygène. Cette microflore peut comprendre des microorganismes pathogènes pour l'homme mais aussi des microorganismes d'altération, leur détection dans les aliments traduit une altération qui amoindrit la qualité intrinsèque de la denrée (goût, odeur, aspect) (Bonnefoy *et al.*, 2002).

Les aliments les plus souvent contaminés sont : Tous les aliments prêts à consommer susceptibles d'avoir été conservés dans des conditions de température trop élevée et/ou de durée trop longue (**Jean, 2007**). Tel que le lait et le yaourt.

Principe :

Les microorganismes aérobies et aéro-anaérobies facultatifs, peuvent se développer dans un milieu nutritif non sélectif (PCA). Incubés à 30°C pendant 72 h (**Guiraud, 2012**) (voir annexe II).

- A partir des dilutions décimales ajouter 1ml de chaque dilution choisie (10^0 , 10^{-2}) dans une boîte de pétri.
- Ajouter 15 ml de milieu PCA à chaque boîte de pétri, ensuite mélanger soigneusement en faisant des huit et laisser les boîtes jusqu'à ce que le contenu devienne solide.
- Incuber les boîtes de pétri à 30°C pendant 24 h.

II.3 Recherches et dénombrements des coliformes totaux et fécaux

Les coliformes sont des entérobactéries (bacilles Gram-, sporulés, glucose+, oxydase-, nitrate réductase+, aérobies anaérobies facultatifs) qui fermentent le lactose avec production de gaz. Il s'agit d'un groupe disparate non défini sur le plan taxonomique qui comprend les genres (*Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella*). Leur développement est freiné par l'abaissement du pH et leur croissance stoppée lorsque le pH est inférieur à 4,5. Ils sont peu résistants à la chaleur. Ce sont des germes qui vivent dans le tube digestif de l'homme et des animaux. Leur présence est un signe de contamination lors de la traite et pendant les manipulations et transvasements multiples que subissent les produits avant la commercialisation (**Cuq, 2007**). Le dénombrement des coliformes dans le lait permet la mise en évidence d'une pollution fécale et donc la possibilité d'une contamination par des entérobactéries pathogènes (**Guiraud, 2012**).

Principe :

La gélose Mac Conkey est un milieu sélectif pour l'isolement des entérobactéries. La numération des coliformes peut être effectuée par ensemencement de 1 ml de produit (ou de la suspension mère) et de ses dilutions dans 15 ml de milieu gélosé bilié au cristal violet et au rouge neutre (VRBL) ou en milieu gélosé désoxycholate -citrate - lactose (DCL). Après ensemencement, l'incubation dure 24 heures à 37°C. Les entérobactéries donnent des colonies rouges d'un diamètre de 0,5 mm. Mode opératoire : 1 ml de produit et de ses dilutions sont mélangés à 13 à 15 ml de milieu maintenu à 45°C. Après solidification 4 à 6 ml de milieu stérile

en surfusion sont ajoutés en surface. Après nouvelle solidification le milieu ensemencé est incubé à 37°C pendant 24 h pour la numération des coliformes totaux et à 44°C pendant 24 heures pour compter les coliformes fécaux. (Voir annexe II).

II.4 Recherche et dénombrements des *Staphylococcus aureus*

Les bactéries du genre *Staphylococcus* appartiennent à la famille des Staphylococcaceae, elles sont des coques à Gram positif, immobiles, non sporulés, catalase positive et oxydase négative, leur température optimale de croissance est de 37°C (Lebres, 2002). L'espèce *Staphylococcus aureus* doit être recherchée dans la majorité des produits laitiers (Gledel, 1988). Le pouvoir pathogène de *Staphylococcus aureus* est dû à des toxines (hémolysine, leucocidines et entérotoxines) causant des intoxications alimentaires. Donc leur recherche permet de savoir si le produit alimentaire présente un risque ou non pour le consommateur (Guiraud, 1998).

Principe : Leur recherche repose sur l'emploi de deux milieux de culture, milieu GC (Giolitti Contoni) comme milieu d'enrichissement et milieu Chapman comme milieu d'isolement sur une boîte de Pétri contenant le milieu Chapman, un ensemencement en surface à raison de 0,1ml de la SM est effectué puis incubé à 37°C/24 à 48h. (Voir annexe II).

II.5 Recherche et dénombrements des levures et moisissures

Les levures sont des micro-organismes largement utilisés aux procédés de production de produits laitiers et pour la production de certains laits fermentés. Elles interviennent essentiellement par production d'éthanol. Par leurs enzymes protéolytiques et lipolytiques, elles jouent un rôle dans la formation de l'arôme. La présence de levures à la surface des yaourts sont l'indice d'une pollution qui déprécie l'aspect et le goût des produits (Branger, 2012). Les moisissures intéressent un grand nombre de produits laitiers, elles diminuent leur qualité organoleptique. Bien que très généralement sans danger du fait de l'absence de mycotoxines, les produits sur lesquels elles prolifèrent sont le plus souvent considérés comme impropres à la consommation. (Vignola, 2002).

Principe : Le dénombrement est basé sur le dénombrement en aérobie par comptage des colonies sur milieu solide OGA (l'agar glucosé à l'oxytétracycline) à 25°C. Deux boîtes de Pétri contenant le milieu OGA sont ensemencées avec 0,2ml de la dilution 10^{-2} et deux autres boîtes de la dilution 10^{-3} , l'incubation est effectuée à 25°C pendant 5 jours avec une boîte témoin. (Voir annexe II).

II.6 Recherche et dénombrements des salmonelles

Le genre *Salmonella*, qui appartient à la famille des *Enterobacteriaceae* est caractérisé par des bacilles à coloration de Gram négative, non sporulé, la plupart du temps doués d'une mobilité grâce à des flagelles péritriches (à l'exception de *Salmonella Gallinarum*). Ils sont aéro-anaérobies facultatif, fermentent le glucose en acide et produisent du gaz à partir du glucose (sauf *Salmonella Typhi*), elles sont catalase positive et oxydase négative. Elles provoquent des toxi-infections alimentaires, elles sont responsables des salmonelloses (Gledel, 1999).

Principe : Un processus de recherche correspondant à un pré- enrichissement voire un enrichissement, est suivi d'un isolement sur milieu gélosé sélectif (Cee, 2013). (Voir annexe II)

- **Enrichissement :** 100ml du milieu SFB (bouillon sélénite cétéiné tamponné) est ensemencés par 10ml de la SM et incubés à 37°C pendant 24h.
- **Isolement :** A l'aide d'une anse de platine une goutte du bouillon d'enrichissement SFB est prélevée et ensemencée en stries sur une gélose Hekto en préalablement coulées et laissées refroidir dans des boites de pétri, l'incubation est faite à 37°C pendant 24h.

II.7 Recherche et dénombrements de la flore lactique

Le suivi de la flore lactique et de l'influence des variations des paramètres physicochimiques (pH, acidité) sur le taux de croissance des ferments dans le yaourt aromatisé est réalisé par le dénombrement des *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* durant la conservation à 4 °C (J1, J12, DLC).

Principe :

La gélose M17 est utilisée pour la culture et le dénombrement des *Streptocoques thermophilus* dans les yaourts. La gélose MRS (de De Man, Rogosa et Sharpe) est utilisée pour la culture et le dénombrement des *Lactobacilles* dans les yaourts (Luquet *et al.*, 2008). (Voir annexe II)

A yellow scroll graphic with a blue outline and a shadow. The scroll is unrolled in the middle, with the top and bottom edges curled up. The text is centered on the unrolled portion.

*Résultats et
discussion*

Chapitre I : Analyses physico-chimiques du lait de la laiterie de Boudouaou

Le 12 mars nous avons effectué quatre prélèvements du lait reconstitué pasteurisé de la LFB. Nous avons ensuite procédé aux différents analyses selon le tableau ci-dessous.

Tableau (VII) : Résultats des analyses physico-chimiques du lait pasteurisé

Normes Nationale Algérienne, 1998)		Le 12 mars 2020				
		ECH 1	ECH 2	ECH3	ECH 4	Moyenne
(1029-1031)	Densité	1028	1029.2	1028.4	1029.8	1028.85
(4 à 6°C)	Température(C°)	13	11.2	12.1	13.8	12.525
(6.60-6.80)	pH	6.68	6.77	6.61	6.61	6.6675
(15 g/l)	M. Grasse (g/l)	14	14	15	15	14.5
(100g/l)	Extrait sec total (g/l)	96.75	94.61	99.36	100	97.68
(83 - 85G/L)	Extrait sec dégraissé (g/l)	82.75	80.61	84.36	83	82.68

Les valeurs obtenues de pH dans les quatre échantillons du lait se situe entre (6,61 -6,77), c'est conforme aux normes Algériennes (6,60 -6,80) et appliquées par l'unité LFB.

Le pH est au voisinage de la neutralité, ce qui permet une longue conservation du produit, en sauvegardant ses qualités organoleptiques, et sa valeur nutritionnelle (**Mathieu, 1998**). La température de tous les échantillons de lait analysés dépasse la limite de 4°C indiqué par le journal

officiel de la république Algérienne. Ceci peut être expliqué par le fait que tous les échantillons ont été prélevés avant la mise en froid du lait après sortie de la chaîne de production.

D'un autre côté, tous les échantillons présentent une teneur en matière grasse conformes aux normes (15 g/l). (**Journal officiel de la république Algérienne N 39**).

La densité du lait est conforme à la norme requise qui se situe entre (1028-1029,8), et cela pour tous les échantillons. La densité du lait est liée à sa richesse en matière sèche. Un lait pauvre aura une densité faible (**Luquet ,1985**).

Enfin, les valeurs de l'extrait sec total et l'extrait sec dégraissé sont conformes aux normes Algérienne utilisées par l'entreprise. (**Journal officiel de la république algérienne N 39**).

Chapitre II : Comparaison des résultats du contrôle de qualité du yaourt à partir de travaux expérimentaux antécédents

II.1. Suivi des paramètres physico-chimiques

Nous avons traité deux récents mémoires de fin de d'études (2018) qui portent sur le suivie des paramètres physico-chimiques et microbiologiques du yaourt étuvé.

- **Mémoire 1** : Analyses microbiologiques et physico-chimiques de quelques produits laitiers (Lait pasteurisé conditionné, Yaourt aromatisé, Fromage Frais) de l'Université de Khemis Miliana ;
- **Mémoire 2** : Evaluation de la qualité d'un yaourt étuvé aromatisé produit au sein de la laiterie RAMDY de l'Université de Bouira.

1- Le suivi du pH :

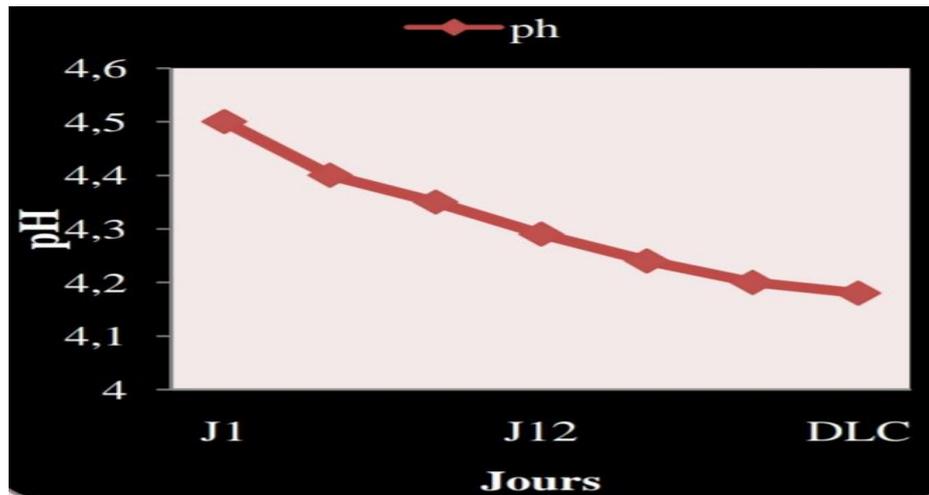
1^{er} résultat

Figure (08) : Suivi du pH au cours de la conservation du yaourt aromatisé. (Foudil A *et al.*, 2018).

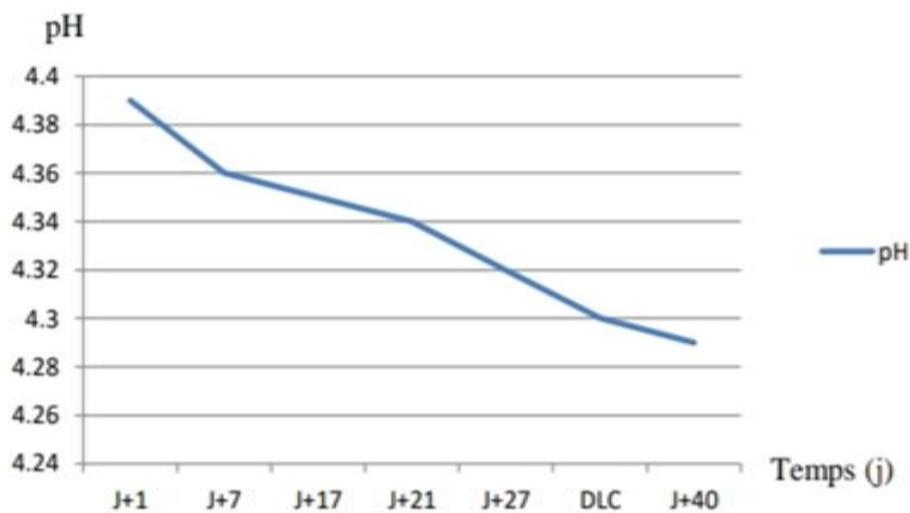
2^{ème} résultat

Figure (09) : Suivi de l'évolution du pH au cours du stockage du yaourt aromatisé. (Hamlet A *et al.*, 2018).

D'après les résultats du suivi des valeurs du Ph observées dans les deux représentations graphiques ci-dessus, nous remarquons que pendant la conservation, durant les 12 premiers jours une diminution progressive du pH, cette diminution se poursuit jusqu'à la DLC (date limite de consommation). Même au-delà de la DLC pour le deuxième résultat.

En effet, pour le 1^{er} résultat, le pH diminue de 4,50 à J+1 jusqu'à une valeur de 4.20 à la DLC. Alors que pour le 2^{ème} résultat, il diminue de 4.39 à J+1 jusqu'à une valeur de 4.30 à la DLC.

Selon **Hermieret al.**, le pH joue un rôle non négligeable dans la qualité organoleptique du produit. La diminution du pH est due à l'activité acidifiante contenue au cours de la conservation et l'accumulation d'acide lactique provenant du métabolisme des deux espèces bactériennes. En effet, le maintien du yaourt au froid empêche la multiplication bactérienne, mais il n'arrête pas complètement leur activité métabolique.

Entre autre, ces valeurs sont dans les normes Algériennes fixées pour le yaourt aromatisé. On peut conclure que malgré la variation de ses teneurs en pH, les produits finis gardent leur stabilité physico-chimique et qu'ils sont consommables jusqu'à leur DLC.

1- Le suivi de l'acidité :

1^{er} résultat

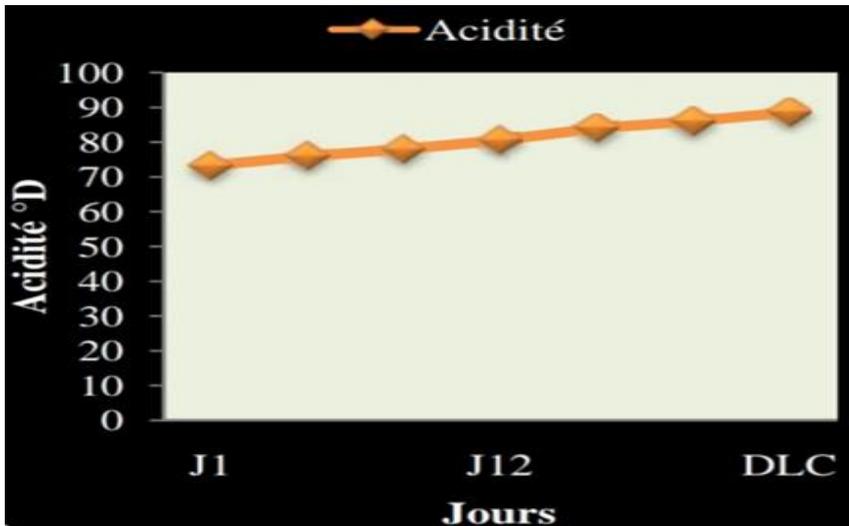


Figure (10): Suivi de l'acidité au cours de la conservation du yaourt aromatisé. (Foudil A *et al.*, 2018).

2^{ème} résultat

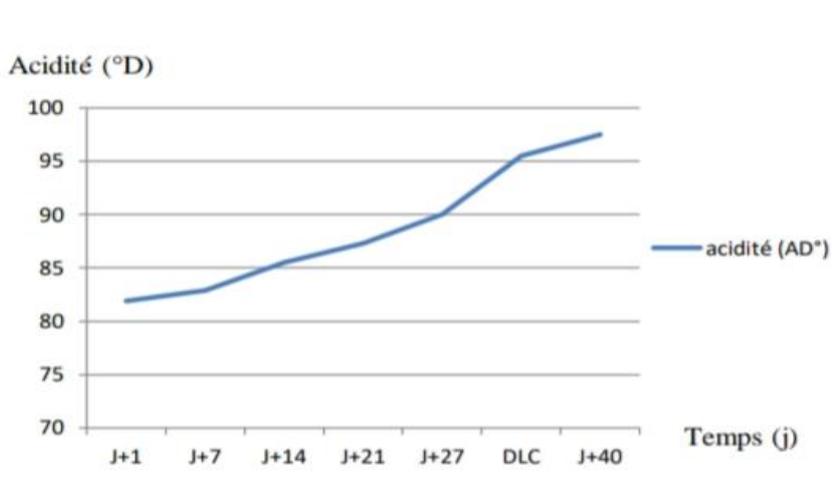


Figure (11): Suivi de l'évolution de l'acidité au cours du stockage du yaourt aromatisé (Hamlet A *et al.*, 2018).

On observe dans les deux représentations graphiques une augmentation peu rapide de l'acidité.

En effet, dans le 1er résultat, on remarque que l'acidité augmente d'environ 15°D de J+1 à la DLC (75°D - 90°D). Par contre, dans le 2ème résultat, l'acidité augmente d'environ 13°D de J+1 à la DLC (82°D - 95°D).

Donc, l'acidité évolue progressivement et inversement avec le pH durant toute la durée du stockage. Cela est dû à l'activité acidifiante contenu provenant du métabolisme des deux espèces : *Streptococcus thermophiles* et *Lactobacillus delbrueckii bulgaricus*. Ces deux bactéries assurent la transformation du lactose du lait en acide lactique ce qui augmente l'acidité du yaourt (**Foudil A et al., 2018**). L'acidité du yaourt aromatisé produit par les deux entreprises est stable et conforme à la norme Algérienne, ceci est dû sûrement à la bonne maîtrise du procès de fabrication et aux bonnes conditions de stockage.

II.2. Suivi des paramètres microbiologiques

a. Les germes de contamination et les germes pathogènes

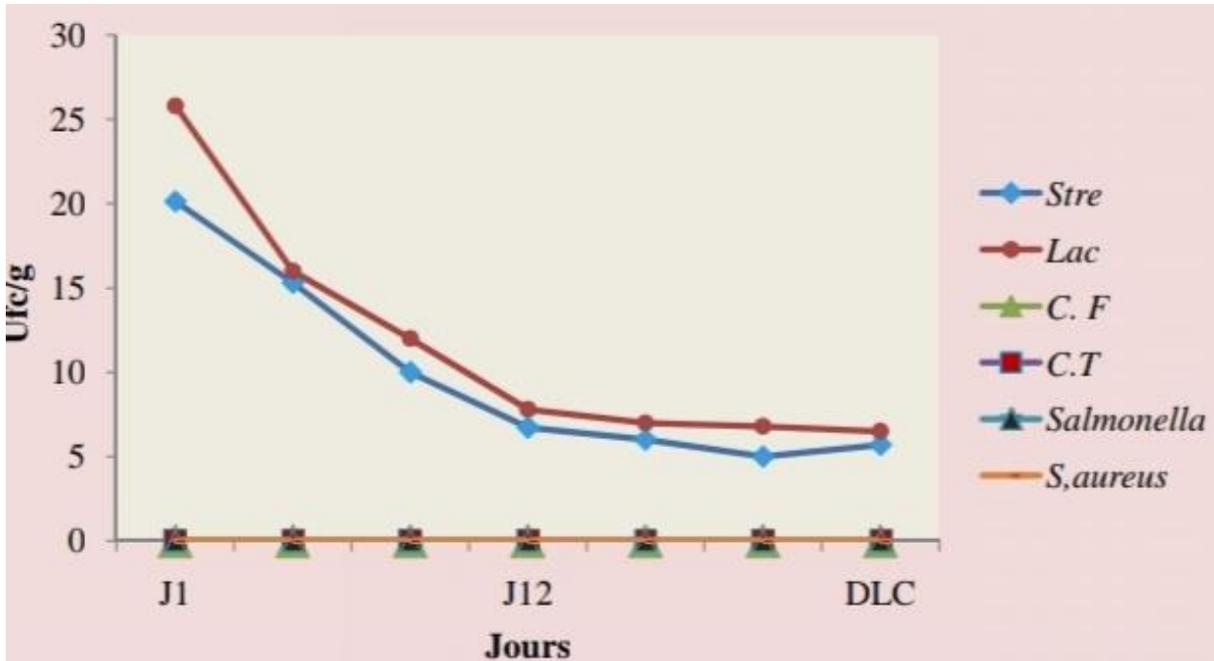
1^{er} résultat

Figure (12) : Suivi des paramètres microbiologiques au cours de la conservation du yaourt aromatisé. (Foudil A *et al.*, 2018).

2^{ème} résultat

Tableau(VIII) : Résultats des analyses microbiologiques portant sur les germes de contaminations et les germes pathogènes. (Hamlet A *et al.*, 2018)

Détermination	Résultats	Normes (J.O.R.F, 1988)
Coliformes Totaux	ABS	< 10
Coliformes Fécaux	ABS	< 01
<i>Staphylococcus aureus</i>	ABS	ABS
Levures	ABS	ABS
Moisissures	ABS	ABS

Le suivi des paramètres microbiologiques montre que les échantillons de yaourt aromatisé analysés dans les deux mémoires répondent aux exigences de qualité fixées par les normes (journal officiel de la république Algérienne N 39 le 2 juillet 2017), une absence totale des germes pathogènes (*Staphylococcus aureus*, *Salmonelles*) et de la flore de contamination (*Coliformes fécaux et totaux*, levures et moisissures).

D'après **Guiraud (2003)**, l'absence des coliformes et des levures et moisissures dans un produit suggère l'efficacité du système de nettoyage et à la validation correcte du barème de pasteurisation et au respect des règles d'hygiène au cours de la fabrication. En effet, la pasteurisation a pour objectif la destruction des microorganismes pathogènes, afin de faciliter l'action des ferments lactiques ajoutés lors de l'ensemencement. C'est le cas des *Coliformes fécaux et totaux*, *Staphylococcus* et *Salmonella*.

Par ailleurs selon **Corrieu (2008)**, les bactéries lactiques peuvent aussi jouer un rôle dans la réduction ou l'élimination de la flore de contamination par production de l'acide lactique et des substances antimicrobiennes.

b. La flore lactique

1^{er} résultat

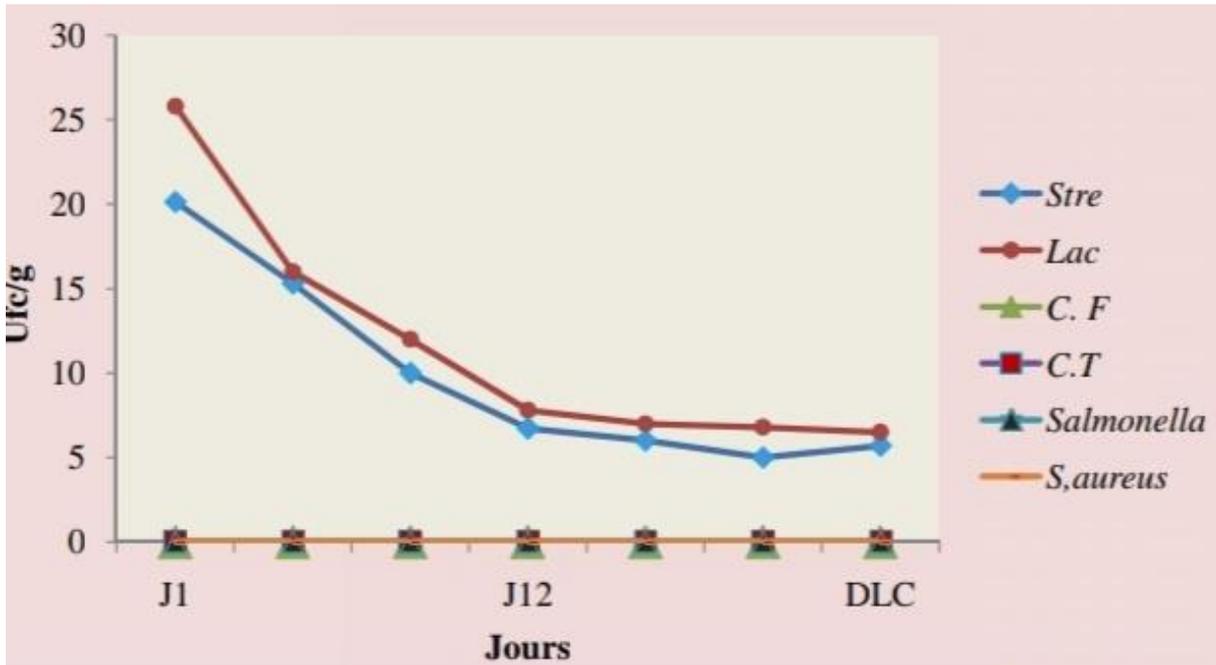


Figure (13) : Suivi des paramètres microbiologiques au cours de la conservation du yaourt aromatisé. (Foudil A et al., 2018).

2^{ème} résultat

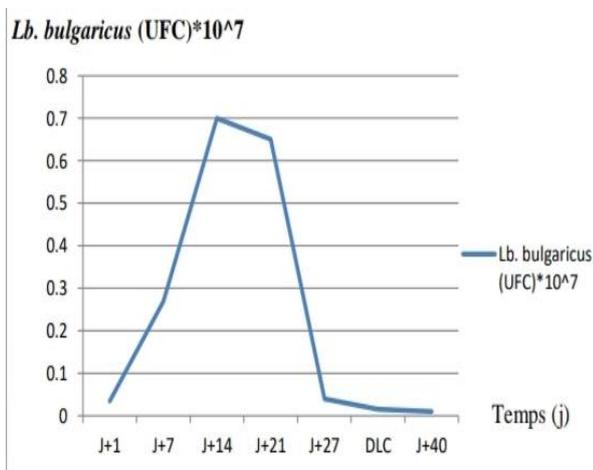


Figure (14) : Suivi de l'évolution de *Lb. Bulgaricus* dans le yaourt durant son stockage (Hamlet A et al., 2018) .

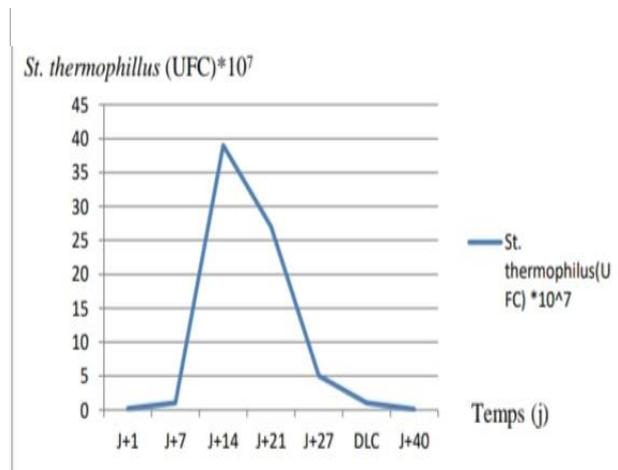


Figure (15) : Suivi de l'évolution de *St. Thermophilus* dans le yaourt au cours du stockage (Hamlet A et al., 2018).

Dans le **1^{er} résultat** (figure 10), le nombre des bactéries lactique, après un jour de fabrication qui est 20.10^9 UFC/g pour *Streptococcus thermophilus* et de 25.10^9 UFC/g pour *Lactobacillus bulgaricus*, est conforme à la norme établie par **Savadoget al (2011)** qui expliquent dans leurs travaux que le nombre de la flore lactique dans le yaourt dépassent 10^7 UFC/g.

A J1, nous remarquons une diminution relativement importante du nombre de *Lactobacillus bulgaricus*de 25.10^9 UFC/g à 7.10^9 UFC/g à J12, et une diminution de 20.10^9 UFC/g à 6.10^9 UFC/g pour *Streptococcus thermophilus*. Cependant, à partir de J12 jusqu'à la DLC, la flore lactique diminue très légèrement.

Cette diminution est due à l'accumulation de l'acide lactique vu que l'acidité des bactéries lactiques se poursuit malgré l'arrêt de la multiplication bactérienne, ce qui inhibe ainsi la croissance de la majorité des bactéries lactiques du yaourt (**FAO, 1994**).

Toutefois il existe une certaine stabilité microbiologique concernant les bactéries lactiques du yaourt aromatisé jusqu'à la DLC, ceci peut être expliquée par la bonne qualité des ferments utilisés et le taux d'inoculation départ.

Dans le **2^{ème} résultat**, *St. Thermophilus* (figure 11), évolue progressivement d'une valeur initiale de $1,7.10^7$ UFC/ml au J+1 jusqu'à ce qu'elle atteint un seuil maximal de 39.10^7 UFC/ml à J+14.

La figure (12) montre que *Lb. bulgaricus*évolue d'une valeur initiale de $0,03.10^7$ UFC/ml à J+1 jusqu'à ce qu'elle atteint un seuil maximal $0,7.10^7$ UFC/ml au J+14, ensuite elle diminue progressivement jusqu'à une valeur de $0,01.10^7$ UFC/ml à la DLC.

L'évolution de *St. thermophilus*et *Lb. bulgaricus*durant le stockage croissent avec une même cinétique. Les deux bactéries présentent un graphe (figure 11 et 12) qui ressemble à celui de l'évolution bactérienne avec ses quatre phases (d'adaptation, exponentielle, stationnaire et de déclin).

Malgré la diminution du nombre des bactéries lactiques au cours de la conservation de ce yaourt (de J1 jusqu'à la DLC), la charge microbienne trouvée est toujours conforme à la norme (**Journal officiel de la république algérienne N 39**).

D'un autre côté, nous ne pouvant pas comparer réellement les deux résultats des deux mémoires car ces derniers ont utilisé un dénombrement différent exprimé en UFC/ml et en UFC/g (Es que 1g de yaourt est égale à 1ml de yaourt).

Mais nous pouvons que remarquer qu'il y a une différence dans l'évolution des germes lactiques (une diminution et une stabilité pour le premier mémoire alors que pour le deuxième mémoire une augmentation puis une profonde diminution) qui peut être dû à :

- La différence dans le jour J1 (Memoire1) et J+1 (**Hamlet A et al., 2018**), es que ça correspond au jour de fabrication exactement ou à un jour quelconque durant la conservation.
- La qualité du ferment utilisé et au taux d'ensemencement du départ, puisque les deux yaourts sont fabriqués dans des entreprises différentes.

CONCLUSION

Notre étude a porté sur le contrôle des paramètres physico-chimiques et du lait pasteurisé conditionné fabriqué par l'unité LFB, et d'une comparaison entre les suivis des paramètres physicochimiques et microbiologiques de deux yaourt étuvés aromatisés différents à partir de travaux antécédents dans le but d'assurer d'une part, aux produits une bonne qualité une bonne conservation. Et d'autre part d'assurer la garantie hygiénique et la sécurité des consommateurs.

D'après les analyses effectuées, nous avons obtenu les résultats suivants :

- ✓ Un pH qui diminue inversement à l'acidité qui augmente toute au long du suivi et cela présente un effet inhibiteur sur la flore lactique tout en gardant le taux de ces ferments conforme à la norme.
- ✓ Des valeurs d'extrait sec et de matière grasse répondent aux exigences normatives.
- ✓ Une densité dans les normes mais une température affectée par l'exposition des échantillons de lait à la température ambiante.
- ✓ Une absence totale de la flore de contamination et de germes pathogènes dans le produit.
- ✓ Une évolution régressive des ferments lactiques tous au long du suivi du stockage.

L'ensemble des résultats obtenus montre que le lait et les yaourts sont de qualité physico-chimique et microbiologique satisfaisante. Néanmoins, des études plus approfondies peuvent être réalisées afin de contrôler les produits laitiers qui existent sur le marché Algérien tel que :

- ✓ L'analyses physico-chimiques et microbiologiques de la matière première (ex : l'eau) ;
- ✓ Le suivi de la croissance de la flore lactique au cours de la maturation.

Par conséquent, nous recommandons aux entreprises laitières d'augmenter la fréquence de ses analyses physico-chimiques et microbiologiques et d'appliquer le système de prévention, de surveillance et d'identification des risques (méthode HACCP) dans les laiteries pour le matériel du laboratoire et pour l'équipement de production.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

Ababsa A. (2012). Recherche de bactériocines produites par les bactéries lactiques du lait. Thèse de MAGISTER en Génie microbiologique. Université FERHAT Abbas- SETIF

AFNOR. (1980). Recueil des normes françaises. Lait et produits laitiers. Technologies et techniques d'analyse du lait. Presse internationale polytechnique, pp : 1-74.

Alais, C et al., (2008). Abrégé en biochimie alimentaire. Paris, Dunod, 260p

ALAIS, C. (1975). Science du lait. Principe des techniques laitières. Paris : Edition sepaic. 4

Alias C. (1975). Science du lait principe des techniques laitières. 3^{ème} édition. Paris, pp : 1-60

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

B

Bergamaier, D. (2002). Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de *Lb. rhamnosus* rw 9595m d'un milieu à base de perméat de lactosérum. Thèse doctorat, université de Laval, Canada. Pp149.

Bonnefoy, C., Guillet, F., Leyral, G., Verne, E. (2002). Microbiologie et qualité dans les industries agro-alimentaires (collection biosciences et techniques ; séries : sciences des aliments). Edition : Doin, Centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine, Bordeaux, Paris, 18-20.

Boubchir-ladj K. (2004). Effets de l'enrichissement (avec des concentrés de protéines laitières) et des paramètres technologiques sur la qualité du yaourt fabriqué à la laiterie Soummam d'AKBOU. Mémoire de Magister : Sciences biologiques. Biochimie appliquée et biotechnologies. Université de Tizi-Ouzou. pp : 86.

Boudier.J.F. (1990). Produits frais. In : lait et produits laitiers vache. Brebis. Chèvre. Tec et Doc Lavoisier, Paris. Deuxième édition.35-66.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Boudier, F., 1991, Rooting of the sheeted dike complex in Oman ophiolite., in Tj. Peters, A. Nicolas and R.G. Coleman (eds) Ophiolite genesis

Branger C., Zamfir O., Geoffroy S., Laurans G., Arlet G., Thien H. V., Gouriou S., Picard B. et Denanur E. (2005). Genetic background of *Escherichia coli* and extended-spectrum β -Lactamase type. *Emerg. Infect. Dis.* **11**(1) : 54-61.

BRESLAW. Dept. of Food Science, Rutgers University, de ES BRESLAW · · 1973

Brule G. 1997. La micelle de caséine et la coagulation du lait. le fromage : de la science à l'assurance-qualité. E.A.E.J.C : Edition Lavoisier, TEC et DOC. Paris, France. 20 p.

Brule G. (2003). Progrès technologique au sein des industries laitières. Impact sur la qualité des prod

C

Cachau-Herreillat, D. (2009). Des expériences de la famille Acide-Base. (3^eEd). Edition : De Boeck Université, Rue des minimes 39, B-1000 Bruxelles, 13.

Cheftel et Cheftel. (1996). Introduction à la biochimie, à la technologie des aliments. Vol 1. Edition : Lavoisier, Paris. Pp : 43.

CODEX ALIMENTARIUS. (1999). Norme générale pour l'utilisation de termes de laiterie CODEX STAN 206-1999. Pp : 1-4.

CODEX ALIMENTARIUS. (1975). -Normes n°A 11(A). Rome : FAO/OMS.- 86p

Corrieu G., Monnet C., Latrille E., Béal C. 2008. Croissance et propriétés fonctionnelles des bactéries lactiques. In : " bactéries lactiques de la génétique aux ferments". (Ed). Lavoisier, Tec et Doc. Paris, France. 511p.

Courtin 2004 The phrase, which seems to have originated with British wine merchants in ...Stores and prices for '2004 Chateau Courtin, Pauillac' | prices, stores, tasting notes ...

Cuq JL. (2007). Microbiologie Alimentaire. Edition Sciences et Techniques du Languedoc. Université de Montpellier. Pp : 20-25.

D

Deforges J et al., (1999). Maitrise de la chaîne du froid des produits laitiers réfrigérés. Edition : Cemagref. Tec et Doc, Paris. 108p

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Dellaglio et al., 1994). GLUCOSE. Glucose-6-P ... et bières acides de fermentation haute)

Dellaglio F et al., (2011). Agrégation protéique et propriétés gélifiantes et moussantes des protéines laitières. Innovations Agronomiques. 13, 117-132

Doleyres, Y. (2003). Production en continue du ferment lactique probiotique par la technologie des cellules immobilisées. Thèse Doctorat. Université de Laval. Canada. Pp148.

Driessen. F.M, 1982.Evedence that lactobacillus in yaourt isstimulated by carbonproduced by streptococcus thermophilus, mill.Dairy journal N°22.p134-144.

E

Eck A. (1997). Les techniques industrielles. In : Lait et l'industrie laitière. Ed. Puf. Pp : 19-81.

F

FAO (1975). Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Les besoins en eau des cultures.J. Doorenbos, &W.O.Pruitt (Eds.).FAO.

Favier.J.C. 1991. Composition du yaourt. ORSTOM fonds documentaire. 31 : 372379

Foudil A et Garah F Analyses microbiologiques et physico-chimiques de quelques produits laitiers (Lait pasteurisé conditionné, Yaourt aromatisé, Fromage Frais) de l'Université de Khemis Miliana.

Fredote. (2005). Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier.397p

G

Gledel J. (1988). Microbiologie alimentaire. Edition : technique et documentation. Lavoisier. p 52

Gosta R. (1995). Les produits laitiers recombines, lait longue conservation, nettoyage du matériel de laiterie. In Manul de transformation du lait. Ed. Tetra packs processingsystemsA.B, Sweden, 1995, p 215 – 380.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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

Guiraud, J. P. (2003). Microbiologie Alimentaire. Agro-alimentaire. Edition :

Guiraud JP. (1998). Microbiologie alimentaire. Edition Dunod. Paris.615p.

Guiraud JP et Galzy P. (1998). La microbiologie alimentaire : analyse des aliments. Edition : l'usine nouvelle, Paris, France, p 652.

H

HAL (1997). Mission Scientifique de Syndifrais, Yaourts, laits fermentés, Lait, 77, 321–358

Hamlat A et Boukherbab Evaluation de la qualité d'un yaourt étuvé aromatisé produit au sein de la laiterie RAMDY de l'Université de Bouira. 2018.

Hermier et Accolas. (1990). Tech d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires. Edition APRIA p 345-352.

J

Jeanet R *et al.*, (2008). Lait fermenté et desserts lactés. In : " les produits laitiers". (Ed.). Lavoisier, Tech et Doc.Paris. 57 p.

Jean, M. (2007). Germes aérobies mésophiles. Edition : Service de la consommation et des affaires vétérinaires, Neuchâtel, Suisse, 37.

Journal officiel de la république algérienne N 39.

K

Kirat, 2007. Les conditions d'émergence d'un système d'élevage spécialisé en engraissement et ses conséquences sur la redynamisation de l'exploitation agricole et la filière des viandes rouges bovines - Cas de la Wilaya de Jijel en Algérie. Montpellier (France) : CIHEAM-IAMM.13p.

L

Lamontagne M. (2002). Produit laitiers fermentés. In : Vignola C L. Science et technologie du lait : transformation du lait. Edition : Presse internationale, polytechniques, Montréal, Canada, p 401-469

Lamoureux L. (2000)., Exploitation de l'activité β - galactosidase de cultures de bifidobacteries en vue d'enrichir des produits laitiers en galacto-oligosaccharides. Mémoire de

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

grade de maitre et science (MSc). Faculté des études supérieures de l'université Laval. Quebecp173

Laurence Audenet V *et al.*, (2004), conserve traditionnel et fermier paris Edition technique et documentation –Lavoisier, p633

Lemoinier 1997 Bertrand Lemoinier ; Dans Vingtième Siècle. Revue d'histoire · 1997/1 (n° 53).

Lemoinier, (1998). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Ed I.S.P n°4 p 125-127

Leroy. (1965). Le producteur du lait « guide du contrôle laitier et beurrier agrude »

Leory F., degeest B. and de vuyst L. (2002). A novel area of predictivemodeling:describing the functionality of beneficialmicro-organisms in foods. International Journal of Food Microbiology, 73, 251-259.

Loones A. (1889). Modification de la composition du lait durant la fermentation du yaourt, lait fermenté. Paris.

Luquet F.M. (1985). Lait et produits laitiers : vache, brebis, chèvre. Les laits de mamelle à la laiterie. Edition : Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, France

Luequet F.M. (1990). Lait et produits laitiers vache- brebis- chèvre. Deuxième édition. Tec et Doc Lavoisier, Apria. Paris. Tom 2. 637p.

Luquet F.M., corrieu G. (2008). Bactéries lactiques et probiotiques. Edition Tec et Doc Lavoisier, Paris. 307 p.

Luquet F.M. (1986). Lait et produits laitier vache, brebis, et chèvre : qualité, énergie et tablede composition ; volume 3. Technique et documentation : Lavoisier. Pp 35-384.

Luquet F M et Corrieu G. (2005). Bactéries lactiques et probiotiques. Edition Tec 8c Doc, Lavoisier. Paris 307p

M

Mahaut M., Jeantet R., Brulé G., Schuck P. (2000). Produits fermentés et desserts lactés. In : les produits industriels laitiers. Tec et Doc Lavoisier, Paris.25-47.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Mahaut M, Jeantet R, Schuck P et Brulé G. (2000). Les produits industriels laitiers. Edition : Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, France, 178p.

Malonga M. (1985). Etude de la fabrication des yaourts en république populaire du CONGO. Essais d'améliorations. Thèse du Doctorat de Troisième Cycle Spécialité : Sciences Alimentaires. L'Université de Clermont II. Pp : 174.

Marty-Teyssset C, de la torre F et Garel, J-R. (2000). Increased production of hydrogenperoxide by lactobacillus delbreuckiisspbulgaricusuponacration:involvement. Applied and EnvironmentalMicrobiology, 66(1), 262-267.

Martin J.C. (2000). Technologie des laits de consommation. Edition : Uni lait, CANDIA Direction Développement Technologique. P : 135.

Mathieu, J. (1998). Initiation à la physico-chimie du lait. Ed, Tec, Doc, Lavoisier

N

Nakasaki, K et al., (2008). Microbiologicalquality of fermentedmilkproduced by repeated-batch culture. Journal of Bioscience and bioengineering, 105(1) : 73, 76.

Ndiaye P. (2002). Contrôle de qualité de différentes marques de lait en poudre Commercialisés en Sénégal.Thèse de Doctorat en pharmacie. Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Pp : 47

Ngounou C., Ndjouenkeu R., Mbofung F. et Noubi I. (2003). Mise en évidence de la biodisponibilité de calcium et du magnésium au cours de la fermentation du lait par des bactéries lactiques isolées du lait caillé du Zébu. Journal of Food Engineering, 57, 301-307.

P

Pery, 1991 ; Stapleton and DeVay, 1995 ; Souza, 1994 ;Katan, 1996) and two books (DeVay et al., 1991 ;Katan and DeVay, 1991).

Pissang T. D. (1992) contribution à l'étude de la qualité microbiologique des laits et produits laitiers commercialisés au Togo. Thèse : Med. Vet. : Dakar(EISMV) ; 9.

Pointurier, H., (2003). La gestion matière dans l'industrie laitière, Tec et Doc, Lavoisier, France : 64 (388 pages). Protection, **43, 12, 939-977.**

Pouliot M et al., (2002). Lait de consommation. IN « science et technologie du lait, transformation du lait ». Ed presses internationales polytechniques. Pp : 277-321.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

R

Righi M. (2006). Microorganismes en action : le yaourt. pp.22.

Roissart H. et Luquet F.M. (1994). Bactéries lactiques. Aspect fondamentaux et technologiques. Ed. Loriga.

Roupas P. (2008). SpecialIssue: Food Innovation :Emerging Science, Technologies and Applications (FIESTA) Conference Volume 9 de Innovativefood science &emerging technologies. 116p.

Rousseau M. (2005). La fabrication du yaourt, les connaissances. INRA. 9 pages

Roussel Y et al, (1994) Physical and geneticmap of *streptococcus thermophilus* A054. Journal of Bacteriology, 176(24), P : 74137422.

S

Salles C et al. (2012). Molécules aromatisants et sapides.In : texture et saveur des aliments: vers une conception maîtrisée. (Ed.). Éducagri. France. Pp 3158.

Savadogo A, Traore A S. (2011). La flore microbienne et les propriétés fonctionnelles des yaourts et laits fermentés. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 5(5), 2057-2075.

Sawsan k (2013). La Dépendance Alimentaire en Algérie : Importation de Lait en Poudre versus Production Locale, Quelle Evolution.

Schmidt J.L., Tourneur C. et Lenoir J. (1994). Fonction et choix des bactéries lactiques laitières in « bactéries lactiques ». Vol II. DE ROISSART H. et LUQUET F.M. Ed. Loriga, paris. 3746.

Silait Salon international du lait (2008). Acte du 1er salon international du lait et de Ses dérivés du 27 au 29 mai 2008 Alger.

<http://www.agroligne.com/contenu/silait-2008-1er-salon-international-lait>

Sodini, I. et Beal, C. (2012). Fabrication des yaourts et laits fermentés. Techniques de l'Ingénieur (F 6315). Paris- France : Pp16

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

T

Tamime A. (2006). FermentedMilks. Edition : Blackwell Science Lid. 263P.

Tamime A.Y. and Deethh.C. (1980). Yogurt : technology and biochemistry. Journal of Food

Tamime A.Y. and Robinson r.K. (1999). Yogurt science and technology. 2nd Ed. Cambridge woodheadPublishing.

Tamime A.Y et Robinson RK. (2007). Tamime and Robinson'sYoghurt. Science and technology. Edition : CRC Press, USA, 791p

Trémolière J. (1984). Manuel de l'alimentation humaine : les aliments ; tome 2. Edition : ESF.

V

Van de Water. (1999) ; A.R. Gillespie, ,S.C. PorterB.F. Atwater · 2004 · SciencePery, 1991; Stapleton and DeVay, 1995; Souza, 1994; Katan, 1996) and two books (DeVay et al., 1991; Katan and DeVay, 1991).

Veirling E. (1998) : Aliment et boisson, ed : Doin, Paris.

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

ANNEXES

ANNEXE I : Présentation de l'unité LFB

La Laiterie Fromagerie de Boudouaou appartient à l'office régional du lait et des produits laitiers du centre (Orlac). Elle est située à l'entrée de la ville de Boudouaou dans la wilaya de Boumerdes. Depuis 1978, la LFB assure la production du lait de consommation, le fromage fondu stérilisé et le fromage à pâte pressée non cuite de type « EDAM ».

L'unité est composée d'une laiterie, une fromagerie, des caves d'affinage, des locaux de stockage de la matière première et de l'emballage du bâtiment administratif, un laboratoire d'analyse et de contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique et enfin, une station d'épuration des eaux. Elle emploie un effectif de 445 personnes.



Figure (05) : Entrée de la laiterie fromagerie de Boudouaou LFB



Figure (06) : Le Logo de la laiterie fromagerie de Boudouaou

ANNEXES

ANNEXE : Les tableaux

Tableau (V) : Paramètres à prendre en compte lors de l'ajout des ferments. (L.Vignola 2002)

	Incidences sur la qualité du yaourt
Température du milieu	<p>Trop élevée : favorisera <i>Lactobacillus bulgaricus</i></p> <p>Trop basse : favorisera <i>Streptococcus thermophilus</i></p> <p>Débalancement du ferment</p> <p>Vitesse d'acidification</p> <p>Aromes du produit</p> <p>Sur acidification ou sous- acidification</p>
Taux d'inoculation	<p>Plus élevé : favorisera <i>Lactobacillus bulgaricus</i></p> <p>Plus faible : favorisera <i>Streptococcus thermophilus</i></p> <p>Débalancement du ferment</p> <p>Vitesse d'acidification</p> <p>Aromes du produit</p> <p>Suracidification ou sous- acidification</p>
Qualité du ferment (température et temps de conservation , PH final de production , fraîcheur du ferment commercial...)	<p>Vitesse et production acidifiantes</p> <p>Qualité des arômes produits (absence d'arômes habituels et présence d'arômes non désirés)</p> <p>Fermeté du gel (faible coagulation de la caséine)</p> <p>Synérèse</p>
PH à la fin de la fermentation	<p>Suracidification : présence possible de grumeaux, synérèse, détachement des parois du contenant, non- uniformité du caillé en bouche, gout acide</p> <p>Sous- acidification : faibles fermenté, consistance et viscosité inadéquates, synérèse, gout d'eau</p>
Vitesse d'acidification	<p>Gout d'eau</p> <p>Grosseur des grains du caillé</p> <p>Stabilité du gel aux chocs mécaniques</p>
Mélange du ferment	<p>Incorporation d'oxygène</p> <p>Débalancement du ferment</p> <p>Ralentissement ou faible fermentation du ferment</p>

ANNEXES

Tableau (VI) : Principaux défauts de gout observés dans le yaourt et leurs causes possibles.
(L.Vignola 2002)

Défauts de gout	Etapes de production	Causes
Salé	Réception	Lait mammitieux ou de fin de lactation
Fruité , vanillé, malté, de fromage , levuré, ...	Réception	Lait à compte élevé en microorganismes protéolytiques psychotropes (température , temps ou condition de conservation du lait) ; contamination par des levures (air, sol)
Malpropre	Réception	Lait contaminé par des bactéries lactiques sauvages, des coliformes,...
De foin , d'herbe	Réception	Mauvaise alimentation de la vache ou contamination du lait
Rance	Réception	Lait contaminé par des microorganismes lipolytiques psychotropes (température, temps ou condition de conservation du lait) ; contamination par des levures (air, sol)
	Traitement thermique	Température et temps insuffisants
Oxydé	Réception	Mauvaises qualité du lait (oxydation par la lumière, par un fort compte bactérien, par des métaux),conservation au froid
Brulé	Traitement thermique	Température trop élevée ou traitement trop long
Trop sucré	Standardisation	Ajout de trop de sucre ou d'édulcorant
	Fermentation	Acidification insuffisante du produit
Peu sucré	Standardisation	Ajout insuffisante de sucre ou d'édulcorant
Faiblement acide	Réception	Lait de mauvaise qualité : forte compétition bactérienne, inhibiteurs (assainisseurs, antibiotiques, produits de lavage, bactériophage)
	Standardisation	Pourcentage de solides totaux trop élevée ou pourcentage de matière grasse trop élevé
	Traitement thermiques + retenue	Température et temps de retenue trop poussés ou insuffisants
	Inoculation	Pas assez de ferment

ANNEXES

	Fermentation	Incorporation de trop d'oxygène lors des pompages ou des agitations ;déséquilibre des souches au profit de streptocoque
Trop acide	Inoculation	Trop de ferment , souches trop vieilles
	fermentation	Perte de contrôle du ferment en faveur du lactobacille ; dépassement du temps prévu
	Refroidissement	Trop lent ou non – uniformité à travers le lot
Aqueux	Standardisation	Quantité insuffisante de matière grasse ou de solides totaux
	Homogénéisation et traitement thermique	Traitement inadéquat , avec une ouverture insuffisante des protéines
	Fermentation	Vitesse trop rapide de l'acidification entraînant l'obtention de grains de caillé trop gros
Faiblement aromatique	Traitement thermique	Trop faible
	Fermentation	Activité du lactobacille favorisée au détriment du streptocoque Acidification trop fort

Tableau IV : Paramètres à prendre en compte lors du refroidissement et du conditionnement (L.Vignola 2002)

Paramètres	Incidences sur la qualité du yaourt
Vitesse de refroidissement	Condensation à la surface
Variation de la température (non-respect de la chaîne de froid)	Suracidification du gel Synérèse
Chocs mécanique	Bris du gel Apparence non uniforme Montrée de liquide à la surface

ANNEXES

ANNEXE II : Les milieux de cultures :(Mémoire 1)

- **Bouillons Giolitti cantonii :**

Est un milieu d'enrichissement sélectif pour la recherche de *Staphylococcus aureus*.

Composition	Quantité g/L
-Peptone de caséine	10
-Extrait de levure	5
-Extrait de viande	5
-Chlorure de lithium	5
-Mannitol	20
-Chlorure de sodium	5
-Glycine	12
-Pyruvate de sodium	5
-Eau distillée	1000ml
-Ajout de Tellurite de potassium	0,025
-pH	7,4

- **Bouillons au sélénite (SFB) :**

Est un milieu d'enrichissement pour la recherche des Salmonelles.

Composition	Quantité g/L
-Sélénite de sodium	5
-Peptone trypsine de caséine	4
-Lactose	4
-Phosphate disodique	40
-Cystine	0,02
-Eau distillée	1000ml
-pH	7

ANNEXES

- **Gélose PCA (plate Count Agar):**

Milieu utilisé pour le dénombrement des Germes aérobies mésophile.

Composition	Quantité g/L
-Tryptone	5
-Extrait de levure	2,5
-Glucose	1
-Agar	15
-Eau distillée	100ml
-pH	7

- **Gélose VRBL (Violet Red Bile Lactose Agar) :**

Milieu utilisé pour le dénombrement des Coliformes

Composition	Quantité g/L
-Peptone de viande	10
-Bile de bœuf desséchée	20
-Lactose	1
-Vert brillant	23ml
-PH	7,4

- **Milieu MRS (Man, Rogosa and Sharpe):**

Milieu utilisé pour le dénombrement des Lactobacilles.

ANNEXES

Composition	Quantité g/L
-Extrait de levure	5
-Extrait de viande	10
-Peptone	10g/l
-Acétate de sodium	5g/l
-Citrate de sodium	2g/l
-Glucose	20g/l
-KH ₂ PO ₄	2g/l
-MgSO ₄	0,25g
-MnSO ₄ Cystéine	0,05
-HCL	0,5
-Agar	18
-Eau distillée	1000ml
-PH	6,8

- Le Milieu M17:

Milieu utilisé pour le dénombrement des Streptocoque.

Composition	Quantité g/L
-Tryptone	2,5
-Peptone pepsique de viande	2,5
-Peptone papainique de soja	5
-Extrait autolytique de levure	2,5
-Extrait de viande	5
-Lactose	5
-Glycérophosphate de sodium	19
-Sulfate de magnésium	0,25
-Acide ascorbique	0,5
-Agar	15

ANNEXES

ANNEXE III : Les matériels

Figure (13) :Appareillage utilisé dans l'analyse physicochimique du lait(Laboratoire de contrôle physico-chimique de l'unité LFB)



pH-mètre



Lactodensimètre.



Dessiccateur



Balance

ANNEXES



Centrifugeuse



Butyromètre

Résumé

Les effets bénéfiques des produits laitiers fermentés sont de plus en plus démontrés, d'où l'intérêt de mener des études physico-chimiques et microbiologiques pour assurer leurs conformités. Des analyses physico-chimiques ont été faites sur le lait reconstitué pasteurisé de Boudouaou (LFB). L'ensemble des résultats obtenus relève une conformité et une stabilité de tous les paramètres (pH, acidité, MG, EST, ESD) par rapport aux normes fixées par l'entreprise. Ce qui témoigne de la bonne qualité des matières premières utilisées.

Une comparaison entre les suivis des paramètres physicochimiques et microbiologiques de deux yaourt étuvés aromatisés différents à partir de travaux antécédents (deux mémoires de fin d'étude de l'année 2018) a été faite. Les résultats sont très encourageants, cela prouve la maîtrise du processus de fabrication et le respect des conditions d'hygiène et de sécurité.

Mots clés : Yaourt étuvé aromatisé, lait reconstitué pasteurisé, analyse physico-chimiques, analyse microbiologique, Laiterie Fromagerie de Boudouaou (LFB).

Abstract

The beneficial effects of fermented dairy products are increasingly demonstrated, hence the interest in conducting physicochemical and microbiological studies to ensure their compliance. Physico-chemical analyzes were carried out on reconstituted pasteurized milk from Boudouaou (LFB). All the results obtained show compliance and stability of all parameters (pH, acidity, MG, EST, ESD) with respect to the standards set by the company. This testifies to the good quality of the raw materials used.

A comparison between the monitoring of the physicochemical and microbiological parameters of two different flavored parboiled yoghurt based on previous work (two end of study papers from 2018) was made. The results are very encouraging, proving the mastery of the manufacturing process and compliance with health and safety conditions.

Keywords: Flavored parboiled yogurt, pasteurized reconstituted milk, physico-chemical analysis, microbiological analysis, Dairy Factory of Boudouaou (LFB).

المخلص:

تظهر الآثار المفيدة لمنتجات الألبان المخمرة بشكل متزايد ومن هنا جاء الاهتمام بإجراء الدراسات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للتأكد من مطابقتها. تم إجراء التحليلات الفيزيائية والكيميائية على الحليب المعاد تكوينه من بوداو (LFB). تظهر جميع النتائج التي تم الحصول عليها امتثالاً واستقراراً لجميع المعلمات (الأس الهيدروجيني، الحموضة، المادة الدسمة، مجموع المستخلص الجاف، مستخلص منخفض جاف) مقارنة بالمعايير التي وضعتها الشركة. هذا يشهد على الجودة الجيدة للمواد الخام المستخدمة.

تم إجراء مقارنة بين رصد المعلمات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية لاثنتين من الزبادي المعطرة بناءً على الأعمال السابقة (مذكرتين التخرج للسنة 2018). كانت النتائج مشجعة للغاية، حيث تثبت إتقان عملية التصنيع والامتثال لشروط الصحة والسلامة.

الكلمات المفتاحية: زبادي معطرة، الحليب المبستر المعاد تشكيله، التحليل الفيزيائي والكيميائي، التحليل الميكروبيولوجي.